

**ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ»
ПО ПРОФИЛЮ «ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО»**

--

регистрационный номер

Секция: Химические технологии

Разработка комплекса мониторинга экологической обстановки водных объектов, находящихся под угрозой загрязнения предприятиями химической промышленности.

Автор:

Хворов Андрей Вячеславович

ГБОУ Школа г. Москвы №1517 11«И» класс

Научный руководитель:

Смирнов Иван Алексеевич

ФГУП ЦНИИХМ

Научный сотрудник

*подпись научного
руководителя*

Москва - 2024

АННОТАЦИЯ

Объект исследования – экологическая обстановка водных объектов. Предмет исследования - мониторинг экологической обстановки водных объектов, находящихся под угрозой загрязнения предприятиями химической промышленности.

Цель проекта - разработка комплекса мониторинга экологической обстановки водных объектов, находящихся под угрозой загрязнения предприятиями химической промышленности.

В ходе работы было проведено исследование, в ходе которого был определен набор необходимых для измерения основных показателей воды датчиков, а именно: температура, давления, содержания метана в воздухе, электропроводности воды, кислотности, влажности, подобраны компоненты для передачи данных и питания устройства. Основываясь на наборе всех электронных элементов устройства, была составлена общая компоновочная схема их размещения, а также создан прототип погружного модуля проекта. Для моделирования схемы компонентов были использованы программы EasyEDA и Fritzing.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция: Химические технологии	0
Автор:	
.....	
.....	
.....Хворов Андрей Вячеславович	
.....	0
Москва - 2024	1
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Научно – исследовательская часть.....	6
1.1 Обзор и классификация.....	6

1.2	Классификация задач, выполняемых аппаратами мониторинга водной среды	6
1.3	Разработка программно-аппаратного комплекса	8
1.3.1	Выбор основного вычислительного элемента блока управления комплекса.....	10
1.3.2	Выбор датчиков для снятия показаний	11
2.	Создание электронной схемы устройства	13
2.1	Внешний модуль	Ошибка! Закладка не определена.
2.2	Погружной модуль.....	Ошибка! Закладка не определена.
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	17
	Список использованной литературы.....	19

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день экологическая обстановка в мире стремительно ухудшается, что подробно освещено в работах [1], [2]. В том числе, на сегодняшний день наблюдается значительное загрязнение гидросферы Земли.

Так, информация об усугублении состояния мировой акватории предоставляется многочисленными отчетами и исследованиями таких учреждений как ВОЗ или программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП)[3]. Согласно независимым источникам, основными источниками загрязнения выступают: сточные воды, твердые бытовые отходы, утечка нефти, сбрасываемые отходы тепловых и атомных электростанций и загрязнения других происхождений, которые трудно определить, это могут быть несанкционированные вредные выбросы заводов или следствие проведения сельхозработ. Опасность промышленных и бытовых стоков состоит в том, что, попадая в воду, они образуют новые соединения, влияние на организм которых еще не известно. Из-за активного развития промышленности и сельского хозяйства (по данным Росстата индекса промышленного производства в России возрос приблизительно на 31% в период с 2000 по 2016, а сельского хозяйства – на 35% в период с 2000-2015), многие водоемы загрязняются их отходами [4], что сильно вредит всей местной экосистеме: погибает множество микроорганизмов, что может привести к гибели более крупных зверей. Более того, наше здоровье напрямую зависит от качества воды, ведь наш организм состоит более чем на 70% из воды. В связи с этим становится актуальной проблема мониторинга водных объектов.

Целью проекта является разработка электронных систем программно-аппаратного комплекса мониторинга экологической обстановки водных объектов, находящихся под угрозой загрязнения предприятиями химической промышленности.

Достижение поставленной цели будет осуществлено посредством выполнения следующих задач:

1. На основе различных источников информации провести анализ аналогичных устройств;
2. В соответствии с предъявляемыми устройству задачами определить необходимый набор электронных компонентов;
3. Скомпоновать выбранные компоненты и создать электронную схему устройства;
4. На основе проделанной работы создать работающий прототип и провести натурные и полунатурные испытания;
5. Проработать ошибки прототипа, и на его основе разработать полностью работающий экземпляр устройства.

1. Научно – исследовательская часть

1.1 Обзор и классификация

На сегодняшний день существуют две основные категории систем гидрологического мониторинга: профилографы, оснащенные системой измерения глубины и, как следствие, способные строить графики зависимости различных показателей качества воды от глубины погружения, и аппараты, не способные измерять глубину. Однако большая часть таких аппаратов обладает слишком узкой специализацией для проведения комплексного анализа состояния водоема. Исходя из этого было принято решения создать аппарат, который смог бы сочетать преимущество обеих категорий систем гидрологического мониторинга.

1.2 Классификация задач, выполняемых аппаратами мониторинга водной среды

Указанные ранее комплексы предназначены для выполнения широкого спектра работ в внутренних водах, морских, прибрежных и открытых акваториях и применяются для гидрофизического и экологического мониторинга.

Исследовательские работы с их применением проводятся намного быстрее и качественнее ввиду уменьшения влияния человеческого фактора.

Для того, чтобы определиться с набором необходимых для аппарата датчиков, стоит подробнее ознакомиться с основными источниками загрязнения:

- 1) Различные неорганические соединения. Основными неорганическими (минеральными) загрязнителями пресных и морских вод являются различные химические соединения, токсичные для обитателей водной среды и человека. Это соединения мышьяка, свинца, кадмия, ртути и так далее. Для определения концентрации растворенности неорганических веществ используют датчики электропроводности. Чистая вода без примесей является очень слабым электролитом, однако при растворении в ней неорганических соединений те

диссоциируют, распадаясь при этом на заряженные частицы ионы. Ионы же являются носителями электрического заряда, вследствие чего повышается электропроводность воды. Именно такие изменения электропроводности воды относительно нормы и измеряют датчики

TDS (total dissolved solids).

