

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматизации»



Жұбанов Шыңғыс Ергалиұлы

Разработка и исследование роботизированного комплекса для санитарной
обработки поверхности

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

Специальность 5В071600 – Приборостроение

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева



SATBAYEV
UNIVERSITY

Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматизации»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой РТиТСА

кандидат техн. наук

 К. А. Ожигенов

«24» мая 2022 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломному проекту

На тему: «Разработка и исследование роботизированного комплекса для
санитарной обработки поверхности»

по специальности 5В071600 – Приборостроение

Выполнил

Жұбанов Шыңғыс Ерғалиұлы

Рецензент

 *Сейдиқырова С.С.*

 *Сейдиқырова С.С.*

Управление по
подписи
«26» мая 2022 ж.

Научный руководитель
магистр технических наук,
сениор-лектор

 Баянбай Н.А.

«26» мая 2022 ж.

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева



Институт автоматизации и информационных технологий

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматизации»

5B071600 – Приборостроение

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой РТиТСА

кандидат техн. наук

К. А. Ожикенов

« 24 » мая 2022 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Жубанову Шыңғысу Ергалиұлы

Тема: Разработка и исследование роботизированного комплекса для санитарной обработки поверхности

Утверждена приказом Ректора Университета № 489 П/9 24.12.2021 г.

Срок сдачи законченной работы «25» май 2022 г.

Исходные данные к дипломному проекту: Arduino IDE, Solidworks, Frithing

Перечень подлежащих разработке вопросов в дипломном проекте:

- а) Изучение методов дезинфекции, сравнение и выявление лучшего варианта для обработки поверхности;
- б) Анализ и сравнение решений, существующих на рынке;
- в) Проектирование и создание прототипа устройства;
- г) Выявление преимуществ и недостатков прототипа;
- д) Изучение возможности усовершенствования и дальнейшего развития;

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

представлены 17 слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература: из 20 наименований 23

ГРАФИК

подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Технологическая часть	22.01.22–15.02.22	Выполнил
Программная часть	15.02.22–20.03.22	Выполнил
Исследовательская часть	21.03.22–15.04.22	Выполнил

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченный проект с указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименования разделов	Консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Баянбай Н.А., магистр технических наук, сениор - лектор	24.05.22	

Научный руководитель



Баянбай Н.А.

Задание принял к исполнению обучающийся



Жубанов Ш.Е.

Дата

«24» май 2022 г.

АННОТАЦИЯ

Данная дипломная работа посвящена разработке роботизированной системы, позволяющей частным и государственным организациям, а также частному пользователю обеспечивать безопасность здоровья людей и предотвращать распространение различных инфекционных заболеваний через зараженные поверхности.

Предполагается, что разработанная система позволит эффективнее использовать материально-техническое имущество путем использования техники вместо человека, что, предположительно, позволит увеличить эффективность санитарных обработок, увеличить количество экспозиций и уменьшить финансовые затраты, за счет экономии растворов и оплаты труда работника.

Предлагаемое нами решение направлено на предотвращение перекрестного заражения людей, санитарную обработку основных зараженных поверхностей – дверных ручек.

В исследовательской части описаны методы дезинфекции и результаты анализа существующих роботизированных систем на рынке. В практической части приведен наш вариант, с выявленными преимуществами и недостатками, схемы реализации и конечный результат.

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс жеке және мемлекеттік ұйымдарға, сондай-ақ жеке пайдаланушыға адам денсаулығының қауіпсіздігін қамтамасыз етуге және әртүрлі жұқпалы аурулардың жұқтырған беттер арқылы таралуын болдырмауға мүмкіндік беретін роботтық жүйені дамытуға арналған.

Әзірленген жүйе, болжам бойынша, адамның орнына технологияны пайдалану арқылы материалдық-техникалық мүлікті тиімдірек пайдалануға мүмкіндік береді, өндеудің тиімділігін арттырады, экспозициялар санын көбейтуге және ерітінділерді үнемдеу және қызметкердің еңбекақысын төлеу арқылы қаржылық шығындарды азайтуға мүмкіндік береді.

Біз ұсынған шешім негізгі жұқтыратын беттерді – есік тұтқаларын санитарлық өңдеуге бағытталған.

Зерттеу бөлімінде дезинфекциялау әдістері және нарықтағы қолданыстағы роботты жүйелерді талдау нәтижелері сипатталған. Практикалық бөлімде анықталған артықшылықтар мен кемшіліктермен, іске асыру схемалары мен түпкілікті нәтижемен біздің нұсқамыз келтірілген.

ANNOTATION

This thesis is devoted to the development of a robotic system that allows private and public organizations, as well as private users to ensure the safety of human health and prevent the spread of various infectious diseases through infected surfaces.

It is assumed that the developed system will make it possible to use material and technical property more efficiently by using equipment instead of a person, which, presumably, will increase the efficiency of sanitary treatments, increase the number of expositions and reduce financial costs by saving solutions and employee remuneration.

Our proposed solution is aimed at preventing cross-infection of people, sanitary treatment of the main infected surfaces - door handles.

The research part describes disinfection methods and the results of the analysis of existing robotic systems on the market. In the practical part, our version is given, with the identified advantages and disadvantages, implementation schemes and the final result.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ	10
1.1 Понятие санитарной обработки	10
1.2 Статистика и исследование проблемы	11
1.3 Обзор методов обработки	12
1.4 Обзор аналогичных систем на рынке	14
2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	18
2.1 Устройство и реализация системы	18
2.2 Расчеты	22
2.3 Экономические расчеты	25
2.4 Результаты	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	28
ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ, ТЕРМИНОВ	29
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	29
ПРИЛОЖЕНИЕ А	32
ПРИЛОЖЕНИЕ В	36

ВВЕДЕНИЕ

Еще с далеких времен инфекционные заболевания были постоянным спутником человечества. Из года в год появляются новые бактерии и вирусы, способные вызвать эпидемиологические вспышки. За всю историю немало болезней вызывали глобальные пандемии и ставили под угрозу жизнь всего населения Земли.

События 2019 года, связанные с распространением коронавирусной инфекции, поставили под сомнение обычные методы борьбы с вирусами и заставили обратить внимание на средства индивидуальной и коллективной защиты. Статистика смертности от COVID-19 просто поражает. Занесенная в густонаселенные точки мира инфекция может привести к глобальной эпидемии.

Одной из главных проблем подобных эпидемий является их высокая скорость и легкость распространения, количество инфицированных будет возрастать по экспоненте. Человек способен заразиться в случае контакта с загрязненными, зараженными поверхностями. Кроме крайне тяжелого протекания болезни, подобного рода пандемии очень сильно меняют привычную жизнь людей: создает ограничения, приводит к необходимости введения ЧС и карантинных мер, очень сильно бьет по всем сферам деятельности и по мировой экономике. И тем не менее невозможно полностью прекратить контакты между людьми, государственные организации, медицинские учреждения, сферы деятельности, невозможные для работы онлайн формата.

Существуют методы борьбы с инфекциями, которые уже показали свою эффективность. Соблюдение элементарных норм личной гигиены, программы вакцинации и обеспечение благоприятными санитарно-гигиеническими условиями способно предотвратить такого вида катастрофы.

Для решения данной проблемы предлагается решение в виде роботизированной системы, предназначенной для автоматической плановой или принудительной дезинфекции, очистки и санитарной обработки. Данная система позволит:

- Эффективно дезинфицировать поверхности, предотвращая заражение через них.
- Уменьшить затраты времени и финансов, избавить человека от необходимости выполнять рутинную работу, экономить средства для обработки.
- Убрать человеческий фактор в вопросе очистки, такие как безответственность, лень, расточительность.

1. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Понятие санитарной обработки

Для лучшего понимания стоит дать определение методам профилактики распространения микробов, вирус и бактерий. Центр по контролю и профилактике заболеваний США разделяет определения очищение, санитарная обработка и дезинфекция.

Очищение, или уборка – это удаление грязи, пыли, различного мусора. Загрязненные поверхности являются питательной средой и очагами роста микроорганизмов, а также защищают микробы от санитарной обработки, разбавляют химические средства, уменьшая их эффективность. Согласно исследованиям, в пыли обитают около 9 тысяч видов грибов, бактерий, микробов. Поскольку дезинфицирующие вещества не обладают хорошей проникающей способностью, в неровностях поверхности, таких как царапины и трещины остаются микробы. Следовательно, перед обработкой химическими средствами необходима тщательная очистка поверхности. Исследователи США обнаружили 183 различных гена устойчивости к нескольким классам антибиотиков. Было доказано, что сильные антимикробные моющие средства меняют генетический код, благодаря чему повышается резистентность микроорганизмов к ним. Из этого следует, что не следует использовать антимикробные средства в областях с низким уровнем переноса микробов (полы, окна).

