

УДК 681.5

Киреев И.Ю., кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Горбунов А.И., кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОГО ДОЗАТОРА (ДИСПЕНСЕРА) ТАБЛЕТОК

Аннотация: В статье представлена разработка недорогого, обладающего значительным потенциалом развития устройства раздатчика лекарств. Для достижения поставленной цели было проведено исследования характеристик представленных на рынке устройств, сформулированы требования к характеристикам разрабатываемого устройства, проведено проектирование и изготовление опытного образца, организована его эксплуатация в реальных условиях, по результатам которой проведена модернизация. В результате следующего этапа было разработано и изготовлено модернизированное устройство, на его базе собран испытательный стенд и проведены исследования направленные на создание линейки устройств.

Ключевые слова: Раздатчик лекарств, диспенсер, микроконтроллер, энкодер, оптопрерыватель, шаговый двигатель.

Демографические тенденции современной России, связанные с увеличением численности граждан пожилого возраста в общей структуре населения, а также пациентов с нарушением когнитивных способностей определяют актуальность внедрения системы долговременного ухода [1].

Система долговременного ухода является относительно новым явлением для Российской Федерации и включает систему мероприятий, которые осуществляются как неформальными (членами семьи, друзьями и/или соседями) так и формальными работниками (работники системы здравоохранения и социальных служб). Часть такой работы направлена на обеспечение приёма пациентами лекарственных препаратов назначенных лечащим врачом с соблюдением установленных временных рамок, что может быть осуществлено с использованием автоматических дозаторов.

Автоматический дозатор (диспенсер) таблеток - это устройство, которое выдаёт необходимое количество лекарственных препаратов в установленное время.

В данной статье представлена разработка недорогого устройства, максимально адаптированного к российским условиям, способного стать базовым для формирования линейки диспенсеров.

Для достижения поставленной цели было проведено исследования характеристик представленных на рынке устройств (диспенсеров), определены основные параметры разрабатываемого устройства, проведено проектирование и изготовление опытного образца, организована его эксплуатация в реальных условиях, по результатам которой проведено устранение недочётов и модернизация.

Используя испытательный стенд с модернизированным раздатчиком лекарств, проведены исследования направленные на дальнейшее развитие устройства.

Для определения облика опытного образца были рассмотрены существующие диспенсеры и установлено, что существующие устройства можно разделить на четыре условные группы.

К первой группе относятся сигнальные устройства позволяющие контролировать приём одного препарата, различные умные флаконы или крышки к флаконам [2,3].

Например, устройство контроля приёма различных препаратов по заданному расписанию, представляющее собой универсальную крышку, в которой размещены кнопки, экран и светодиод. Устройство даёт возможность задавать пользователю количество и периоды приёмов, так же выводит на экран информацию о проведённых и оставшихся приёмах. Устройство оснащено системой световой и звуковой сигнализации времени приёмов [4].

Вторую группу представляют устройства, как стационарные, так и переносимые, позволяющие осуществлять раздачу лекарств, оформленных в

виде таблеток и/или капсул и оповещать пациента световыми и звуковыми сигналами о необходимости приёма.

К таким устройствам относятся, например GMS Med-e-lert и LiveFine Automatic Pill Dispenser имеющие вращающиеся в виде карусели 28 слотов для хранения таблеток или капсул что позволяет выдавать до 6 раз в день необходимые препараты. Данные устройства содержат систему звуковой и световой сигнализации, автономное питание [5, 6].

Третья группа — это стационарные устройства позволяющие осуществлять раздачу лекарств, оформленных в виде таблеток и/или капсул и оповещать пациента световыми и звуковыми сигналами о необходимости приёма, а также оповещать различными способами опекунов о неприёме вовремя препаратов и осуществлять другие функции.

К таким системам можно отнести, Него которое кроме основных функций обладает способностью заказывать необходимые препараты в аптеках [7].

Устройство e-Pill MedSmart может уведомлять опекуна или медперсонал по электронной почте, с помощью телефонных звонков или текстовых сообщений, если пациент не принимает таблетки

e-Pill Station может отправлять уведомление по телефону, электронной почте сиделке или тому, кто ухаживает за пациентом о не приёме лекарств [8].

