

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение  
«Башкирский лицей-интернат №3» городского округа  
город Стерлитамак Республики Башкортостан

**ВСЕРОСИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
2023/2024 УЧЕБНЫЙ ГОД**

Региональный этап

Предметная область: Робототехника

**Тема проекта: Разработка конструкции и программного обеспечения  
модулей масштабируемого автоматического поддержания условий в  
теплицах**

Ф.И.О. Юсупов Эрик  
Рустамович  
Класс: 11

Руководители:  
Казнабаев Ильдар  
Гильфанович,  
учитель физики МАОУ  
"БЛИИ№3" ГО г. Стерлитамак  
РБ

Арасланов Марсель  
Минигафурович,  
педагог дополнительного  
образования МАУ ДО  
"ЦЮДТТ " ГО г.  
Стерлитамак РБ

Стерлитамак - 2024



## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1 АНАЛИЗ ИЗВЕСТНЫХ ТЕПЛИЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ.....	5
2. ИДЕИ И КОНЦЕПТ ПРОЕКТА .....	6
2.1 Формулировка технического задания .....	7
3 ПОДБОР МАТЕРИАЛОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ .....	8
4 АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЯ ТЕПЛИЦЫ .....	9
4.1 Нюансы (аппаратные).....	9
5 ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ .....	11
5.1 Особенности программной реализации .....	11
6 РАЗВИТИЕ ПРОЕКТА .....	13
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	14
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	15
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	16

## **ВВЕДЕНИЕ**

Для наиболее эффективного выращивания культурных растений помимо теплиц, которые исключают неблагоприятные факторы, такие как ветер, перепады температуры и наличие вредителей, используются системы автоматизированного контроля микроклимата в теплицах.

Автоматические системы способны с высокой точностью поддерживать заданные условия и предоставлять централизованное управление большой областью, что даёт прирост к количеству и качеству получаемой продукции.

Основной проблемой автоматических систем управления является ограниченность в размерах контролируемой области, а в случае, когда рядом находится большое количество культур с разным режимом полива вынуждает выбрать наиболее подходящий для всех режим. Данная проблема связана с заранее определённым количеством управляемой нагрузки и может быть решена установкой ещё одной такой системы в нужном месте, однако данный подход не лишён недостатков и может создать дополнительные трудности в управлении хозяйством.

Наиболее правильным решением проблемы является создание масштабируемой системы с унифицированными модулями, способными работать независимо друг от друга под управлением одного центра управления. Данный подход позволит обеспечить необходимыми условиями все культуры, а также сможет покрыть область большой площади.

**Целью** проекта является разработка модулей для масштабируемого автоматического поддержания условий в теплицах (далее ММАПУТ / модулей МАПУТ), способа организации связи между ними.

### **Этапы реализации:**

- 1) Изучить аналогичные решения
- 2) Освоить технологии проектирования.
- 3) Освоить алгоритмы связи между устройствами.
- 4) Проанализировать готовое(ые) решение(я): преимущества и недостатки.

- 5) По разработанному концепту изготовить демонстрационную версию устройства и базовой программы для демонстрации возможностей устройства.
- 6) Проанализировать недостатки и ошибки.
- 7) Сделать выводы и поставить задачи для последующего развития проекта.

## **1 АНАЛИЗ ИЗВЕСТНЫХ ТЕПЛИЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

На данный момент мы можем встретить готовые решения по автоматизации теплиц как промышленного уровня, так и для небольших хозяйств и любителей.

Одним из известных комплексов автоматизации является комплект автоматизации “УМНИЦА”, предоставляющий не только обширный набор датчиков и возможность расширения, но и возможность централизованного управления.

Главным минусом представленной продукции является ограниченность расширения: к главному устройству вы не сможете подключить более одной платы расширения, а высокая стоимость главных модулей (от 9800р до 15800р на февраль 24го года) может стать проблемой для теплиц, где могут потребоваться десятки подобных устройств.

Централизация управления реализована по средствам сети wifi, что может потребовать размещения нескольких роутеров (или более сложного массива, если вы планируете подключить сотни модулей). (Стоит заметить, что после настройки модули могут работать и без этого, однако это исключает возможность контроля данных и режимов в реальном времени).

Особое место нужно уделить проблемам с подведением воды для полива. В небольших масштабах можно запросто увеличить давление, однако в конечном итоге рано или поздно вам придётся следить за максимальным количеством открытых клапанов, чтобы везде полив был равномерным. Таким образом модули обязательно должны быть соединены в единую цепь и желательно проводом (это гарантирует высокую скорость и бесперебойную работу).