Санитарная обработка направлена на борьбу с бактериями, микроорганизмами. Она предполагает использование чистящих химикатов. Данный метод менее агрессивный, чем дезинфекция, достаточно снижает количество микробов в соответствии со стандартами общественного здравоохранения.

Дезинфекция – уничтожение патогенных микроорганизмов. Чаще используется в зонах с высоким потенциалом переноса микробов (перила, дверные ручки, столы в общественных местах).

Перекрестное заражение – перенос микроорганизмов от одного вещества, предмета, человека или поверхности на другое. Зараженный предмет не только передает вирусы и бактерии соприкосновением, но и потенциально заражает все вокруг.

В здравоохранении давно известны элементы гигиенической практики, они представлены на рисунке 1. Но их обсуждают и рассматривают независимо друг от друга, это приводит к пренебрежению некоторыми из них. Исследования показывают, что эффективность санитарно-гигиенических мероприятий существенно касаются друг друга и взаимосвязаны [[1]].

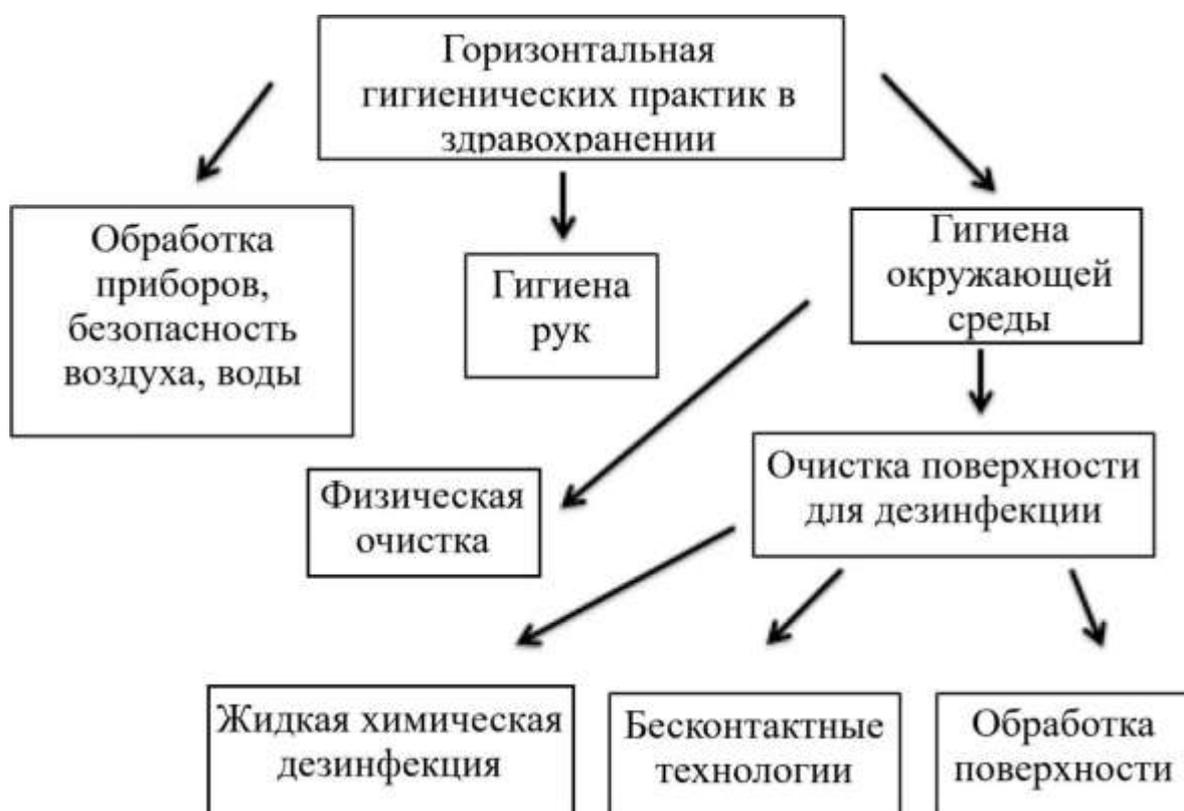


Рисунок 1 – Элементы горизонтальной санитарно-гигиенической практики

1.2 Статистика и исследование проблемы

Данные проблемы актуальны во всем мире. В большинстве развивающихся стран пренебрегают санитарно-гигиеническими мероприятиями, так как это создает дополнительные финансовые затраты, но они многократно увеличивают риск заражения людей. Большинство бактериальных и вирусных инфекций, таких как гепатит, грипп, кишечные инфекции, распространяются через зараженные руки. Безусловно, главным мероприятием по ограничению распространения инфекций является мытье и обработка рук. Однако соблюдение правил гигиены очень низкое, даже в медицинских учреждениях. Согласно исследованиям, показатели соблюдения колеблются в пределах 16–81% [[2]], при общем среднем показателе 40% [[3]].

Несмотря на все это, необходимо повсеместно поднимать данный вопрос и ввести обязательное соблюдение мер по дезинфекции и уменьшению уровня заражений.

Недавние исследования доказывают, что оптимизация структуры и практики гигиены окружающей среды играет важную роль в обеспечении безопасности и предотвращении передачи новых патогенов, таких как вирус Эбола и коронавирус MERS [[4]], [[5]].

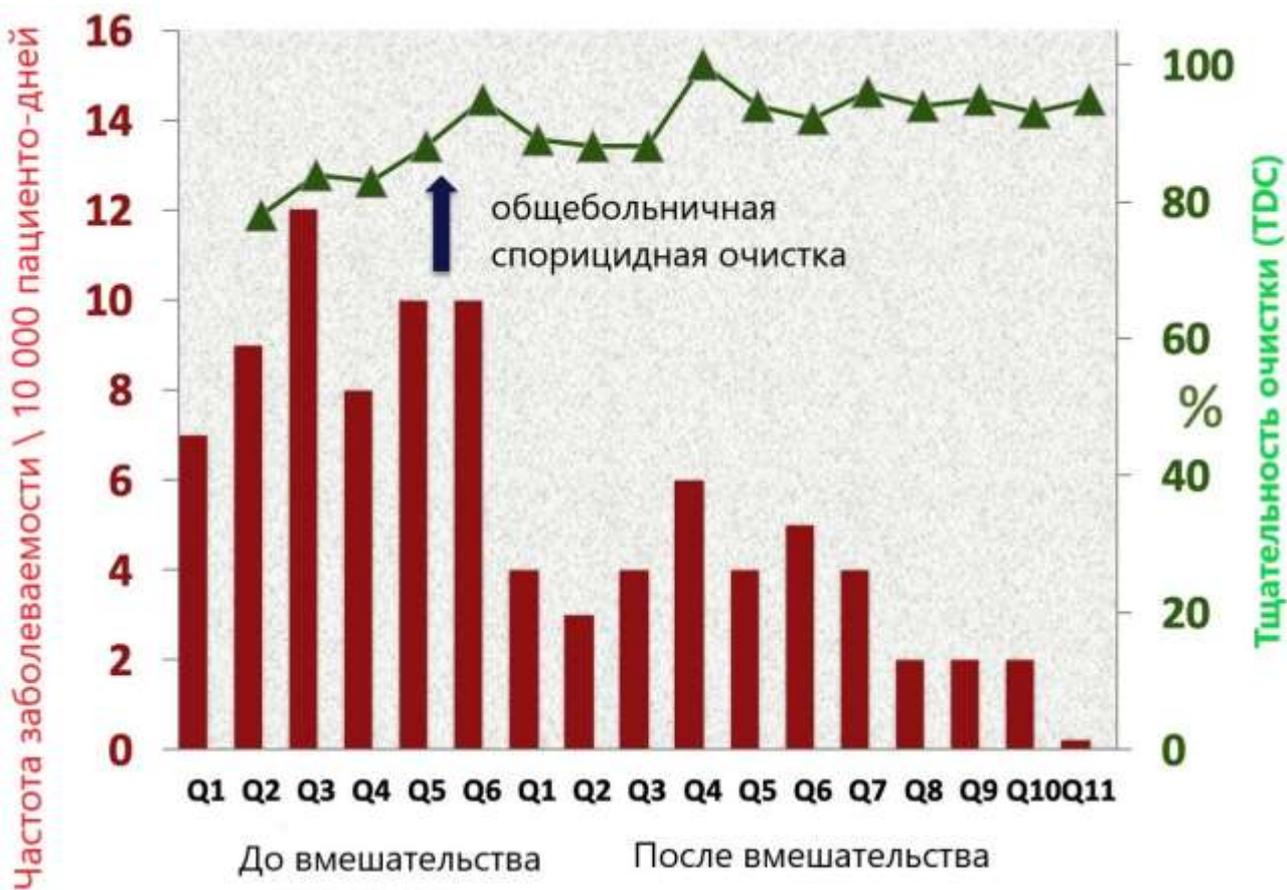


Рисунок 2 – Влияние оптимизации гигиены окружающей среды на снижение передачи *Clostridium difficile*

Также следует не останавливаться на действующих мерах и постоянно улучшать методы борьбы с инфекциями, увеличивать их эффективность. Разработка подобных систем практически всегда будет оставаться актуальной, ведь это является неотъемлемой частью здравоохранения и способствует предотвращению возникновения эпидемий.