К четвертой группе можно отнести устройства, фактически являющиеся вендинговыми автоматами, представляющие пациенту и его опекунам широкий круг услуг от выдачи лекарств до возможности заказа препаратов и проведения интерактивного обучения методам приёма последних.

Примеры таких устройств это Vaica которое позволяет обеспечить режим приёма, в том числе инъекций и порошкообразных препаратов и в котором используется облачное программное обеспечение что позволяет интегрировать обучающие видеоролики и замыкать цикл "пациент - ухаживающее лицо - программа поддержки пациента" для улучшения результатов лечения [9].

Прибор Pillo который кроме выдачи препаратов может подавать голосовые команды используя программу на базе искусственного интеллекта,

чтобы помогать пациенту и напоминать ему о необходимости соблюдения плана лечения, устройство также может предоставлять медицинскую информацию в виде аудио- и видео-контента, обеспечивать видеозвонки пациента своему врачу [10].

В разработке раздатчика лекарств основное внимание было уделено второй группе устройств и, исходя из этого, определен облик и разработана структурно-функциональная, кинематическая, электрическая, схема устройства, подобрана компонентная база, разработаны печатные платы, разработана программа прошивки микроконтроллера.

Было решено, что структурно-функционально устройство должно быть стационарным, иметь не большие габариты и состоять из корпуса с расположенным на нем раздаточным устройством карусельного типа, состоящим из контейнера и расположенного внутри лепесткового ротора, для размещения лекарственных препаратов, в виде таблеток и или капсул.

В качестве контейнера предложен неподвижный тонкостенный цилиндр высотой 15 мм и диаметром 80 мм, расположенный на цилиндрическом основании, в котором выполнены центральное отверстие и сегментное на периферии размером $1/16$ окружности на радиусе 20 мм. В контейнере должен размещаться вращающийся ротор, состоящий из цилиндрического вала высотой 15 мм с центральным, под лыску, отверстием, на образующей которого оформлены 16 тонких лепестков длиной 20 мм, что в сборе формирует в контейнере 16 сегментных камер объёмом $3,86 \text{ см}^3$ каждая. Контейнер закрывается крышкой. При этом ось контейнера конструктивно размещена на основании со смещением вправо на 20 мм таким образом, чтобы сегментная прорезь выступала за корпус, справа корпуса непосредственно под прорезью размещается площадка для медицинского стаканчика, в которой выполнено отверстие для оптопрерывателя.

В корпусе оформлен интерфейс пользователя, состоящий из расположенного на фасадной части жидкокристаллического графического дисплея и размещённых на свободной части верхней горизонтальной грани

трех кнопок и энкодера. При этом одна кнопка приподнята над остальными и имеет красный цвет.

Опытный экземпляр раздатчика лекарств представлен на рис. 1, а.

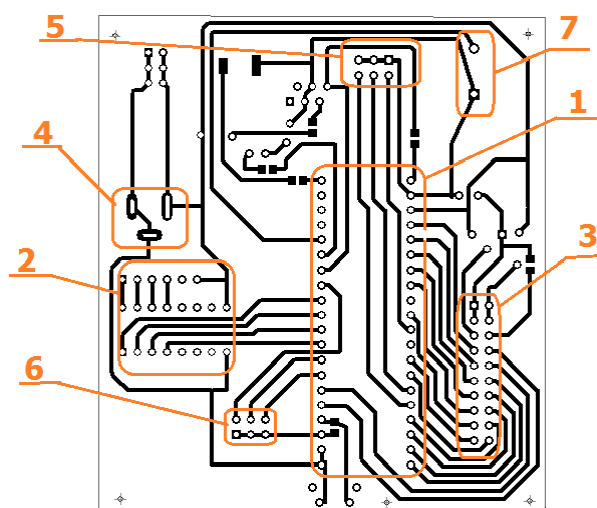
Кинематическая схема устройства состоит из шагового двигателя, закреплённого на верхней горизонтальной поверхности внутри корпуса, вал которого с закреплённым на нем флажком оптопрерывателя, механически связан с валом вращающегося лепесткового ротора, что при работе шагового двигателя обеспечивает перемещение сегментных камер относительно основания корпуса контейнера.

