

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2023, Том 10, № 2 / 2023, Vol. 10, Iss. 2 <https://resources.today/issue-2-2023.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/04INOR223.pdf>

DOI: 10.15862/04INOR223 (<https://doi.org/10.15862/04INOR223>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Онуфриева, Т. А. Разработка автоматизированной системы обеззараживания помещений / Т. А. Онуфриева, Н. А. Борсук, В. А. Разумов, А. С. Голубев // Отходы и ресурсы. — 2023. — Т. 10. — № 2. — URL: <https://resources.today/PDF/04INOR223.pdf> DOI: 10.15862/04INOR223

For citation:

Onufrieva T.A., Borsuk N.A., Razumov V.A., Golubev A.S. Development of an automated system for disinfection of premises. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2023; 10(2): 04INOR223. Available at: <https://resources.today/PDF/04INOR223.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.15862/04INOR223

Онуфриева Татьяна Александровна

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
Калужский филиал, Калуга, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: onufrieveta@mail.ru

Борсук Наталья Александровна

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
Калужский филиал, Калуга, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: borsuk.65@yandex.ru

Разумов Владислав Алексеевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
Калужский филиал, Калуга, Россия
E-mail: razumov.klg@gmail.com

Голубев Андрей Сергеевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
Калужский филиал, Калуга, Россия
E-mail: golandroser@gmail.com

Разработка автоматизированной системы обеззараживания помещений

Аннотация. В статье описывается разработка автоматизированной системы обеззараживания помещений. Особенно актуальной эта задача стала в период пандемии коронавирусной инфекции. Это разновидность ОРВИ, включающая в себя сотни разных вирусов, вызывающие, как минимум, воспаления слизистых дыхательных путей. Основной путь защиты — профилактика. Актуальность статьи определяется необходимостью очистки воздуха в рабочих помещениях. В период пандемии для решения проблемы обеззараживания помещений использовались рециркуляторы закрытого типа, которые работают только с

воздухом, проходящим через них, но никак не воздействуют на микроорганизмы и вирусы, находящиеся на поверхностях и мебели в помещении. В статье рассматривается вопрос разработки автоматизированной системы очистки помещений с использованием ультрафиолетовых ламп, работающих в различных режимах в рабочих помещениях.

Авторы представляют описание структуры автоматизированной системы, предназначенной для обеззараживания воздуха и поверхностей в помещениях всех категорий с целью профилактики бактериального загрязнения в отсутствие людей. Система состоит из программной части с пользовательским интерфейсом, который позволяет настраивать устройства в соответствии с режимом работы сотрудников, и аппаратной части на базе микроконтроллера, определяющего программу функционирования устройства. Разработан оригинальный алгоритм функционирования системы и интерфейса программы. Результаты разработки протестированы.

Достоинства и новизна разработанной системы состоит в следующем:

- Разработанный алгоритм позволяет осуществить дезинфекцию помещения (воздуха и поверхностей) в автоматическом режиме с возможностью задания режимов работы в соответствии с характером задач, выполняемых сотрудниками.
- Звуковое оповещение о начале и окончании обработки.
- Предлагаемое расположение дезинфицирующих ламп (встроенные в систему освещения) позволяет очистить как воздушное пространство внутри помещения, так и поверхности.

Разработанное ПО и устройство возможно применять во всех типах помещений для их качественного обеззараживания.