1.3 Обзор методов обработки

Существуют несколько способов обеззараживания, известных человечеству. Среди них: излучение ультрафиолетом или гамма-излучением, обработка высокой температурой (большинство патогенов погибают при температуре 60 градусов Цельсия, но их споры выдерживают большую температуру), обработка антисептическими и дезинфицирующими веществами.

Ультрафиолетовое излучение – это электромагнитное излучение, обладающее большой биологической активностью. Естественным источником УФ излучения является Солнце. Для дезинфекции применяются лучи с длинами волны менее 250 нм. Они воздействуют на протоплазму бактерий.

Ультрафиолетовое излучение способно стерилизовать воздух в помещении, воду, а также поверхность облучения. Судя по кривой бактерицидной эффективности, приведенной на рисунке 3, дезинфицирующий эффект оказывает диапазон от 230 до 300 нм.

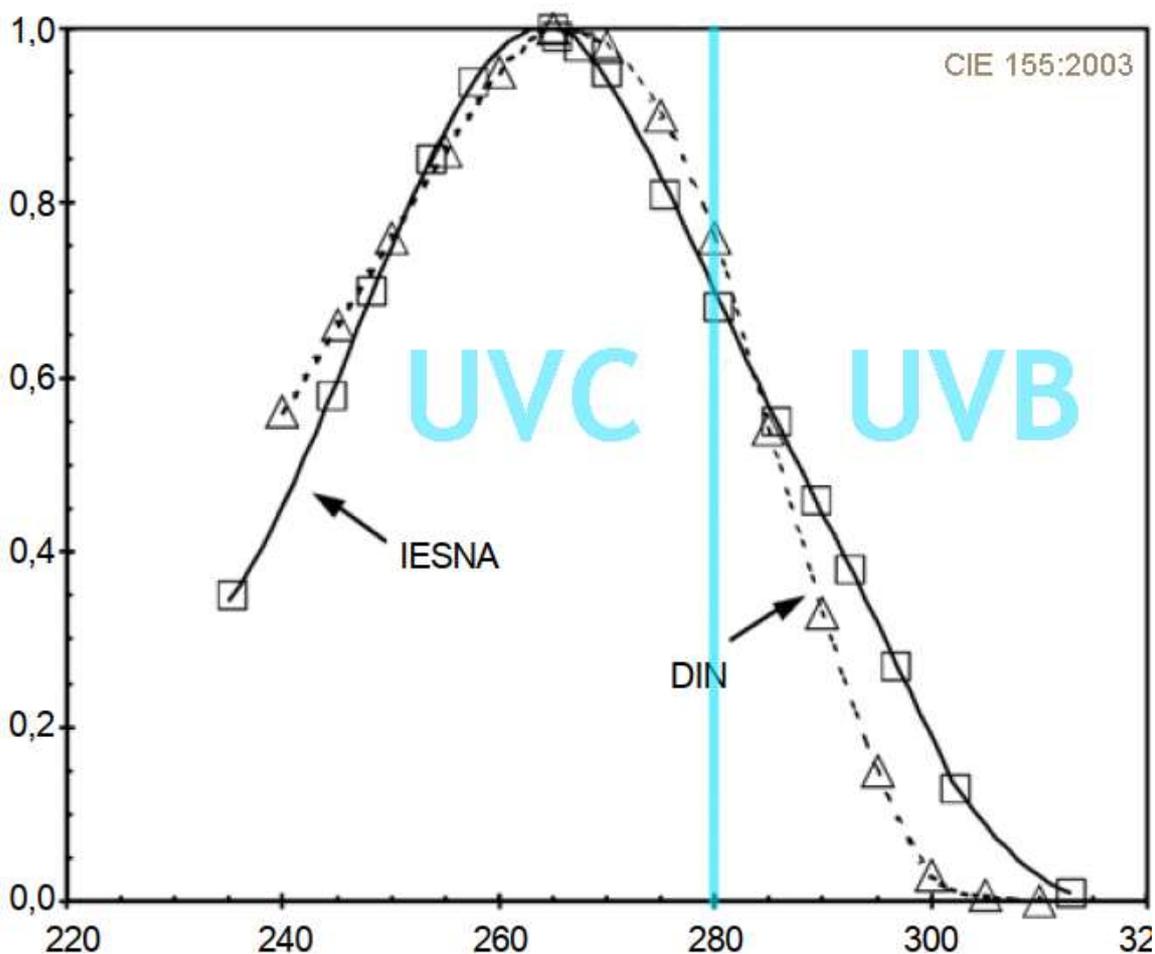


Рисунок 3 – Кривые бактерицидной эффективности из [CIE 155:2003] [[6]]

Обеззараживание УФ лучами происходит в пределах прямой видимости. Это указывает на то, что ультрафиолет плохо дезинфицирует поверхности. Любое затемнение может помешать эффективной дезинфекции. Данный вид обеззараживания более эффективен в борьбе с инфекциями, передающимися воздушно-капельным путем.

Также ультрафиолет опасен для людей, животных: под действием излучения можно получить ожог слизистых оболочек, незащищенных участков тела, вызвать воспаление глаз, рак кожи

Некоторые представители науки и здравоохранения считают, что массовое применение ультрафиолетового излучения способно привести к адаптации вирусов. Это приведет к увеличению их устойчивости, жизнеспособности и повсеместному распространению, что грозит безопасности человечества.

Другим видом электромагнитного излучения, способным бороться с микроорганизмами является Гамма-излучение. Это вид лучей, имеющих короткую длину волны и большую энергию. Свободные радикалы, получающиеся при облучении, имеют хорошую проникающую способность и уничтожают микробы и вирусы. Чаще всего гамма-облучение используют для стерилизации препаратов, медицинских инструментов, перевязочных и абсорбирующих средств, пищевых продуктов.

Однако в ходе анализа было выявлено, что влияние ионизирующих видов излучения не изучено полностью. Появляется опасность присутствия радиации. Гамма-лучи при воздействии на живые организмы способны привести к мутации. Человек получает сильнейшую интоксикацию организма. Такой вид дезинфекции подходит для обеззараживания предметов и поверхностей в закрытых помещениях без присутствия человека, что делает невозможным его использование в людных местах.

По статистике, наиболее частым, основным способом борьбы с вирусами и бактериями является использование химических веществ. Существует большое количество дезинфицирующих соединений, способных останавливать рост и уничтожать патогенов. Однако из соображения безопасности, используется только проверенные безвредные для человека и окружающей среды вещества.

Эффективность химической обработки обуславливается:

- Концентрацией раствора
- Кислотно-щелочным показателем среды
- Наличием органических соединений
- Температурой
- Временем протекания реакции
- Типом поверхности, наличием пор и неровностей
- Проникающей способностью раствора

1.4 Обзор аналогичных систем на рынке

Основной задачей в предотвращении распространения Covid-19 является устранение микробной обсемененности, уничтожение вирусных возбудителей в местах контакта людей с поверхностью, в зонах повышенного риска заражения. В особенности это относится к поверхностям в ЛПУ, больницах, других медучреждениях. К таким поверхностям относятся мебель, выключатели, дверные ручки, периферийные устройства, поверхности в уборных комнатах.

Согласно исследованиям, вирусные возбудители сохраняют жизнеспособность до 72 часов, в зависимости от типа поверхности. Появляется необходимость плановой и регулярной обработки помещений.