Электрическая часть устройства состоит из основной платы (рис 1, б), платы оптопрерывателя шагового двигателя и оптопрерывателя медицинского стаканчика.

На основной плате размещаются разъёмы для подключения платы микроконтроллера, драйвер шагового двигателя, яркий светодиод красного цвета, акустическое устройство, разъёмы подключения кнопок, энкодера, оптопрерывателей шагового двигателя и медицинского стаканчика, разъем для подключения жидкокристаллического графического дисплея. Также на плате размещается разъем питания.



а)



б)

Рис.1. а) опытный экземпляр раздатчика лекарств; б) основная плата устройства, где: 1- зона разъемов платы микроконтроллера; 2 - место установки

драйвера шагового двигателя; 3 - место установки разъема GLCD экрана; 4 - место размещения разъема питания; 5,6 – разъемы размещения периферийных устройств; 7 – контакты акустического устройства.

Электрическая схема питается от наружного блока питания на 5В 1,5А стабилизированного, постоянного тока запитанного от сети переменного тока 220В 50Гц.

В качестве основного модуля микроконтроллера принято решение использовать отладочную плату STM32 mini.

На плате расположен микроконтроллер STM32F103C8 от производителя STMicroelectronics, его основные характеристики приведены ниже:

- архитектура: 32-bit ARM Cortex M3;
- рабочее напряжение: от 2.7V до 3.6V;
- рабочая частота процессора: 72 MHz;
- число контактов GPIO: 37;
- число контактов с поддержкой ШИМ: 12;
- число аналоговых контактов: 10 (на них стоят 12-битные АЦП);
- количество портов USART: 3;
- интерфейсов I2C: 2;
- интерфейсов SPI: 2;
- Can 2.0: 1;
- таймеры: 3 (16-битных), 1 (PWM, ШИМ);
- Flash память: 64KB;
- RAM (ОЗУ): 20kB.

Также плата содержит два кварцевых генератора – один на частоту 8 МГц, а другой – на частоту 32,768 кГц, который используется для управления внутренними часами реального времени (Real Time Clock, RTC). Микроконтроллер платы поддерживает работу в спящих режимах, что делает его эффективным для применения в устройствах, запитываемых от батареек/аккумуляторов.

Поскольку микроконтроллер платы работает от напряжения 3.3V, плата также содержит встроенный регулятор напряжения, понижающий напряжение с 5V до 3.3V для подачи питания на микроконтроллер. Хотя микроконтроллер платы работает от 3.3V, большинство контактов общего назначения (GPIO) платы толерантны к 5V.

Помимо отладочной платы STM32 mini в качестве комплектующих устройства раздатчика лекарств используются:

- шаговый двигатель MITSUMI M42SP-5A;
- микросхема ULN2003ADR SO 16-150;
- жидкокристаллический дисплей WINSTAR WG12864A-YGK;
- акустическое устройство BMT-1212UX;
- энкодер EC11-PH-20MM;
- оптопара прерыватель ITR20403;
- оптопара прерыватель KTIR08251DS;
- кнопка PS10BBk;
- разъемы КАБЕЛЬ-ПЛАТА шаг 2,5 мм NX2500-05SMS;
- светодиод выводной C503B-RCN-CW0Z0AA1.

Следующим этапом необходимо разработать программу, согласно которой будет работать устройство, для чего рассмотрим алгоритм его функционирования.

Первым этапом после подключения к питанию активируются часы реального времени, размещенные на отладочной плате. Затем обеспечивается установка лепесткового вала раздатчика в начальное положение (при этом сегмент должен быть расположен строго над прорезью основания тонкостенного цилиндра). Следующим этапом вводится текущее время и расписание приема лекарств, затем необходимо выложить таблетки и/или капсулы в сегменты, начиная со следующего после совмещенного с отверстием в основании. Все процедуры осуществляются с использованием кнопок управления и энкодера размещенных на свободной поверхности верхней грани корпуса.

После всех этих операций необходимо включить рабочий режим.