Ключевые слова: обеззараживание; коронавирус; микроконтроллер; умный дом; UV-излучение; дезинфицирующие лампы; интерфейс

Введение

В марте 2020 года глава Всемирной организации здравоохранения Тедрос Адханом Гебрейесус заявил, что ситуация с коронавирусной инфекцией может быть охарактеризована как пандемия. Коронавирусная инфекция — это разновидность ОРВИ, включающая в себя сотни разных вирусов, вызывающие воспаления слизистых дыхательных путей. Основной путь следующим образом:

- Воздух в присутствии людей рекомендуется обрабатывать с использованием оборудования на основе ультрафиолетового излучения, различных видов фильтров.
- Воздух в отсутствие людей рекомендуется обрабатывать с использованием открытых ультрафиолетовых облучателей, аэрозолей, дезинфицирующих средств.¹

В период пандемии особую популярность приобрели рециркуляторы. Принцип функционирования следующий: Воздушный поток проходит через рециркулятор и ультрафиолетовое излучение. Ультрафиолетовое излучение не проникает в помещение,

¹ Об инструкции по проведению дезинфекционных мероприятий для профилактики заболеваний, вызываемых коронавирусами [Электронный ресурс] // Письмо федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/564313580>.

поскольку вентиляционные отверстия имеют сильное чернение, а сами УФ-лампы закрыты непрозрачным кожухом (информация с сайта производителя). Цель работы рециркулятора — обеспечить перенос воздушных масс сквозь рабочий объем рециркулятора, облучить воздух с вирусами или бактериями из помещения и обеспечить возврат обработанных воздушных масс обратно в помещение. Перепады давления, создаваемые в рециркуляторе, позволяют дезинфицировать конечный объем воздуха в окрестности прибора. В тоже время очистка, дезинфекция медицинских помещений с помощью УФ-лампы открытого типа известна и давно применяется. В настоящее время очистка не только специализированных помещений, но и офисных, домашних становится все актуальнее [1].

Цель данной работы — предложить последовательные этапы разработки автоматизированной системы, которая позволит безопасно использовать открытое ультрафиолетовое излучение в офисных помещениях.

Результаты работы — предложить структуру и алгоритмы функционирования автоматизированной системы и пользовательского интерфейса.

Требования к разработке — интуитивно понятный и информативный интерфейс; использование системы освещения и УФ-ламп в офисных помещениях.

Основная часть

При написании работы были использованы научные исследования о возможности использования УФ ламп для дезинфекции помещений. Для достижения цели разработки в работе были поставлены следующие задачи:

- провести анализ рециркуляторов и УФ-ламп [2];
- определить возможность совмещения в устройстве ламп освещения и бактерицидных ламп;
- определить количество светильников в соответствии с объемом помещения;
- разработать алгоритм функционирования системы;
- выполнить программирование микроконтроллера;
- разработать алгоритм пользовательского интерфейса;
- выполнить тестирование системы;
- выполнить корректировку алгоритма функционирования системы в соответствии с результатами тестирования.

На основании исследования предметной области была спроектирована структура автоматизированной системы, предназначенная для обеззараживания воздуха и поверхностей в помещениях всех категорий с целью профилактики бактериального загрязнения в отсутствие людей т. к. является облучателем открытого типа (рис. 1) [3]. В качестве источника УФ-излучения применяются бактерицидные лампы. Облучение проводится по методикам: стерилизации помещения ультрафиолетовым излучением, в том числе для профилактики распространения ОРВ и гриппа.

Система состоит из двух подсистем: аппаратной и программной, с которыми может взаимодействовать пользователь [4]. Аппаратная подсистема представляет собой следующую структуру: комплект УФ ламп (UV), набор датчиков движения, элементов сигнализации и управляющих элементов [5].