Если рассматривать предложенные на рынке приборы, предназначенные для снижения распространения болезней, то они делятся между собой по

принципу работы, используют разные механизмы воздействия, имеют разную степень автономности и эффективности.

После вспышки коронавирусной инфекции с такой же скоростью появились различные варианты реализации. Большинство из них были разработаны компаниями, разрабатывающими различные AGV-роботы. Созданы они были на базе роботов-курьеров и представляли собой автоматически управляемую платформу с прикрепленной ультрафиолетовой лампой. На рисунках 4 и 5 представлены некоторые модели роботов. Дополнялась эта конструкция различными датчиками присутствия человека. В ходе анализа различных предложений на рынке было выявлено, что большинство аппаратов абсолютно идентичны между собой, могут незначительно отличаться по параметрам УФ излучения, уровня автономности и мобильности. Данное решение имеет хорошую автономность, при необходимости возможна самостоятельная подзарядка устройства от станции. Большая площадь воздействия ламп в сочетании с подвижной колесной базой способны обрабатывать большие площади. Для ориентации в пространстве внедряют сенсор LiDAR и систему построения карты помещения. Изучив данные аппараты, были выявлены их недостатки.



Рисунок 4 – Робот-дезинфектор Сбербанка, прототип, апрель 2020 года



Рисунок 5 – ARIS K2, Casun, Китай

Главным минусом является большая стоимость устройства. Робот требователен к чистоте и порядку. Для свободного прохождения необходима подготовка помещения, уборка мелких вещей, проводов, а дезинфекция лампой оставляет укромные, грязные и прикрытые места необработанными. Также имеются технические сложности в наладке и настройке необходимых параметров. Использование ультрафиолета добавляет недостатки этого метода, такие как опасность работы в присутствии живых организмов.

В ходе исследования аналогов, схожим по принципу работы с моим решением была найдена «Автономная система дезинфекции Sanitized.ru». Устройство и принцип работы продемонстрированы на рисунке 6. Оно ориентировалось на обработку одного из самых контактирующих поверхностей в помещениях – дверные ручки. Это хороший способ быстро и локально уничтожить возбудители, особенно в помещениях с большим скоплением людей. Возможно использование гипоаллергенных растворов, устройство безопасно для человека и окружающей среды, что дает возможность его работы в присутствии людей и животных. Устройство просто в установке, не требует электропитания, экологично.



Рисунок 6 – Автономная система дезинфекции Sanitized.ru

Однако анализ выявил и недостатки. Данное устройство имеет большие габариты для такой простой конструкции. В конструкции отсутствует электроника, что делает прибор «глупым», неспособным контролировать частоту обработки. Данный механизм перестает эффективно работать при отсутствии доводчика двери, разбрызгивание раствора происходит лишь при непосредственном закрытии двери. Это также требует дополнительного усилия при закрывании. Постоянное открытие-закрытие двери приводит к неограниченному и неконтролируемому разбрызгиванию. Это влечет за собой большие расходы раствора и постоянную мокрую поверхность. Также аппарат не имеет функций механической обработки ручки, что снижает качество дезинфекции на неровных, грязных поверхностях.

2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Устройство и реализация системы

Устройство, предлагаемое мною, схоже с некоторыми приборами в механизмах обработки, но лишено большинства их недостатков. Согласно статистике многих исследований, очевидно, что одним из главных контактирующих поверхностей являются ручки дверей, особенно входных. Реализовав обработку данной поверхности, можно предотвратить возможность перекрестного заражения и обезопасить окружающих. Различные медицинские представители и ученые говорят о необходимости дезинфекции ручек минимум каждые полчаса, в зависимости от частоты контактов. Это способно довольно существенно снизить долю заражения. Доверив эту работу человеку, возникают вопросы о качестве дезинфекции и систематичности. От рутинной и постоянной работы работник может проявить безответственность, плохо или не регулярно протирать и обрабатывать. Автоматическая система не имеет подобных минусов. Планируется реализовать не только химическую, но и механическую обработку, путем протирания ручек.

Аппаратной платформой для реализации данной системы была выбрана Arduino Nano. Она показана на рисунке 7. В ходе сравнения различных микроконтроллеров она оказалась одним из оптимальных вариантов. Это популярная и доступная плата, базирующаяся на микроконтроллере ATmega328. В нем используется собственная среда разработки и собственный язык программирования Arduino, в основе которой лежит C#/C++. Данная платформа была выбрана, исходя из ее возможностей и степени сложности нашей системы.



Рисунок 7 – Аппаратная платформа Arduino Nano

В данном проекте был использован драйвер для мотора L293D, что существенно облегчает работу микроконтроллера и не требует особых сигналов для двигателя. В работе механизма опрыскивания химическим раствором задействован сервопривод, не требующий драйверов и сигналов ШИМ, и подключающийся управляющим выводом напрямую к микроконтроллеру. Из этого следует, что от модуля контроля не требуется высокая производительность и скорость работы системы. Моя система по задумке

должна быть автономной в плане электропитания. Плата Arduino Uno обладает не самым эффективным потреблением тока, в среднем значение питания колеблется в районе 15 мА, в зависимости от подключенных устройств, эффективности и рациональности написанного кода. Но данная проблема имеет решения и есть возможность снизить энергопотребление на 5–7 мА. Простая и продуманная архитектура уменьшает время проектирования и разработки. [[9]]

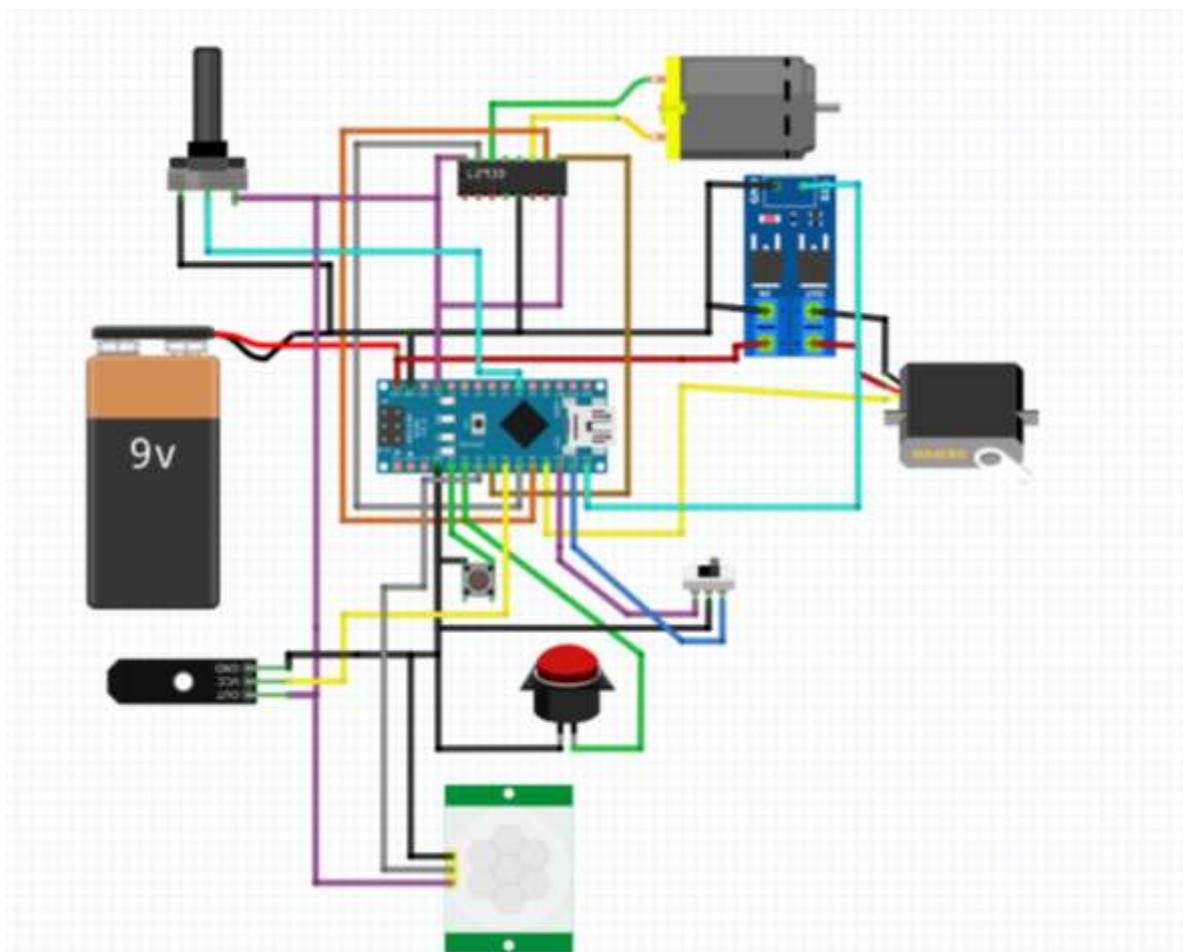


Рисунок 8 – Схема макетной платы

Для реализации устройства механической очистки необходимо преобразование вращательного движения в прямолинейное. Были рассмотрены методы передачи движения и выявлены наиболее распространенные механизмы преобразования: ременная, винтовая и зубчатая ременная передача. Дальнейший анализ, выявление преимуществ и недостатков каждого из механизмов помог выявить наилучший вариант – зубчатая ременная передача (Рисунок 9).



