

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЕ АНАЛИЗАТОРА ИНФУЗИОННЫХ НАСОСОВ

Аннотация: Работоспособность устройств автоматизированного введения лекарственных препаратов играет ключевую роль в эффективности лечения пациентов и зачастую их жизнеобеспечения. С целью установления правильного функционирования шприцевых дозаторов, инфузионных насосов и т.д. в обязательном порядке периодически осуществляют их поверку и при необходимости калибровку. Однако потеря работоспособности рассматриваемых устройств может происходить в межповерочном интервале, что недопустимо. В работе предложена оригинальная конструкция анализатора инфузионных насосов, а так же представлены результаты его испытаний. Его отличительной особенностью является простота, низкая стоимость и универсальность.

Ключевые слова: инфузионный насос, анализатор, датчик, испытания.

Abstract: The operability of automated drug administration devices plays a key role in the effectiveness of patient treatment and often their life support. In order to establish the proper functioning of syringe dispensers, infusion pumps, etc., they must be periodically checked and, if necessary, calibrated. However, the loss of operability of the devices in question may occur in the verification interval, which is unacceptable. The paper proposes an original design of an infusion pump analyzer, and also presents the results of its tests. Its distinctive feature is simplicity, low cost and versatility.

Keywords: infusion pump, analyzer, sensor, tests.

Анализатор состоит из двух частей – блока управления и электронного шприца (рисунок 1) [1-3]. Последний включает в себя постоянные магниты и датчик Холла для отслеживания положения штока шприца и соответственно расхода препарата. В процессе контроля электронный шприц устанавливается в инфузионный насос. Блок управления содержит микроконтроллер, сигнальный разъем, разъемы питания и USB. Для управления блок содержит органы управления, а для вывода информации оператору – дисплей. Питание устройство будет получать от блока питания. Для отключения устройства предусмотрен выключатель.