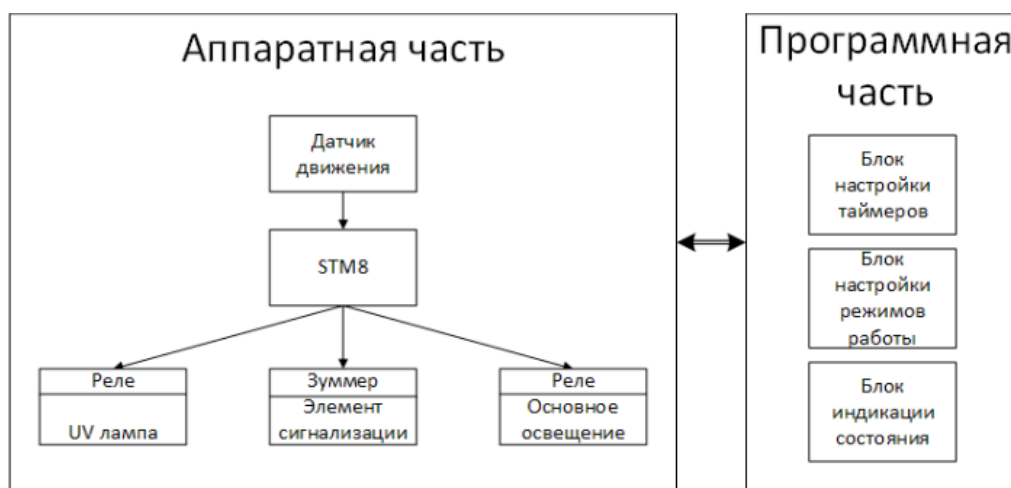


Рисунок 1. Структурная схема системы (составлена авторами)

Программная подсистема состоит из трех основных блоков: настройки таймеров, настройки режимов работы, индикаторов состояния. Пример интерфейса программной части системы для помещений представлен на рисунке 2 [6]. Основу составляют режимы работы: автоматический и ручной. Таймер установки времени работы и таймер ресурса наработки ламп, отсроченное время включения и автоматическое отключение по окончании заданного времени облучения, работа по датчику движения реализуют запрограммированные режимы работы. Авторами были проведены исследования параметров, характеристик бактерицидных ламп. В соответствии с размерами помещения произведен расчет количества ламп. Все они включены в систему (светильник 1...) с указанием наработки в часах. Особенностью системы является то, что бактерицидные лампы.

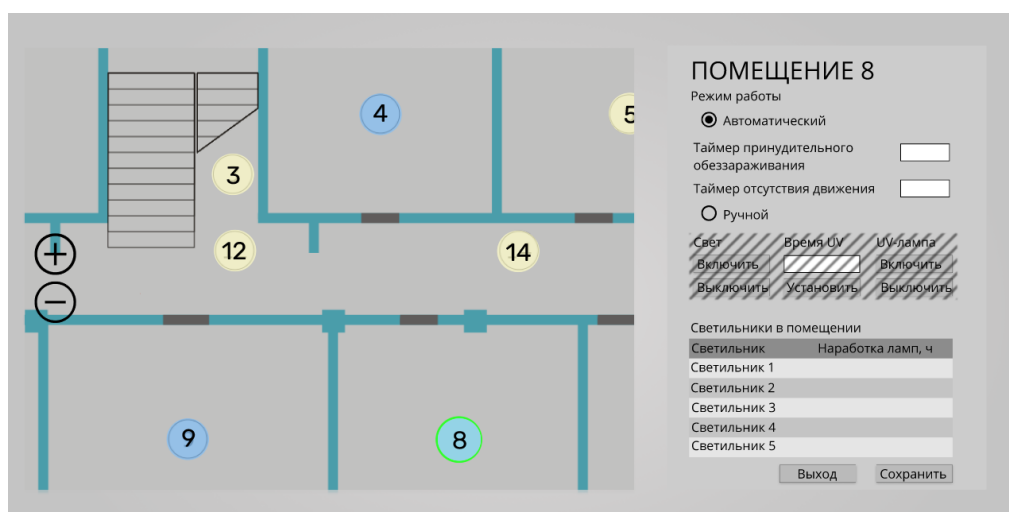


Рисунок 2. Программная часть системы (составлена авторами)

Описание функционирования системы

Функционирование системы начинается с конфигурирования подключенных устройств: таймеров, счетчиков. Затем включается текущий режим работы — освещение. В течение всего времени работы, через определённые промежутки времени происходит принудительная обработка помещения UV-излучением, обработка начинается только тогда, когда в помещении нет движения. Если движение присутствует, то устройство, через достаточно короткие промежутки времени подаёт звуковые сигналы напоминания необходимости обработки [7].