Рисунок 9 – Линейный привод с зубчатой ременной передачей

Винтовая передача состоит из винта и гайки. Передача осуществляется от винта к гайке и в основном применяется для передачи усилия.

Преимущества:

- Надежность
- Передача большого усилия

Недостатки:

- Работа с невысокими скоростями
- Потеря энергии на трении

Реечная передача состоит из шестерни и зубчатой рейки.

Преимущества:

- Неограниченная продолжительность движения
- Минимальная погрешность

Недостатки:

- Требуется точное изготовление и установку
- Шумность конструкции
- Необходимость в чистоте конструкции

Зубчатая ременная передача использует зубчатый ремень и шестеренку. Она работает за счет зацепления зубьев шестеренки и ремня, а не за счет трения. Это избавляет от необходимости большого натяжения, от скольжения и проворотов, обеспечивает синхронность вращения валов. [[11]]

Преимущества:

- Не требует ухода и смазки
- Возможность работы с высокими скоростями
- Плавность движения
- Относительная бесшумность конструкции

Недостатки:

- Износ ремня

Эффективность работы системы предполагается увеличить за счет использования оптических датчиков. ПИР датчик движения будет отслеживать пространство перед дверью и давать сигнал для начала обработки при

отсутствии человека. За счет этого планируется не препятствовать следующим друг за другом людям и выбирать оптимальное время для запуска механизмов. Инфракрасный датчик приближения будет задействован в определении касания дверной ручки и предотвращении ложного срабатывания при наличии движения рядом с устройством. Оптические датчики приведены на рисунках 10 и 11.

Алгоритм работы устройства можно посмотреть на рисунке 12. Программный код приведен в приложении А.



Рисунки 10 и 11 – Датчик движения и датчик препятствия

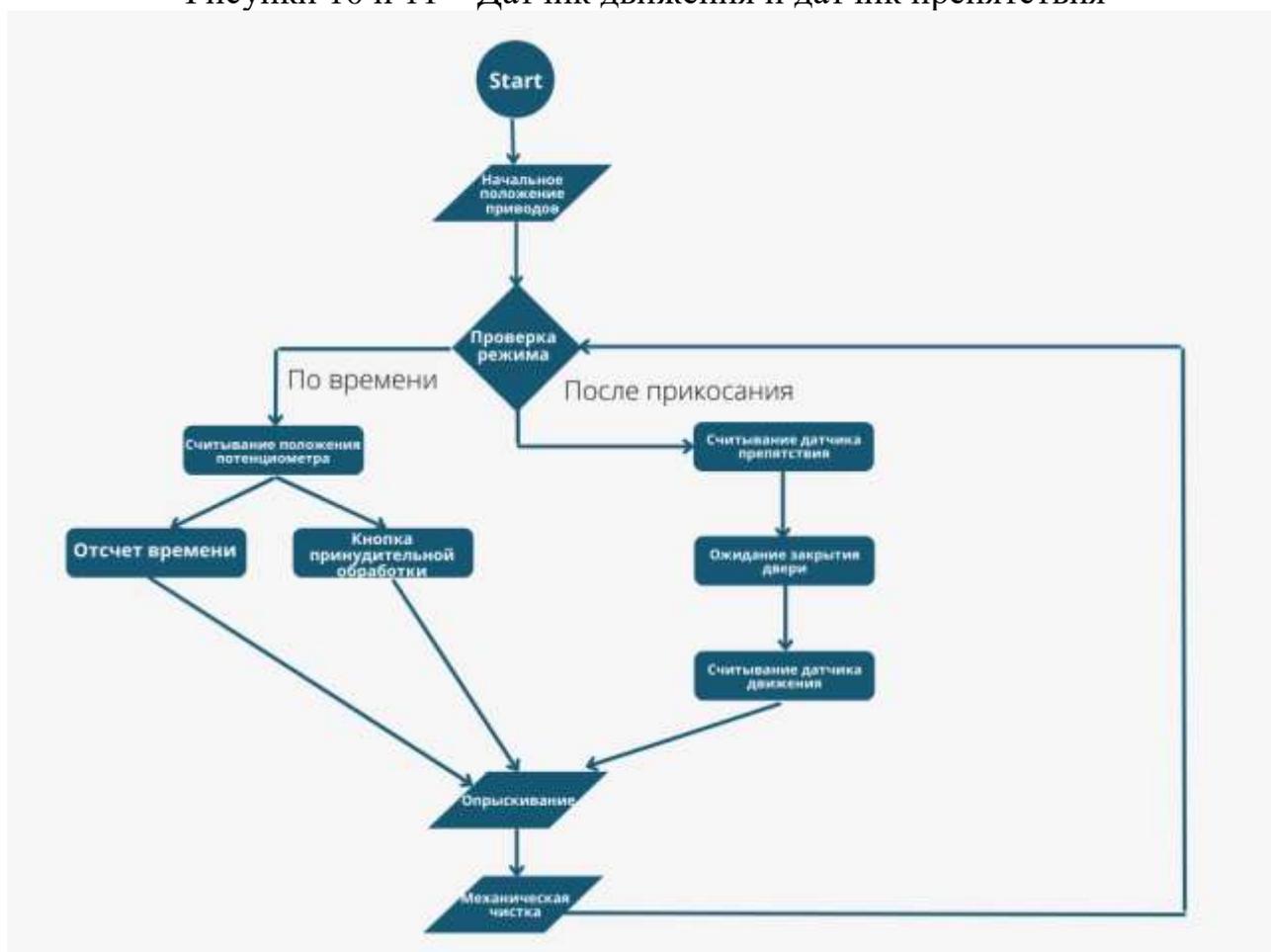


Рисунок 12 – Блок схема алгоритма работы устройства

2.2 Расчеты

Движение линейного привода является прямолинейным и описывается простым уравнением:

$$x_{\text{общ}} = x_0 + v_0 t + \frac{a_0 t^2}{2} + x_1 + v_{\text{max}} t, \quad (1)$$

Так как тело начинает движение из состояния покоя, то уравнение имеет вид:

$$x_{\text{общ}} = x_0 + \frac{a_0 t^2}{2} + x_1 + v_{\text{max}} t, \quad (2)$$

В линейном приводе используется мотор с редуктором. Вскрыв его, было рассчитано передаточное число редуктора. Для наглядности была сделана схема с допущением замены шестеренок на шкивы и ремни, рисунок 13.

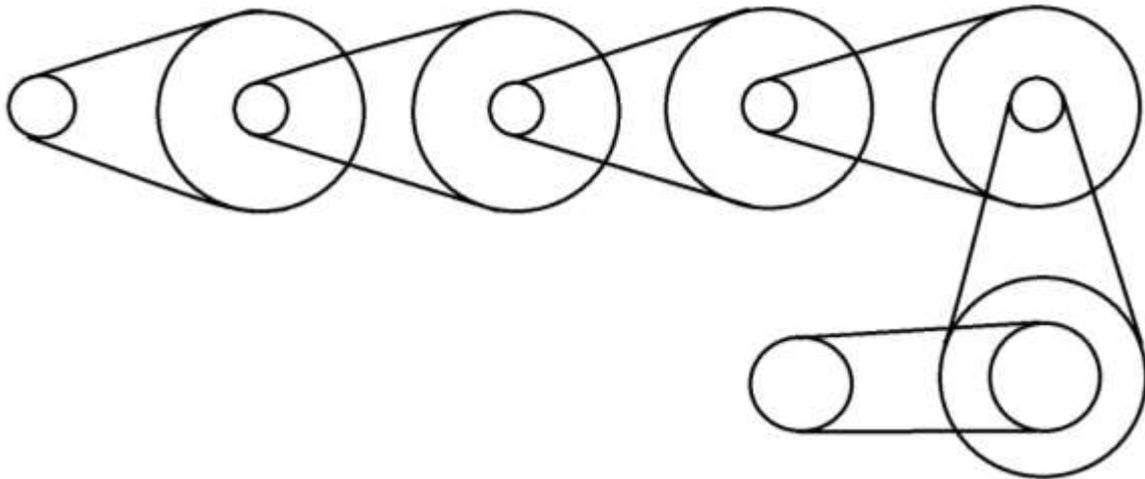


Рисунок 13 – Схема редуктора

Передаточное число рассчитывается по формуле:

$$i = \frac{z_{n+1}}{z_n}, \quad (3)$$

где i – передаточное число;

z_1, z_2 – число зубьев шестеренки.