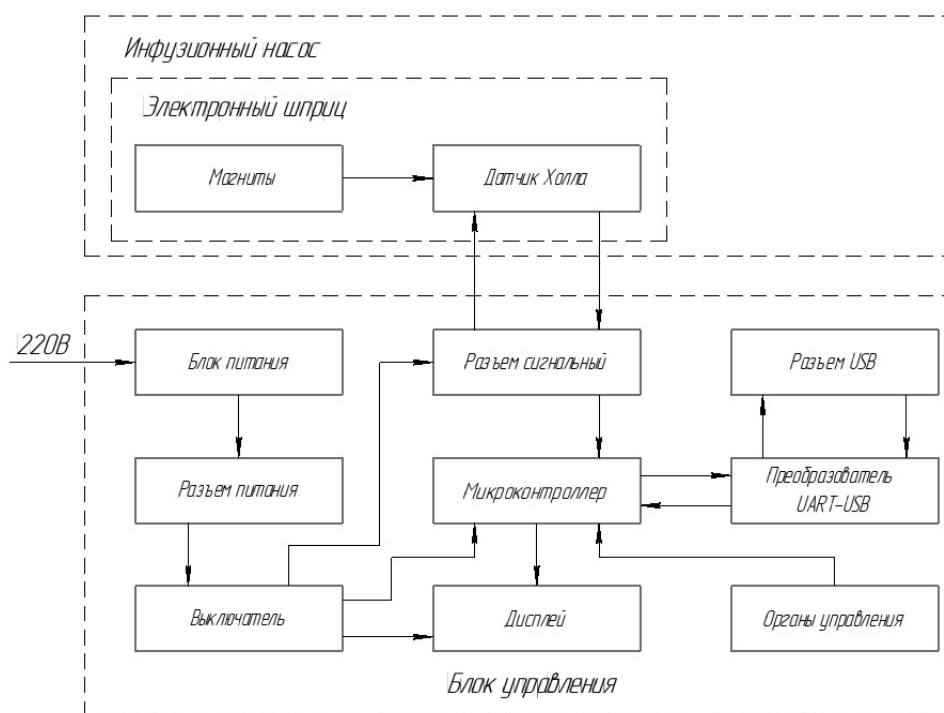


Рисунок 1 – Электрическая структурная схема анализатора

Устройство работает следующим образом. Напряжение от промышленной сети 220 В 50 Гц поступает на блок питания и понижаясь распределяется на другие компоненты через выключатель и соответствующие разъемы. Работа инфузионного насоса приводит к перемещению датчика относительно магнитов, при этом на его обкладках датчика формируется ЭДС. Для подключения к микроконтроллеру и получения питания предусмотрен сигнальный разъем. Сигнал поступает на микроконтроллер. Его задачей является так же фиксация времени получения сигнала и проведение последующих расчетов с помощью заданных зависимостей. Результат контроля постоянно выводится и обновляется на дисплее. Для возможности перепрограммирования блока или вывода информации на ПК предусмотрен USB разъем с преобразователем USB-UART. Для возможности перезагрузки устройства предусмотрены органы управления в виде кнопки. В качестве основных компонентов использованы: микроконтроллер ATmega 328p, унифицированный модуль дисплея 1602 LCD и аналоговый биполярный датчик Холла 49e [4-6]. Последний выполнен в корпусе TO92, что позволяет без проблем разместить его в корпусе шприца любого типоразмеров.

Первоначально с помощью программы Компас разработаны твердотельные трехмерные модели блока управления и электронного шприца (рис.2).

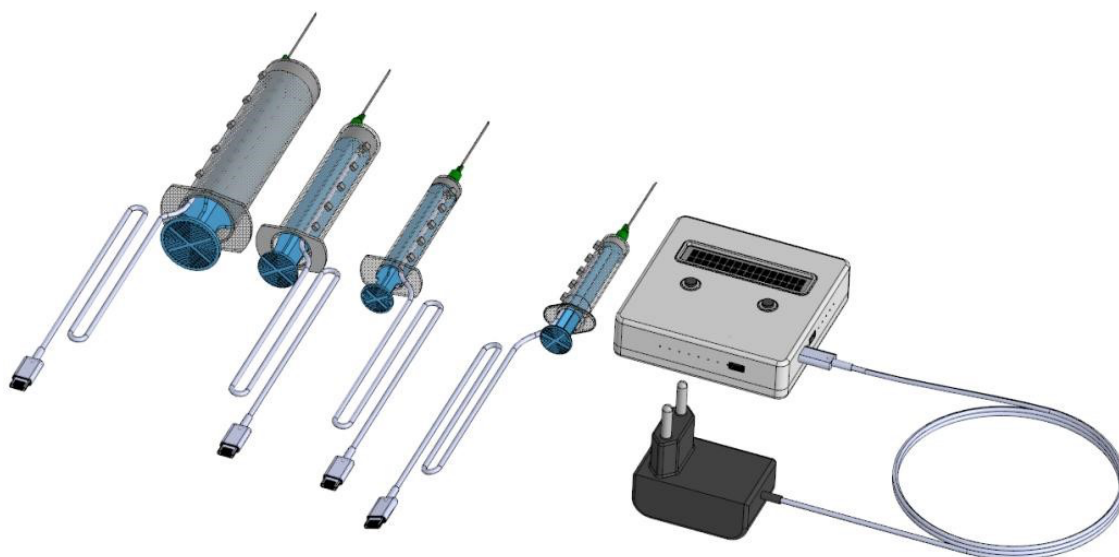


Рисунок 2 – Трехмерная модель анализатора

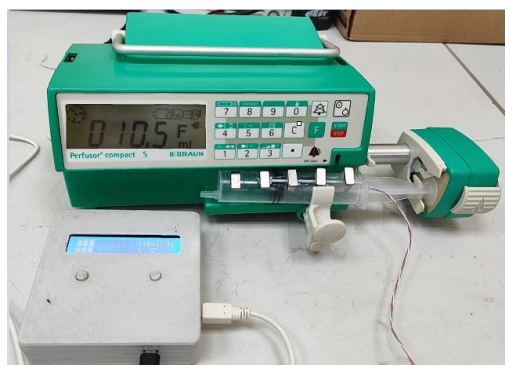
Компоненты анализатора расположены в пластиковом корпусе. Это обеспечивает жесткость конструкции, защиту от внешних воздействий при минимальной массе. В корпусе предусмотрены вырезы под дисплей и кнопки. Для реализации вентиляции по периметру корпуса предусмотрены отверстия диаметром 0,8 мм. Толщина всех стенок принята равной 1,5 мм. Крепление крышки к основанию корпуса осуществляется винтами. На электронном шприце установлено по пять неодимовых магнитов призматической формы. Датчик Холла приклеивается на шток. К его выводам припаивается провод, на конце которого находится разъем USB mini. Выводы изолируются термоусадочной трубкой. Для проведения испытаний изготовлен опытный образец анализатора. Корпус блока управления распечатан на 3Д принтере. Использован блок питания 5В и кабель для передачи данных на ПК. Общий вид устройства после сборки показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Общий вид опытного образца анализатора