Основными параметрами внутри теплицы можно счесть: влажность, температуру, влажность почвы, концентрация углекислого газа, а также освещённость. Проектируемые модули должны охватывать как можно более обширный спектр параметров, при этом эти параметры не должны быть излишними, чтобы избежать напрасного повышения стоимости.

## 2. ИДЕИ И КОНЦЕПТ ПРОЕКТА

Один модуль МАПУТ будет включать:

- 1) Датчик газов в лице ENS160 (индекс качества воздуха, углекислый газ и органические соединения)
- 2) Датчик влажности и температуры АНТ2х.
- 3) Два ёмкостных датчика влажности почвы.
- 4) Две кнопки для реализации дополнительного функционала (при необходимости).
- 5) Два клапана для подачи.
- 6) Светодиод для реализации дополнительного функционала.
- 7) Светодиод для индикации данных.
- 8) Динамик для индикации инициализации и реализации дополнительного функционала.
- 9) Датчик тока INA219.

Основные датчики помогут контролировать параметры. Датчик тока обеспечит контроль за исправностью клапанов, а дополнительные устройства позволят реализовать дополнительный функционал в случае необходимости без вмешательства в конструкцию.

В качестве основного контроллера ММАПУТ Arduino pro mini, обладающая сравнительно небольшими стоимостью и размером.

Клапана будут располагаться в вытянутом корпусе устройства, чтобы упростить их крепление и подключение. Модуль будет иметь два порта для входа и выхода данных, чтобы их можно было соединять последовательно. Модули будут иметь личные id и id модели, что позволит внутри сети управлять каждым модулем отдельно и иметь модули с разным набором датчиков и обвязки внутри одной сети (например, для коммутирования освещения или особых случаев).

Модули смогут питаться от одной шины данных или от индивидуального источника (если для обвязки требуется напряжение отличное от основного)

благодаря преобразователям внутри, общение будет производиться по проводу. В качестве главного модуля сможет быть задействован любой ноутбук или ПК.

## **2.1 Формулировка технического задания**

- 1) Для проекта:
  - a) Разработать электрическую схему.
  - b) Разработать и изготовить печатную плату.
  - c) Для платы и клапанов спроектировать корпус.
  - d) Изготовить черновую версию корпуса с использованием
- 2) САПР.
  - a) Изготовить черновую версию корпуса с использованием технологии 3d печати.
  - b) Разработать алгоритм общения для модулей.
  - c) Разработать код для usb переходника от модуля к ПК.
  - d) Разработать софт для ПК, для демонстрации базовых возможностей.
  - e) Провести анализ стоимости и протестировать устройство.

Изготовление макета позволит заранее подметить важные аспекты и выявить недостатки.



### 3 ПОДБОР МАТЕРИАЛОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Плата будет изготовлена на фольгированном стеклотекстолите методом ЛУТ\*, а корпус распечатан на самодельном принтере с кинематикой coreXY.

Для проектирования схемы воспользуемся программой KiCad: скачаем необходимые библиотеки и составим схему по списку имеющихся компонентов.

Для проектирования корпуса воспользуемся КОМПАС-3д, для избежания проблем вследствие усадки ABS пластика сделаем поправку размеров на усадку вручную.

В качестве материала корпуса выбран ABS: он может быть обработан химически, имеет высокую износостойкость и неприхотлив. Имеет значительную усадку по сравнению с другими вариантами, но это не вызовет сложностей при грамотном расчёте

Мосфеты IRFZ44 следует расположить в стороне клапанов, чтобы сделать силовые кабели как можно короче, а порты для соединения напротив – поближе к контроллеру.

После того как схема готова разводим чертёж печатной платы в том же редакторе и печатаем в отзеркаленном виде для последующего переноса.

(Шелкографию при проектировании нужно заранее отзеркалить, что я и забыл сделать :3 не повторяйте моих ошибок)

\*ЛУТ (Лазерно-Утюжная Технология) – способ производства печатных плат в домашних условиях, значительно хуже промышленных методов, но при должном умении можно достичь идеального результата.

## 4 АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЯ ТЕПЛИЦЫ

Разводим схему в программе KiCad (результат см. «изображение\_1»): питание микроконтроллеров должно поступать через понижающий dc-dc преобразователь. Питание проходит от первого разъёма ко второму, обеспечивая не только питание нагрузки в виде клапанов, но и общую землю для передачи данных.