Если устройство фиксирует длительное отсутствие движения (время может быть установлено в программе), то включается режим длительной обработки, после которого светильник полностью отключается и ждёт появления движения для перехода в режим освещения.

После окончания любого из режимов обработки происходит подача сигнала окончания обработки.

Имеется защитный механизм, который при появлении движения в помещении, отключает режим обработки и переводит устройство в режим освещения.

Устройство управления светильником реализуется при помощи микропроцессора STM8, датчика движения, и реле, которые управляют включением освещения и UV-лампы.

Как только датчик фиксирует наличие движения, подаётся сигнал на микропроцессор, в котором он фиксируется и выставляется флаг наличия движения.

В микропроцессоре присутствуют счётчики, которые выставляют необходимые флаги при истечении определённого времени, а именно:

- флаг длительного отсутствия движения, выставляется тогда, когда истекает соответствующий таймер и за данный период не было ни одной фиксации движения в помещении;
- флаг принудительной обработки, возникает независимо от фиксаций движения, через определённый промежуток времени, отсчитываемый таймером;
- флаг окончания обработки: при переключении режима работы светильника на UV-обработку, запускается таймер отсчёта времени обработки, когда он досчитает до нуля, происходит выставление флага окончания обработки.

Основной алгоритм работы программы

После включения питания происходит конфигурирование устройства (настройка портов ввода-вывода, подключение таймеров, задание временных интервалов). Изначально устройство устанавливается в режим освещения. Далее программа работает в режиме бесконечного цикла. Устройство имеет несколько состояний: освещение и UV-обработка [8].

Режим освещения

Если не фиксируется ни один флаг, то никаких действий не происходит. Как только появляется флаг длительного отсутствия движения, производится оповещение с помощью звукового сигнала, в таймер записывается время длительной обработки и устанавливается режим UV-обработки. Если был зафиксирован флаг принудительной обработки, также происходит звуковое оповещение, устанавливается время короткой обработки и устанавливается режим UV-обработки. При одновременном наличии обоих флагов, больший приоритет имеет флаг длительного отсутствия движения.

Режим UV обработки

В данном режиме происходит постоянный опрос флага окончания обработки, когда он равен нулю, происходит отключение основного освещения и включение UV-лампы. Выставленный флаг означает, что время обработки вышло, тогда UV-лампа отключается и

происходит определение, какой режим был включен (длинный или короткий). Если был включен длинный режим, то включение освещения не происходит, если короткий, то освещение включается. Далее, вне зависимости от режима, подаётся звуковой сигнал окончания обработки и устройство переходит в режим освещения.