Наш редуктор реализован в виде нескольких зубчатых колес, насаженных на параллельные валы. Имеем ведущий вал, ведомый вал и промежуточные шестеренки. Для определения общего передаточного отношения необходимо перемножить частные передаточные отношения.

Передаточные отношения шести ступеней:

первой ступени
$$i_1 = \frac{z_2}{z_1} = \frac{40}{10};$$

второй ступени	$i_2 = \frac{z_4}{z_3} = \frac{40}{18};$
третьей ступени	$i_3 = \frac{z_6}{z_5} = \frac{40}{18};$
четвертой ступени	$i_4 = \frac{z_8}{z_7} = \frac{40}{18};$
пятой ступени	$i_5 = \frac{z_{10}}{z_9} = \frac{40}{18};$
шестой ступени	$i_6 = \frac{z_{12}}{z_{11}} = \frac{26}{32};$

Общее передаточное число:

$$i = i_1 i_2 i_3 i_4 i_5 i_6 = \frac{z_2 z_4 z_6 z_8 z_{10} z_{12}}{z_1 z_3 z_5 z_7 z_9 z_{11}} = 4 * 2.23 * 2.23 * 2.23 * 2.23 * 0.81 = 80.37$$

Для выбора сервопривода необходимо определить силу сжатия pulverизатора флакона. Мы определили силу сжатия с помощью эксперимента с неподвижным телом. Если поставить на флакон емкость с незначительным весом (пластиковая бутылка), то можно регулировать вес тела с помощью воды. Сила сжатия будет равна весу неподвижного тела, способного нажать на pulverизатор.

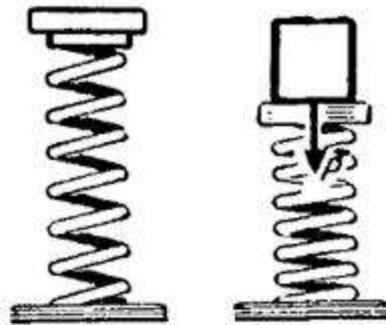


Рисунок 14 – Сжатие пружины

$$P = F_{\text{тяж}} = mg, \quad (4)$$

где m – масса образца, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с².

В нашем случае масса бутылки составила 2 кг при хорошем распылении. Из этого следует, что сила сжатия пружины равна 19,6 Н. Длина плеча рычага на сервоприводе не составит более 2 см. Момент силы равен произведению силы на длину плеча:

$$M = Fl, \quad (5)$$

где M – момент силы, Н*м;

F – сила, действующая на рычаг, Н;

l – длина плеча, м.

Соответственно нам достаточен момент силы 0,392 Н*м. SG5010 имеет момент силы 5,5 кг*с/см, что равен 0,539 Н*м. Используемый нами сервопривод по характеру движения является приводом с постоянной скоростью, то есть выходной вал редуктора сервопривода крутится с постоянной скоростью. Управляющий сигнал является PDM сигналом (Pulse Duration Modulation) может лишь включать и отключать привод.

Так как устройство спроектировано автономным, следует рассчитать энергопотребление. Мы использовали батарейку 9 В, именуемой также «Крона».



Основными потребителями являются сервопривод, электродвигатель и микроконтроллер. Сервопривод по даташиту имеет ток потребления 100-600 мА, измерения показали ток в 500 мА. В режиме ожидания сервопривод потреблял очень много энергии, так же издавал звуки, что тоже не желательно. Мы ограничили ток в режиме ожидания за счет питания через Mosfet транзистор. На нажатие пульверизатора уходит 5 секунд.

Двигатель потребляет около 150 мА, продолжительность работы двигателя составляет 20 секунд на одну чистку. Ток потребления микроконтроллера со всеми датчиками примерно равен 50 мА. Рассчитать время работы от батарейки можно теоретически [12], по формуле:

$$t = \frac{C_{\text{бат}}}{I_{\text{н}}}, \quad (6)$$

где t – время работы от батареи, ч;

$I_{\text{н}}$ – ток нагрузки (сумма), А;

$C_{\text{бат}}$ – емкость батареи, А*ч.

На практике скорость разряда батареи непостоянна, поэтому следует добавить коэффициент K_I , определяемая по типу батареи. Воспользуемся средним коэффициентом равным 1,428.

$$t = \frac{C_{\text{бат}}}{I_{\text{н}} * K_I} = \frac{0.5}{50 * 10^{-3} * 1.428} = 7 \text{ (ч)},$$

в режиме ожидания.

Стоит учесть, что разряд таких батареек неравномерен и напряжение на них проседает по мере потребления. Можно сделать вывод, что батарейки такого типа являются не самым лучшим решением для данного проекта. Рекомендуем заменить источник питания на аккумуляторные батареи литий-ионного типа. Они имеют более большую емкость и не имеют просадок напряжения. Следовательно, за счет этого можно добиться большей автономности. Отпадает необходимость во встроенном стабилизаторе напряжения Ардуино, который также потребляет энергию. Правильно подобрав батарейки под нужное напряжение, в нашем случае напряжение 5–6 вольт, не нужно будет устанавливать DC-DC преобразователь.

2.3 Экономические расчеты

Стоимость использованных элементов по отдельности и общая сумма, потраченная для создания нашего прототипа приведена в таблице 1.

№	Наименование	Кол	Цена, тг
1	Arduino Nano	1	3000
2	Tower Pro SG5010	1	3000
3	PIR датчик движения HC-SR501	1	800
4	Инфракрасный датчик движения	1	350
5	Потенциометр	1	100
6	Кнопка	2	20
7	Соединительный провод	40	100
8	Батарея питания	1	200
9	Плата макетная	1	150
Итого			7720

*Цены приведены по данным розничных магазинов на момент покупки(Февраль 2022)

Таблица 1 – Стоимость компонентов прототипа системы

2.4 Результаты

Подведем итоги собранного прототипа, выявим недостатки и ее конечные характеристики. Он имеет механизм физической очистки, распознавание движения и предотвращение обработки при наличии человека перед собой. Определим, на сколько обработок хватит объем раствора в флаконе,

автономность работы от батарейки.

Согласно исследованиям, нажатие на пульверизатор проводит к распылению 0,11 мл раствора. Использованный нами флакон рассчитан на 50 мл. Исходя из этих данных можно сделать вывод, что полного флакона хватит на 450 нажатий.

Исходя из норм СНиП Республики Казахстан площадь рабочего пространство на одного человека должна составлять около 10 м². Корпус ИМС имеет площадь 3617,2 м² и может вместить в себя 360 обучающихся, преподавателей и сотрудников. Допустив одновременное и однократное посещение стольких людей в течение дня, можно сказать, что данный прибор способен обрабатывать ручки с дозаправкой раствором раз в день.