После того как схема готова в той же программе на основе цоколёвок элементов и их чертежей проектируем печатную плату (см. «изображение\_2») и с помощью ЛУТ изготавливаем печатную плату методом травления в хлорном железе (результат см. «изображение\_3»).

Проектируем корпус в программе КОМПАС (чертежи см. «изображение\_4») и отправляем его в печать (крышка представляет из себя два параллелепипеда на основе размеров корпуса).

Плату керним и сверлим (в том числе и крепёжные отверстия), после чего припаиваем компоненты, согласно схеме и собираем устройство в корпус и наносим временные надписи для удобства в отладке кода.

К контроллеру припаиваем временный разъём для прошивки. Помимо модуля изготавливаем usb конвертор для общения с ПК, представляющий из себя Arduino с одним портом для подключения к модулю. К нему изготавливаем провод для соединения с модулем из 4х проводов: TX, RX, GND, +12V.

### 4.1 Нюансы (аппаратные)

Во время этапов проектирования были выявлены следующие нюансы:

а) Китайский USBasp программатор периодически портит рабочие микроконтроллеры (выявлено слишком поздно, поэтому в демоверсии модуля вместо Arduino pro mini навесным монтажом припаяна Arduino nano).

б) Датчики и нагрузки на портах микроконтроллера мешают прошивке через программатор, следует учитывать это при проектировании последующих версий.

с) Мосфеты коммутируют землю, из-за чего если использовать общий радиатор есть риск замкнуть их стоки (это приведёт к одновременному открытию двух клапанов), следует коммутировать питание (в данной ситуации при токе до 400ма, потребляемом клапаном, силовые узлы не нагреваются даже без радиаторов).

д) Рекомендуется делать разъёмы дальше от винтов крепления, они мешают удобной работе с крепежом.

е) Рекомендуется переработать корпус для создания влагозащищённого отсека под компоненты и дополнительных портов для выноса датчиков на длинном проводе).

Таблица 1 -

Наименование	Количество, шт	Стоимость, руб
Arduino pro mini	1	190
Преобразователь DC-DC step	1	48
Датчик тока INA219	1	73
Сенсорная кнопка TTP223	2	9
Датчик газа, влажности, температуры ENS160 + АНТ21	1	366
Датчик Moisture sensor	2	180
Клапан Solenoid2 valve	2	420
Коннектор	4	120
Резистор	4	20
Mosfet IRFZZ44	2	35,4
Текстолит и расходники	-	220
ИТОГО		1681,4 (+ 337 р. на usb конвертор)

## 5 ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Для модулей напишем базовый алгоритм общения по UART со своим набором управляющих команд (см. файл из репозитория «arduino\module\_3S2N22\_v0\module\_3S2N22\_v0.ino»).

Создадим два serial используя библиотеку SoftSerial и структуру Package для обмена ей в байтовом формате. Вес структуры составит 12 байт, при скорости 9600 бод это 1200 (на практике 400-900 в зависимости от сложности) команд в секунду, а так как индексы устройств мы храним в виде без знакового целого числа мы имеем возможность подключить до 64х тысяч модулей в цепь для опроса с периодичностью раз в 5-6 минут (можно использовать long, тогда размер пакета вырастет до 16 байт, а максимальное количество модулей станет недостижимо велико).

Далее в структуре case switch обрабатываем команды и вернём ответ.

Для переходника напишем код (см. файл из репозитория «arduino\ttl\_com\ttl\_com.ino»), который конвертирует пакеты в удобный формат и отправит ПК, реализуем и обратный функционал. Конвертирование в строку оказалось необходимым (подробнее см. «нюансы (программные)»).

Далее напишем базовый интерфейс на PyQt5 и логику работы для демонстрации работоспособности алгоритма (код см. в репозитории «python/»).

### 5.1 Особенности программной реализации

Во время написания кода выявлены следующие особенности:

а) Arduino аппаратно поддерживает только один UART, поэтому могут возникнуть проблемы в приёме данных, однако, если отказаться от функций listen(), можно избежать этой проблемы и обеспечить стабильную работу.

b) Из-за разности в размере типов переменных struct не способен расшифровать нашу структуру из питона, поэтому принято решение на уровне переходника конвертировать пакеты в строки, склеенные через разделитель «#». Данный подход расходует производительность на конвертацию, однако не так много, чтобы пропустить новый пакет.

c) В исключительных случаях ответ от контроллера может не прийти, поэтому необходимо учитывать это в коде и не использовать блокирующее ожидание.

d) Светодиод нагрузки и динамик делят последний оставшийся ШИМ, включение двух одновременно невозможно.