Устройство подключалось к ПК через соответствующий разъем блока. После его включения, производилась проверка работоспособности программы микроконтроллера. Для этого по очереди к блоку подключались электронные шприцы различного объема. Шток каждого шприца перемещался для контроля значения выходного напряжения. При этом использовалось программное обеспечение Arduino IDE. С его помощью форму сигнала и его изменение во времени можно было отслеживать в мониторе порта приложения.

Для шприцев объемом 5, 10, 20 и 50 мл с помощью анализатора производился контроль функционирования двух инфузионных насосов по величине расхода препарата. Первый, прошедший поверку и калибровку (рисунок 4, а), второй – с нарушением функционирования по данным поверки (рисунок 4, б).



а)

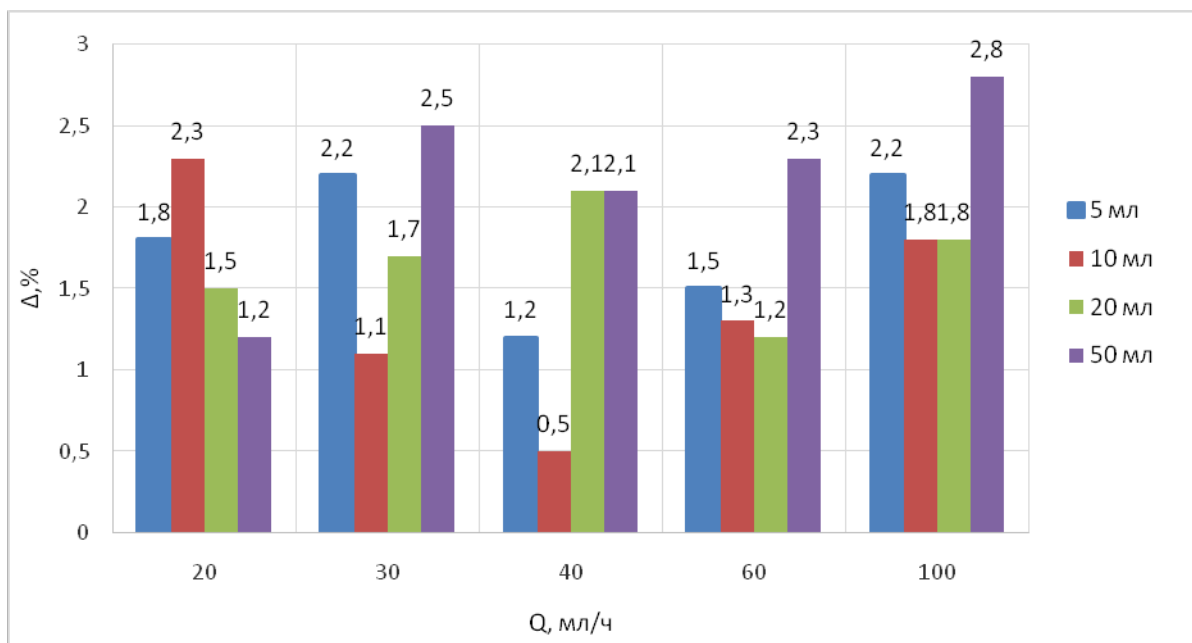


б)