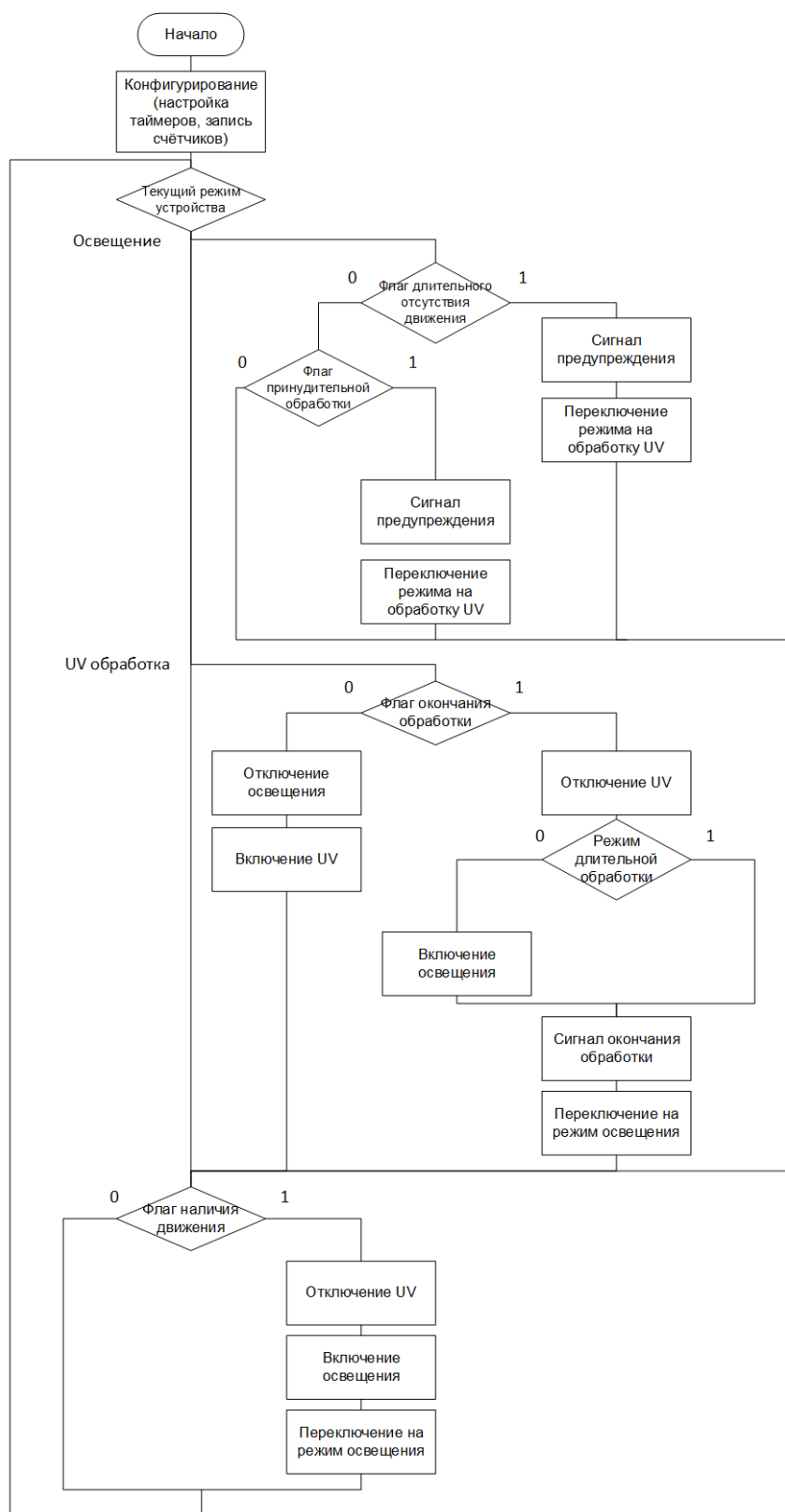


Рисунок 3. Алгоритм функционирования устройства (составлен авторами)

Основная проблема в использовании УФ ламп открытого типа — это недопущение включения системы в помещении при наличии сотрудников. В алгоритме, для недопущения воздействия на человека UV-излучения, предусмотрено в конце каждого прохода бесконечного цикла выполнять проверку флага на наличие движения. Если флаг установлен, то это означает, что датчик зафиксировал движение и тогда, вне зависимости от текущего режима устройства, происходит отключение UV-лампы, включение освещения и переход в режим освещения. Если устройство было в режиме короткой обработки и время таймера обработки не вышло, то устройство не дожидается следующего этапа принудительной обработки и при ближайшем отсутствии движения повторяет процедуру короткой обработки. Цикл продолжается пока обработка не произойдет полностью за один раз.

Основные этапы работы алгоритма представлены на рисунке 3.

В системе предусматривается выбор времени обработки, в зависимости от объема помещения.