## **6 РАЗВИТИЕ ПРОЕКТА**

В следующей версии планируется:

- a) Использовать чип STM32 имеющий 3 физических UART интерфейса.
- b) Реализовать дополнительные команды для получения состояний нагрузок.
- c) Реализовать софт для автоматизации всей системы и контроля всех параметров.
- d) Реализовать возможность подключения большего числа нагрузок и датчиков к одному модулю.
- e) Добавить возможность замены нагрузок (например: клапана на вентили или насосы)
- f) Провести тестирование на макете с растениями для демонстрации важности определённых параметров.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Несмотря на сжатые сроки проектирования и сложности, с которыми пришлось столкнуться (включая то, что прислали не те клапана), демоверсия устройства готова и успешно справляется с тестированием задумки.

В дальнейшем в качестве главного модуля может быть использован нетбук с Авито, стоимостью 500-2000р, на котором будет запущена программа, контролирующая режимы и связывающаяся с сервером для полноценного контроля.

Масштабируемый подход позволит легко управлять как облостями, так и целыми теплицами и даст возможность улучшать систему в любое время без сложных манипуляций.

Таким образом после переработки выявленных недостатков и исправления ошибок подобная модульная конструкция сможет стать новым толчком в развитии систем управления теплицами.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Комплект автоматизации УМНИЦА. <https://umnica.pro/>
- 2 Руководство по САПР Компас.  
[https://oplk.ucoz.com/Kompas/Books/Rukovodstvo/Kompas\\_Guide1.pdf?ysclid=lsrvgg2gz7492811182](https://oplk.ucoz.com/Kompas/Books/Rukovodstvo/Kompas_Guide1.pdf?ysclid=lsrvgg2gz7492811182)
- 3 Руководство по kiCAD. <https://docs.kicad.org/>
- 4 Arduino IDE. <https://docs.arduino.cc/>
- 5 C++ Programming Language. <https://devdocs.io/cpp/>
- 6 Python Documentations. <https://www.python.org/doc/>
- 7 Руководство по PyQt5. <https://pythonist.ru/rukovodstvo-po-pyqt5/?ysclid=lsrvir8f5k443929377>
- 8 Личная библиотека по электронике и сайт Арасланова М.М.. <https://m-elek.h1n.ru/>



## ПРИЛОЖЕНИЕ А

:



Рисунок А.1 - Репозиторий проекта

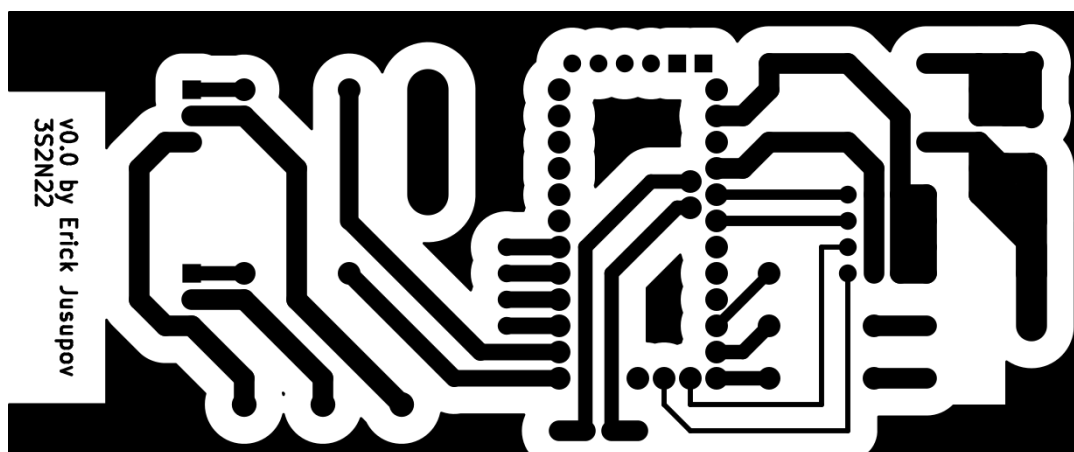


Рисунок А.2 - Чертёж печатной платы



Рисунок А.2 - Печатная плата

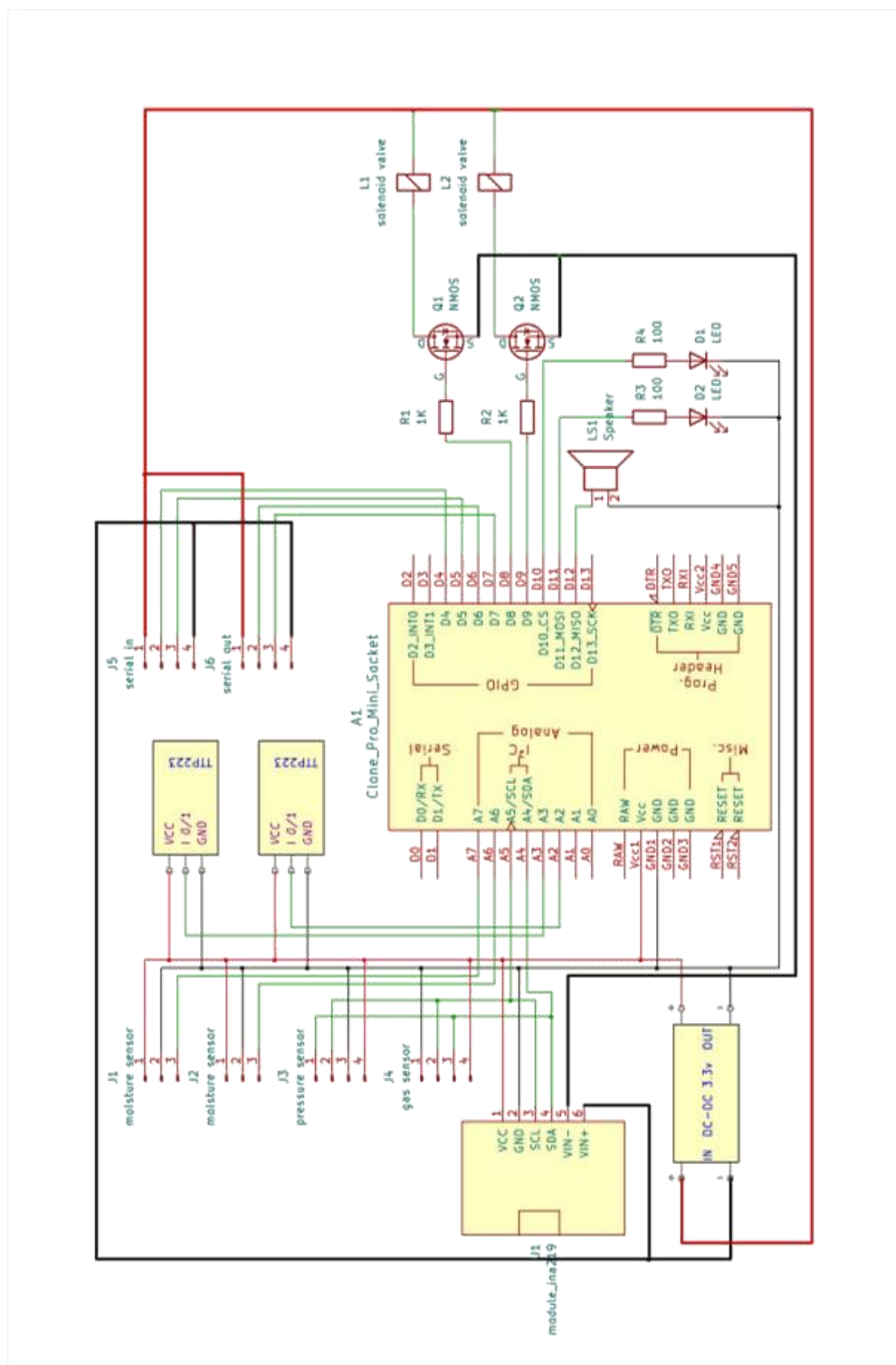