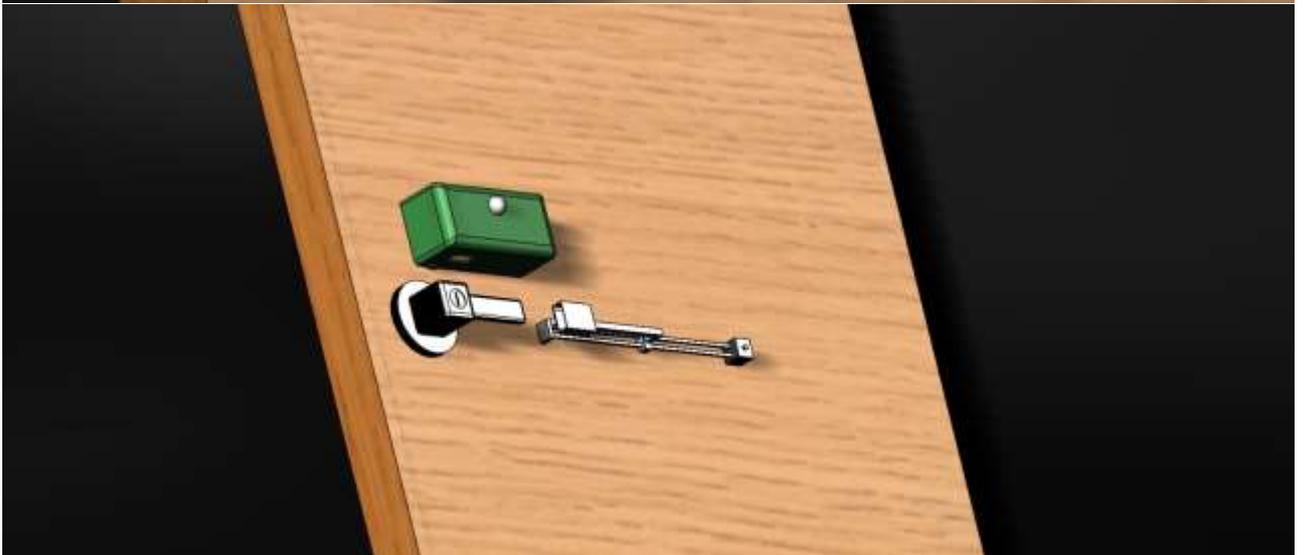
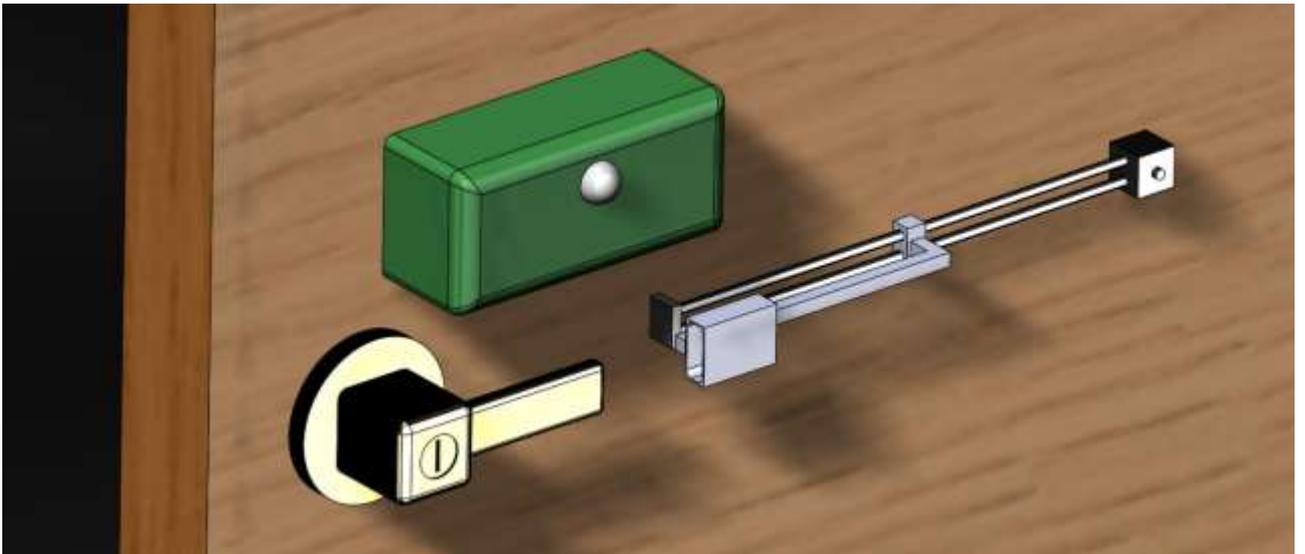
В ходе создания и проверки были замечены нюансы и недостатки устройства. Во-первых, необходимо проработать конструкцию корпуса и его внешний вид, продумать над способом крепления. Необходимо достичь надежной фиксации устройства, корпус должен быть прост в создании и эксплуатации. Нужен легкий доступ к флакону и источнику питания для дозаправки или замены, ничего не должно препятствовать открытию двери. Во-вторых, для данного проекта была взята батарейка 9 вольт, что не целесообразно по нескольким причинам. Питание сервопривода не должно превышать 8,5 вольт, желательно даже 7,5. Мы были вынуждены ставить DC-DC преобразователь для снижения напряжения. Также данная батарейка имеет крайне низкую энергоемкость. По паспорту она равна 0,5 А*ч.

Следует предусмотреть расходники для чистки в виде щеток и губок, так как без замены они станут распространителем загрязнений и микробов. В-третьих, оптимизация кода для микроконтроллера позволит правильнее, рациональнее использовать мощность микропроцессора, питания в целом. Есть возможность добавить новые функции за счет написания новых команд.

Нами предусмотрено дальнейшее развитие проекта. Для удешевления и оптимального использования логической мощности желательно перейти к более эффективному микроконтроллеру. Для примера был рассмотрен STM32 производства STMicroelectronics. Это более мощное, энергоэффективное и в то же время более доступное решение для данного проекта.

Зная примерное количество нажатий для полного опустошения флакона (450), есть возможность добавить оповещение о заправке флакона по внешней индикации или другим способом.

Установленные датчики можно использовать для осуществления дополнительных функций. Можно внедрить подсчет проходимости в здание или в конкретную комнату, кабинет. Данное решение очень полезно для получения статистических данных, сбора информации. Оно также понадобится коммерческим организациям для выполнения маркетинговых стратегий, например для подсчета средней конверсии. Обнаружение движения или открытия двери можно внедрить в охранные системы.



Рисунки 15,16,17 – Модель прототипа в программе Solidworks

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте был изучен вопрос санитарной обработки различных поверхностей. Проанализировав статистику передачи заболеваний, разобрав проблемы с соблюдением санитарно-гигиенических норм, были рассмотрены варианты создания систем, способных предотвратить распространение различных инфекций, облегчить труд людей и сократить расходы.

В результате проделанной работы мы имеем прототип устройства, способный проводить санитарную обработку дверных ручек химическим раствором и механической чисткой в двух режимах: по настраиваемому времени и после непосредственного контакта человеком. Прототип превосходит свои аналоги на рынке по нескольким критериям.

При создании проекта я постарался использовать все навыки и знания, полученные в стенах нашего университета. На практике мне понадобились умения программировать микроконтроллеры, создавать трехмерные модели и проектировать схемы в САПР/CAD-системах, делать расчеты, анализировать большие объемы информации и проводить паяльные работы.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ, ТЕРМИНОВ

ЛПУ-лечебно-профилактическое учреждение

AGV – Automatic Guided Vehicle (автоматически управляемый транспорт)

LiDAR – технология измерения расстояний путем излучения света и замера времени возвращения этого отраженного света на ресивер.

Пандемия – эпидемия мирового масштаба, глобальное распространение инфекции.

Перекрестное заражение (перекрестная инфекция) – перенос микроорганизмов от одного вещества, предмета, человека или поверхности на другое. Зараженный предмет не только передает вирусы и бактерии соприкосновением, но и потенциально заражает все вокруг.