Алгоритм работы устройств прост и состоит в том, что в момент, когда введенное в расписание время совпадает с текущим подается сигнал на шаговый двигатель и осуществляется поворот лепесткового ротора на $22,5^{\circ}$, при этом лекарства, которые находились в сегменте, выпадают в прорезь основания и оказываются в стаканчике для лекарств. Одновременно с этим активируются светодиод, расположенный на плате, установленной на дне прозрачной части корпуса и акустическое устройство которые начинают подавать периодические сигналы.

В момент, когда пациент снимает с площадки медицинский стаканчик с лекарством, размыкается опторазмыкатель, установленный в площадке и подача световых и звуковых сигналов прекращается.

В раздатчике предусмотрен вариант выдачи лекарств по желанию пациента в течении часа до назначенного приема для этого предназначена красная кнопка выступающая выше остальных.

Исходя из выше приведенного алгоритма работы раздатчика лекарств программный модуль состоит из модуля задания переменных, модуля активации часов реального времени, в цикле вводятся время текущее и расписание, отрабатывает алгоритм установки в начальное положение лепесткового ротора (для чего используется подпрограмма управления шаговым двигателем) после чего идет алгоритм, основанный на сравнении текущего времени с расписанием. При совпадении активируются прерывания управляющие светодиодом и акустическим устройством.

Для написания программного модуля использовался язык C Keil MDK-ARM.

Разработанное устройство было изготовлено в единичном экземпляре и испытано, начиная с 2016 года в городе Луганске.

Пациентом являлась женщина 75 лет перенесшая инсульт, повлекший частичную потерю подвижности правой руки и правой ноги. Когнитивные способности пациентки были без видимых ухудшений, уровень образования

выше среднего. Обслуживание раздатчика осуществлялось родственниками больной.

Испытания раздатчика в целом можно считать успешными, по их результатам установлено:

- необходимость автономного, минимум 8 часового питания;
- избыточность использования жидкокристаллического дисплея типа WG12864;
- необходимость увеличения количества ячеек для размещения препаратов с целью увеличения автономности устройства;
- невостребованность режима выдачи вне расписания;
- желательность возможности полноценной (окунанием) дезинфекции барабана.

Учитывая установленные по результатам испытаний факты, в конструкцию раздатчика были внесены следующие изменения:

- жидкокристаллический дисплей типа WG12864 заменен на четырех символьный светодиодный индикатор на TM1637;
- установлен блок автономного питания из двух литиевых цилиндрических аккумуляторов LIR18650 2000mah и микросхем обслуживания MT3608 и TP4056;
- исключена функция приема вне расписания;
- модернизирована конструкция крепления контейнера для лекарственных препаратов, что обеспечило быстросъемность контейнера и в результате этого возможность дезинфекции последнего погружением;
- разработана конструкция двухъярусного контейнера, что позволило увеличить вместимость последнего вдвое.

Модернизированное устройство диспенсера изображено на рис 2.



а)



б)

Рис 2. а) модернизированный раздатчик лекарств; б) модернизированный раздатчик лекарств с контейнерами на 30 и 15 доз препарата.

С использованием модернизированного раздатчика лекарств был собран испытательный стенд, который позволил отработать конфигурации, использующие GSM связь, кабельный интернет, Wi-Fi и BlueTooth сети (Рис.3).

Также было отработано использование в качестве электронного устройства управления, как альтернативу STM32, микроконтроллера ESP32, выпускающегося компанией Espressif Systems .