Авторами были проведены испытания системы в ООО «АМС» г. Калуги. В процессе тестирования системы были использованы потолочные бактерицидный ультрафиолетовые облучатели открытого типа с площадью обрабатываемого помещения: 40 м² рекомендуемый объем помещения: 120 м³. Ультрафиолетовые светильники были вмонтированы в потолочную систему освещения помещений объемом 75 м³ (отдел разработки) и 90 м³ (отдел технического обеспечения). Разработанное программное обеспечение позволяет реализовать индивидуальные режимы работы для каждого отдела, указать параметры наработки для каждого светильника. Количество ламп было выбрано исходя из технических параметров ламп. Результаты испытаний показали работоспособность системы, но потребовали корректировки режимов работы.

Эффективность бактерицидной обработки определялась по времени обработки, указанной разработчиков УФ-ламп. В соответствии с руководством, разработанным НИИ дезинфектологии Минздрава России, рекомендуемые объемы обработки помещений в зависимости от времени экспозиции и категории помещений приведены в таблице 1.²

Таблица 1

Рекомендованное время обработки помещений

Объем помещения, м ³	Время облучения (мин.) при бактерицидной эффективности		
	99,9 %	99,0 %	95,0 %
25	15	10	6,5
50	30	20	13
75	45	30	19,5
100	61,2	40,7	26

Добавлены режимы: «Ночная обработка», «Обеденная обработка» [9]. Эти корректировки связаны с графиком и особенностями времени работы сотрудников. Программное обеспечение позволяет устанавливать режимы работы системы в соответствии с графиком работы сотрудников предприятия [10].

Проведенное тестирование системы подтвердило эффективность разработанного алгоритма функционирования системы и пользовательского интерфейса.

² Р 3.5.1904-04 Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях [Электронный ресурс] // Руководство, разработанное НИИ дезинфектологии Минздрава России. — Режим доступа: http://10.rosпотреbnadzor.ru/upload/medialibrary/602/rukovodstvo-r-3.5.1904_04.pdf.

Достоинства и новизна разработанной системы состоит в следующем:

- Разработанный алгоритм позволяет осуществить дезинфекцию помещения (воздуха и поверхностей) в автоматическом режиме с возможностью задания режимов работы в соответствии с характером задач, выполняемых сотрудниками.
- Звуковое оповещение о начале и окончании обработки.
- Предлагаемое расположение дезинфицирующих ламп (встроенные в систему освещения) позволяет очистить как воздушное пространство внутри помещения, так и поверхности.

Заключение

В данной статье предложены этапы разработки автоматизированной системы обеззараживания помещений, включающие требования к аппаратной и программной части системы. Особенностью системы является возможность ее встраивания в систему освещения, устанавливать различные режимы работы в соответствии с требованиями заказчика, возможность работы в ручном и автоматизированном режиме. Были приведены особенности выбора и настройки параметров системы в соответствии с оригинальным алгоритмом функционирования системы, разработанным авторами. Положительные свойства системы дают возможность применять ее в помещениях различного типа и решать задачи дезинфекции воздушного пространства помещений, так и поверхностей мебели или приборов. Разработанный интерфейс интуитивно понятен и информативен.

Дальнейшее развитие системы связано с разработкой мобильного приложения для управления системой в рамках реализации «Умного дома».