Конверсия (в маркетинге) – отношение числа клиентов, сделавших покупку, к общему числу посетителей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] PC. Carling. Optimizing health care environmental hygiene. *Infect Dis Clin North Am*, 3 (2016), pp. 639-660
- [2] Pittet, D.2000. Improving compliance with hand hygiene in hospitals. *Infect. Control Hosp. Epidemiol.*21:381-386.
- [3] Boyce, J. M., and D. Pittet.2002. Guideline for hand hygiene in health-care settings. Recommendations of the healthcare infection control practices advisory committee and the HICPAC/SHEA/APIC/IDSA hand hygiene task force. *Morb. Mortal. Wkly. Rep.*51:1-45.
- [4] Jeong H, Heo J, Kim H, et al. Persistent environmental contamination and prolonged viral shedding in MERS patients during MERS-CoV outbreak in South Korea. Abstract 1978a. ID Week. San Diego (CA), October 6, 2015.
- [5] Donskey C, Hayden M, Huang S, et al. for the Department of Health & Human Services. Environmental hygiene: Ebola and other emerging pathogens in healthcare. Available at: <http://www.cdc.gov/hai/research/eic-meeting.html>. Accessed December 10, 2015.
- [6] Ultraviolet Air Disinfection. CIE 155:2003. Division 6. ISBN: 978 3 901906 25 1. Электронный ресурс, URL: <http://cie.co.at/publications/ultraviolet-air-disinfection>.
- [7] Вечеркина Ж. В. и др. Исследование тактики борьбы с перекрестной инфекцией в ортопедической стоматологии //Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. – 2015. – №. 62. – С. 9-15.
- [8] Арбузова А. А., Кустова е. С. Применение «безлюдной» технологии в период пандемии covid-19 //Программно-техническое обеспечение автоматизированных систем. – 2021. – С. 63-66.
- [9] Как уменьшить энергопотребление Arduino. Взято с электронного ресурса: <https://clck.ru/hGyF5>. Опубликовано редакцией АрдуиноПлюс.ру в 2019 г.
- [10] Вес тела //Интернет-ресурс Лекциопедия. URL: <https://clck.ru/hGyQe> (Дата добавления: 2014-02-26).
- [11] Дубейковский, Е.Н.; Саввушкин, Е.С.; Цейтлин, Л.А. Техническая механика // Учебник для техникумов/ Издательство: М.: Машиностроение 1980 г
- [12] Рассчитать расход электроэнергии по силе тока. Интернет-ресурс URL: <https://lemzspb.ru/rasschitat-raskhod-elektroenergii-po-sile-toka/> . Дата публикации 27 апреля, 2021 г.
- [13] Христофоров Егор Иннокентьевич, Яковлев Валерий Александрович о карантинных мероприятиях специалиста по охране труда на примере пандемии коронавирусной инфекции covid-19 // StudNet. 2020. №12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-karantinyh-meropriyatiyah-spetsialista-po-ohrane-truda-na-primere-pandemii-koronavirusnoy-infektsii-covid-19> (дата обращения: 21.05.2022).

[14] Ben Maamar S, Glawe AJ, Brown TK, Hellgeth N, Hu J, Wang J-P, et al. (2020) Mobilizable antibiotic resistance genes are present in dust microbial communities. PLoS Pathog 16(1): e1008211. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1008211>

[15] Рекомендации ЦКЗ США по общественному здравоохранению: go.usa.gov/xHc8q // Апрель 2021

[16] Dinh-Toi Chu, Vijai Singh, Suong-Mai Vu Ngoc, Thanh-Lam Nguyen, Damià Barceló, Transmission of SARS-CoV-2 infections and exposure in surfaces, points and wastewaters: A global one health perspective, Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, Volume 5, 2022, 100184, ISSN 2666-0164, <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100184>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666016422000068>)

[17] Tarka, P.; Nitsch-Osuch, A. Evaluating the Virucidal Activity of Disinfectants According to European Union Standards. Viruses 2021, 13, 534. <https://doi.org/10.3390/v13040534>

[18] Günter Kampf, Axel Kramer, Epidemiologic Background of Hand Hygiene and Evaluation of the Most Important Agents for Scrubs and Rubs //Journal Article 2004, Clinical Microbiology Reviews, 863-893, 17, 4, 10.1128/CMR.17.4.863-893.2004 [doi], 15489352, <https://journals.asm.org/doi/abs/10.1128/CMR.17.4.863-893.2004>, <https://journals.asm.org/doi/full/10.1128/CMR.17.4.863-893.2004>, Clinical Microbiology Reviews 2004-10-01 17(4): 863-893

[19] Jonathan A. Otter, Saber Yezli, James A.G. Salkeld, Gary L. French, Evidence that contaminated surfaces contribute to the transmission of hospital pathogens and an overview of strategies to address contaminated surfaces in hospital settings, American Journal of Infection Control, Volume 41, Issue 5, Supplement, 2013, Pages S6-S11, ISSN 0196-6553, <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2012.12.004>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196655313000047>)

[20] Анализ санитарно-гельминтологических исследований окружающей среды и объектов дошкольных учреждений, Мухиддинова Ш.Б.//Ферганский филиал Ташкентской медицинской Академии // Даггосмедакадемия, 2016.

[21] Волкова Л.М. Канд. пед. наук, профессор СПбГУ ГА, Санкт - Петербург, РФ Управление персоналом в гражданской авиации и возможные профессиональные заболевания, МЦИИ ОМЕГА САЙНС | ICOIR OMEGA SCIENCE Омск, 2020, ISBN 978-5-907238-80-0 ч.1 ISBN 978-5-907238-82-4

[22] Всемирная организация здравоохранения, Уборка и дезинфекция помещений и поверхностей в контексте COVID-19 Временные рекомендации 15 мая 2020 г. WHO reference number: WHO/2019-nCoV/Disinfection/2020.1

[23] О рекомендациях по дезинфекции жилых помещений в период пандемии коронавируса 03.03.2021 г. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

```
boolean butt_flag = 0;
boolean butt;
unsigned long last_time;
#include <Servo.h>
Servo myservo;
int button1 = 3; // концевик №1
#define PWM1 5
#define OUT1 7
#define OUT2 8

int state;
unsigned long tmr;
int period;

void setup() {
  myservo.attach(9);
  pinMode(2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(3, INPUT_PULLUP);
  pinMode(13, OUTPUT);
  pinMode(OUT1, OUTPUT);
  pinMode(OUT2, OUTPUT);
  pinMode(4,INPUT);
  pinMode(11,INPUT_PULLUP);
  pinMode(10,INPUT_PULLUP);
  pinMode(6,INPUT);
  pinMode(12,OUTPUT);
  digitalWrite(12,1);
  myservo.write(0);
  digitalWrite(12,0);

  state = 0;
}
void loop()
{
  period = analogRead(2);
  period = map(period, 0, 1023, 5000, 15000);
  period = constrain(period, 5000, 15000);
  delay(30);

  switch ( state )
  {
```

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
default:
  case 0:
    digitalWrite(OUT1, LOW);
    digitalWrite(OUT2, HIGH);
    analogWrite(PWM1, 255);
    state = 1;
    break;

  case 1:
    if (digitalRead(button1) == LOW)
    {
      digitalWrite(OUT1, LOW);
      digitalWrite(OUT2, LOW);
      analogWrite(PWM1, 0);
      last_time = millis();
      state = 2;
    }
    break;

  case 2:
    if (digitalRead(10) == LOW)
    {
      state = 3;
      break;
    }
    else if (digitalRead(11) == LOW)
    {
      y();
      //ostanovka();
      state = 2;
      break;
    }

  case 3:
    x();
    state = 4;
    break;

  case 4:
    protirka();
    state = 5;
```

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
break;

case 5:
  ostanovka();
  state = 6;

case 6:
  if (millis() - last_time > period) {
    last_time = millis();
    state = 2;
  }
  if (!digitalRead(2) == 1) {
    last_time = millis();
    state = 2;
  }
}
}

void x() {
  digitalWrite(12,1);
  myservo.write(60);
  delay(2000);
  myservo.write(0);
  delay(2000);
  digitalWrite(12,0);
}

void y(){
  //if (digitalRead(4) == HIGH){
  //digitalWrite(13,1);
  if (digitalRead(6) == LOW){
    delay(1000);
    if (digitalRead(6) == HIGH){
      delay(150);
      x();
    }
    digitalWrite(OUT1, HIGH);
    digitalWrite(OUT2, LOW);
    analogWrite(PWM1, 255);
    delay(1000);
    digitalWrite(OUT1, LOW);
    digitalWrite(OUT2, LOW);
    analogWrite(PWM1, 0);
  }
}
```

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
    }  
  }  
}  
//}  
  
void protirka(){  
    digitalWrite(OUT1, HIGH);  
    digitalWrite(OUT2, LOW);  
    analogWrite(PWM1, 255);  
    delay(7500);  
  
    digitalWrite(OUT1, LOW);  
    digitalWrite(OUT2, LOW);  
    analogWrite(PWM1, 0);  
    delay(100);  
  
    digitalWrite(OUT1, LOW);  
    digitalWrite(OUT2, HIGH);  
    analogWrite(PWM1, 255);  
    delay(4000);  
  
    digitalWrite(OUT1, HIGH);  
    digitalWrite(OUT2, LOW);  
    analogWrite(PWM1, 255);  
    delay(4000);  
  
    digitalWrite(OUT1, LOW);  
    digitalWrite(OUT2, HIGH);  
    analogWrite(PWM1, 255);  
    delay(6000);  
}  
  
void ostanovka(){  
    digitalWrite(OUT1, LOW);  
    digitalWrite(OUT2, LOW);  
    analogWrite(PWM1, 0);  
    last_time = millis();  
}
```