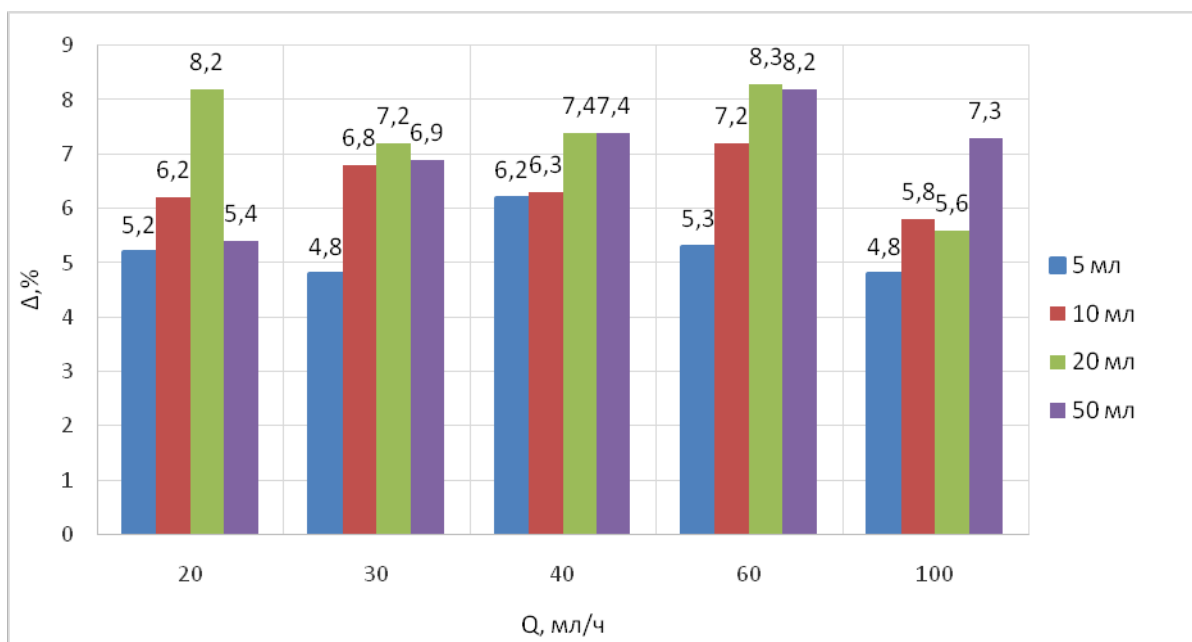
Рисунок 4 – Инфузионные насосы: а - Perfusor compact S; б - Perfusor Space;

Значение расхода задавалось в диапазоне $20 \div 100$ мл/ч. В качестве жидкости в шприцах при испытаниях находилась вода.

Результаты испытаний обработаны согласно общепринятым методам теории вероятности и математической статистики. При расчете относительной погрешности за действительное значение были приняты показания насоса, а за реальные, заложенные в анализатор. Для наглядности экспериментальные данные представлены в виде графиков (рисунок 5).



а)



б)

Рисунок 5 – Результаты испытаний анализатора при работе инфузионного насоса: а - откалиброванного; б – не откалиброванного;

Результаты проведенных испытаний показали работоспособность разработанного анализатора. Значения расхода для поверенного насоса практически совпадают со значениями, выдаваемыми анализатором. Для второго насоса наблюдается значительное расхождение показателей. Таким образом, разработанное устройство можно использовать для контроля основных параметров инфузионных насосов. Целью дальнейших исследований является оптимизация конструкции

Список литературы

1. Павленко О. А., Пшеничная Е. А. Разработка устройства контроля основных параметров инфузионных насосов // Молодой исследователь Дона. 2023. №3 (42). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-ustroystva-kontrolya-osnovnyh-parametrov-infuzionnyh-nasosov> (дата обращения: 23.05.2025).
2. Устройства для определения основных характеристик инфузионного насоса....
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50050975>
3. Павленко О. А. диссертация магистра 2024г
4. Микроконтроллер ATmega 328p
<https://amperka.ru/product/avratmega328?srsId=AfmBOooxqO9G1KpbvP3l3Ucye9K6vduw3eYFbRX7movFPxtNhDTISWF>
- 5
5. Дисплей 1602 LCD <https://iarduino.ru/shop/displays/lcd1602-lcd-blue-golubayapodsvetka-16x2-1602.html>
6. Датчик Холла 49e <https://www.chipdip.ru/product/ss49e>
7. Разработка устройства контроля точности работы инфузионных насосов
...<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54015469>
8. Контроль основных параметров инфузионных насосов
...<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=59410657>

Об авторах:

Дьяченко Юлия Николаевна, студентка кафедры приборостроения и биомедицинской инженерии Донского государственного технического университета (344003, РФ. г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), vanessr1@gmail.com

Воротников Роман Дмитриевич, магистрант кафедры приборостроения и биомедицинской инженерии Донского государственного технического университета (344003, РФ. г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), +7 951 824-92-58