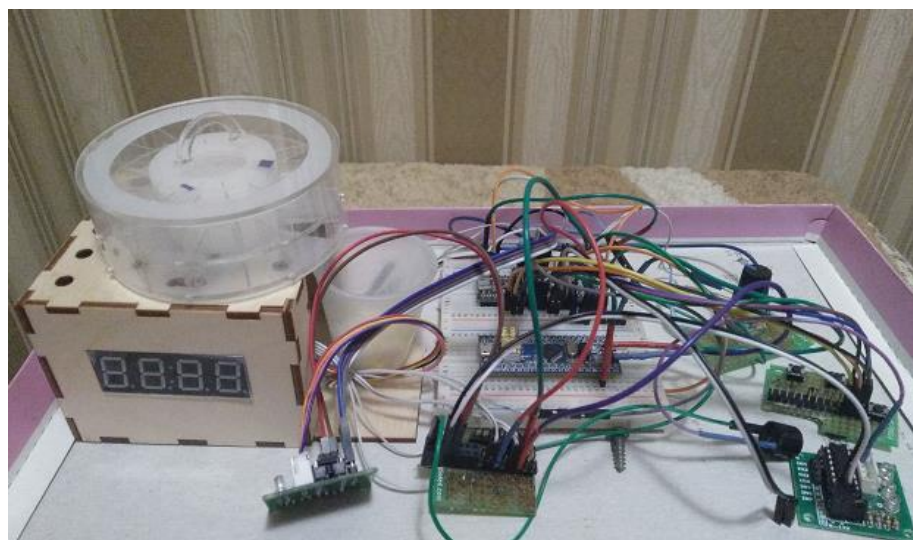


Рис. 3. Испытательный стенд раздатчика лекарств.

В результате проделанной работы было разработано устройство раздатчика лекарств обладающее следующими характеристика:

- автономность при четырех разовом приеме 7 суток
- интуитивно понятный принцип обслуживания;
- возможность как автономного обслуживания так централизованного путем смены пустого контейнера на заполненный;
- возможность использования малого контейнера при одноразовом или двухразовом приеме в сутки;
- возможность использовать в раздатчике систем GSM связь, кабельный интернет, Wi-Fi и BlueTooth сети.

Особо следует отметить, что конструкция раздатчика позволяет использовать технологию CO₂ лазерной резки элементов изделия а не литья пластмасс под давлением при изготовлении, что значительно удешевляет конечный продукт.

Данный продукт может являть основной частью сети обслуживания, как в организациях социального обслуживания (домах престарелых и пр.), так и на дому патронажными службами.

Список использованных источников

1. Горбунова В.В. Старение населения и его влияние на социально-экономическое развитие современного российского общества Научное обозрение. Экономические науки. 2019. № 1. С. 13.
2. AdhereTech Smart Pill Bottles. [Электронный ресурс]. –режим доступа URL:<https://iothought.com/adheretech-smart-pill-bottles> (дата обращения 15.05.2021)
3. Кіреєв І.Ю., Могильний Г.А., Донченко В.Ю., Пристрій контролю прийому різних препаратів за заданим розкладом // Патент UA №132647. Опубл, 2019. Бюл №5.
4. Кіреєв І.Ю., Могильний Г.А., Поповіченко О.О., Пристрій для організації прийому різних препаратів за заданим розкладом // Патент UA №90458. Опубл, 2014. Бюл №10.

5. Automatic pill dispenser better pill management . [Электронный ресурс]. –режим доступа URL: <https://www.medelert.com> (дата обращения 15.05.2021)
 6. Automatic Pill dispenser with bluetooth [Электронный ресурс]. –режим доступа URL: <http://livefineproducts.com> (дата обращения 18.06.2022)
 7. Hero's innovative dispenser stores [Электронный ресурс]. –режим доступа URL: <https://herohealth.com> (дата обращения 25.06.2022)
 8. Avoid Medication Errors with the e-pill MedSmart Locked Automatic Pill [Электронный ресурс]. – режим доступа URL: <https://www.epill.com/medsmart.html> (дата обращения 27.06.2021)
 9. Key Medical [Электронный ресурс]. –режим доступа URL: <https://www.keymedic.org> (дата обращения 15.06.2021)
 10. Pillo [Электронный ресурс]. –режим доступа URL: <https://medium.com> (дата обращения 15.06.2021)
-

Kireev I.Yu., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Luhansk Vladimir Dahl State University»,

Gorbunov A.I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Luhansk Vladimir Dahl State University».

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC DISPENSER (DISPENSER) OF TABLETS

Abstract: The article presents the development of an inexpensive drug dispenser device with significant development potential. To achieve this goal, the characteristics of the devices presented on the market were studied, the requirements for the characteristics of the developed device were formulated, the design and manufacture of a prototype was carried out, its operation was organized in real conditions, as a result of which modernization was carried out. As a result of the next stage, a modernized device was developed and manufactured, a test bench was assembled on its basis, and research was carried out aimed at creating a line of devices.

Keyword: Medicine dispenser, dispenser, microcontroller, encoder, opto-interrupter, stepper motor.