ЛИТЕРАТУРА

1. Матяш Ю.И. Разработка методов и современных технических средств обеспечивающих безопасные условия перевозки пассажиров в период пандемии коронавируса Covid-19 / Ю.И. Матяш, А.Д. Родченко, А.П. Корнилович // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование / 2020. — № 2(74) — С. 142–150.
2. Василяк Л.М., Применение импульсных электроразрядных ламп для бактерицидной обработки. // Электронная обработка материалов. — 2009. — № 1. с. 30–40.
3. Мангушев, А.В. Реализация mqtt клиента на базе однокристального микроконтроллера для задач удаленного управления оборудованием // Известия ЮФУ. Технические науки 2022. — № 2. с. 75–78.
4. Завьялов В.А. Перспективы применения автоматизированного комплекса управления и диагностики систем управляемого освещения // Ульянов Р.С., Чернов Р.О., Шиколенко И.А. // Научное обозрение. — 2016. — № 1. С. 37–41.
5. Капитанов, А.В. Тенденции создания и развития интегрированных автоматизированных систем управления / Мешков В.Г., Капитанов А.В., Феофанов А.Н. // Технология машиностроения. — 2022. — № 5. С. 50–53.

6. Сухова А.С. Разработка рабочего места отладки на базе микроконтроллера STM32. / А.С. Сухова, Т.А. Онуфриева, М.В. Чубарев // Технологические инновации в современном мире. — 2019. — Ч. 1. С. 146–152.
7. Вент, Д.П. Интеллектуальные автоматизированные системы в экологии. / Вент Д.П., Волков В.Ю., Бархум И. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2008. № 4. С. 268–273.
8. Борсук Н.А. Анализ вопросов разработки медицинской информационной системы / Чувилькин А.А., Бояровская А.В., Борсук Н.А. // Южно-Сибирский научный вестник. — 2021. — № 6(40). С. 82–89.
9. Водянова С.А. Механизмы развития и внедрения технологии "умный дом" / Водянова С.А., Пупенцова С.В., Пупенцова В.В. // Инновации. — 2018. — № 7(237). С. 83–90.
10. Шарапов Н.Р. Разработка интерфейса программного обеспечения // Проблемы науки. — 2022. С. 34–35.

Onufrieva Tatyana Aleksandrovna

Bauman Moscow State Technical University
Kaluga branch, Kaluga, Russia
E-mail: onufrieveta@mail.ru

Borsuk Natalya Aleksandrovna

Bauman Moscow State Technical University
Kaluga branch, Kaluga, Russia
E-mail: borsuk.65@yandex.ru

Razumov Vladislav Alekseevich

Bauman Moscow State Technical University
Kaluga branch, Kaluga, Russia
E-mail: razumov.klg@gmail.com

Golubev Andrey Sergeevich

Bauman Moscow State Technical University
Kaluga branch, Kaluga, Russia
E-mail: golandroser@gmail.com

Development of an automated system for disinfection of premises

Abstract. The article describes the development of an automated system for disinfection of premises. This task has become especially urgent during the Coronavirus pandemic. This is a type of SARS, which includes hundreds of different viruses that cause, at least, inflammation of the mucous membranes of the respiratory tract. The main way of protection is prevention. The relevance of the article is determined by the need for air purification in working rooms. During the pandemic, closed-type recirculators were used to solve the problem of disinfection of premises, which work only with the air passing through them, but do not affect microorganisms and viruses on surfaces and furniture in the room in any way. The article deals with the development of an automated cleaning system for premises using ultraviolet lamps operating in various modes in working rooms.

The authors present a description of the structure of an automated system designed to disinfect air and surfaces in rooms of all categories in order to prevent bacterial contamination in the absence of people. The system consists of a software part with a user interface that allows you to configure devices in accordance with the working hours of employees, and a hardware part based on a microcontroller that determines the program of operation of the device. An original algorithm for the functioning of the system and the program interface has been developed. The development results have been tested.

The advantages and novelty of the developed system are as follows:

- The developed algorithm allows disinfection of the room (air and surfaces) in automatic mode with the ability to set operating modes in accordance with the nature of the tasks performed by employees.
- Sound notification of the beginning and end of processing.
- The proposed arrangement of disinfection lamps (integrated into the lighting system) allows you to clean both the indoor air space and the surfaces.

The developed software and device can be used in all types of premises for their high-quality disinfection.

Keywords: disinfection; coronavirus; microcontroller; smart home; UV radiation; disinfection lamps; interface