Рисунок А.4 - Принципиальная схема



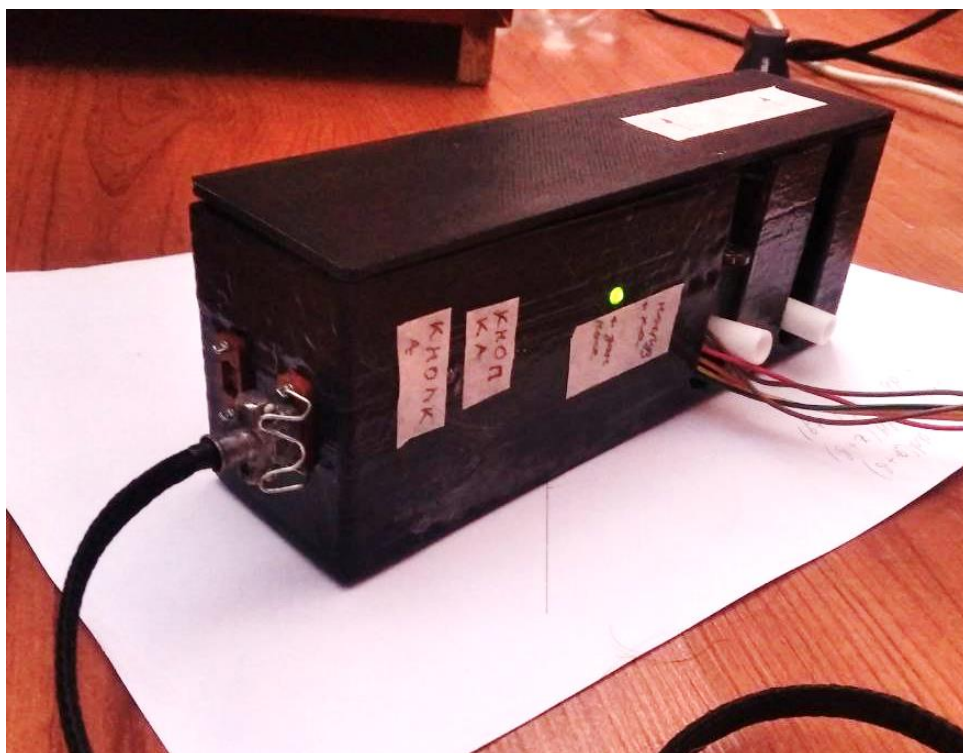


Рисунок А.6 - Внешний вид модуля

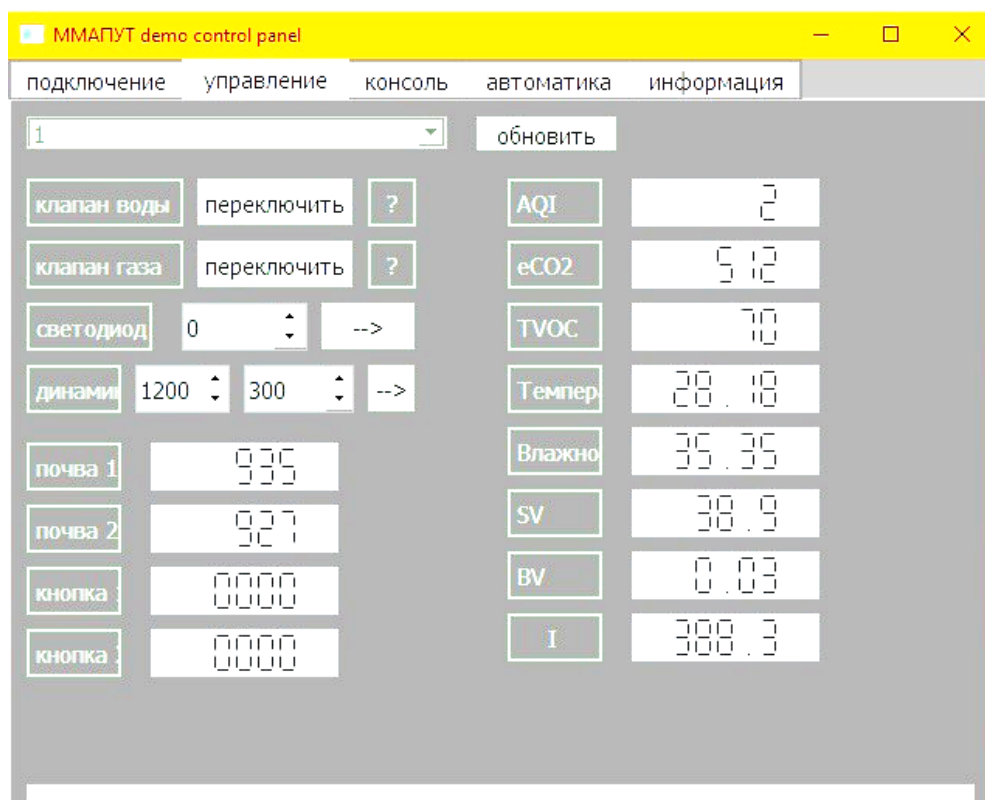


Рисунок А.7 - Панель управления