2) Органические кислоты. Большое содержание органических кислот наблюдается в болотной местности, к примеру, гуминовые и гумусовые кислоты, чья доля в органической части торфа может составлять от 20 до 70 процентов. Органические соединения являются слабыми электролитами, из-за чего TDS-метры не всегда могут их распознать. Для определения кислотности среды используют pH – метры. Принцип их работы основан на разности потенциалов, которая образуется между его электродами в изучаемой среде, так как она пропорциональна уровню кислотности среды.

3) Тепловое загрязнение. Обычно такое загрязнение связано с использованием природных вод в качестве охлаждающих агентов в промышленных процессах, например на электростанциях. Вода, возвращаемая в водоемы предприятиями, теплее исходной и, следовательно, содержит меньше растворенного кислорода. Одновременно нагревание среды увеличивает интенсивность метаболизма её обитателей, а, значит, их потребность в кислороде. Если температура сбрасываемой воды незначительно отличается от температуры воды в водоеме, то никаких изменений биотического компонента экосистемы может не произойти. Если же температура повышается существенно, то в биоте могут произойти серьёзные изменения. Например, для проходных рыб типа лосося бедные кислородом участки рек становятся непреодолимыми препятствиями, и связь этих видов с нерестилищами прерывается. Поэтому для определения такого вида загрязнения было принято решение установить герметичный термометр.

4) Парниковые газы. Загрязнение ими водоемов происходит преимущественно при разложении органических соединений. При

ферментативном гидролизе под действием аммонифицирующих микроорганизмов азотсодержащие соединения, такие как белки или аминокислоты, разлагаются на углекислый газ, являющийся одним из основных парниковых газов, ядовитые для человека аммиак и сероводород, ароматические соединения и трупные яды. Парниковые газы несут большую угрозу нашей планете: нагретая ультрафиолетовым излучением Солнца поверхность Земли создает тепловое инфракрасное излучение с длиной волны в диапазоне от 7,8 до 28 мкм, и при нормальных условиях такое излучение не задерживается в атмосфере и уходит в космос, однако многоатомные газы непрозрачны для такого излучения, вследствие чего температура Земли только продолжает расти. Такой эффект называют парниковым. Для отслеживания процессов разложения органики было решено установить на аппарате датчик, способный фиксировать наличие газов органического происхождения.

Для определения глубины погружения аппарата был выбран барометрический датчик. Расчет давления столба жидкости производится по формуле $P = \rho gh$, где P – это давление столба жидкости, ρ – ее плотность, g – ускорение свободного падения, а h – высота столба жидкости. В природных водоемах такая функция позволит составлять графики зависимости параметров воды от глубины погружения, благодаря чему можно точнее определить местоположение источника загрязнения. В искусственных водоемах, например колодцах, помимо вышеуказанной функции можно будет определять степень его заполненности водой.

1.3 Разработка программно-аппаратного комплекса

Устройство будет разделено на 2 основные части – погружной и внешний модули. Задачей погружного модуля будет являться измерение показателей качества воды, когда как внешний будет собирать данные об атмосферных показателях, влияющих на воду, обеспечивать передачу данных и питание

системы. Аппаратная часть ПАК представлена блоком электроники, который должен включать в себя следующие компоненты:

- микроконтроллеры на каждом из модулей для снятия показаний с датчиков, отправки данных на устройство оператора;
- соединительного кабеля;
- датчики для снятия показаний на обеих частях.

Принцип действия устройства будет представлен на рисунках 3 и 4:

Принцип работы устройства в природных водоемах

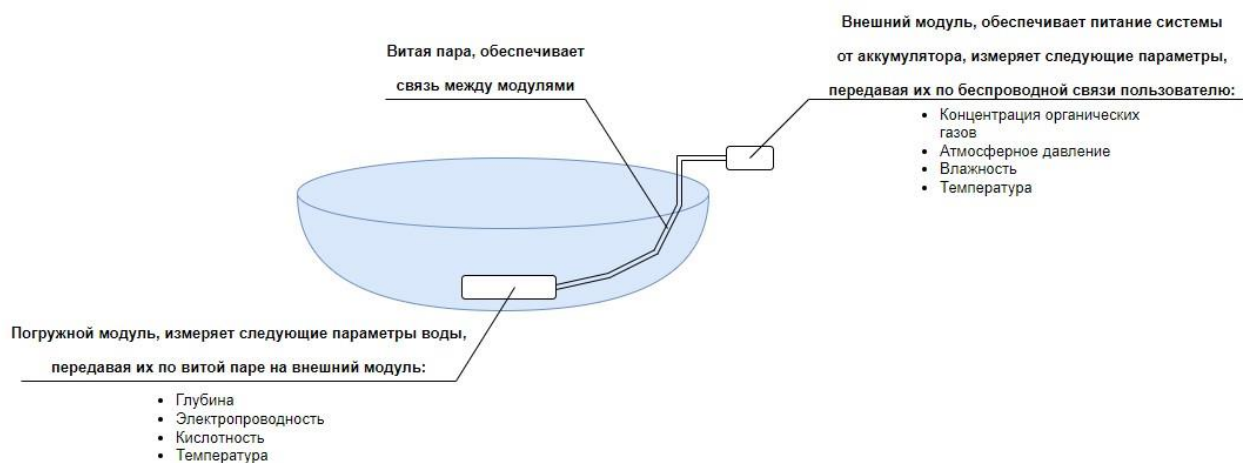


Рисунок 3 – принцип работы устройства в природных водоемах.

Принцип работы устройства в колодцах

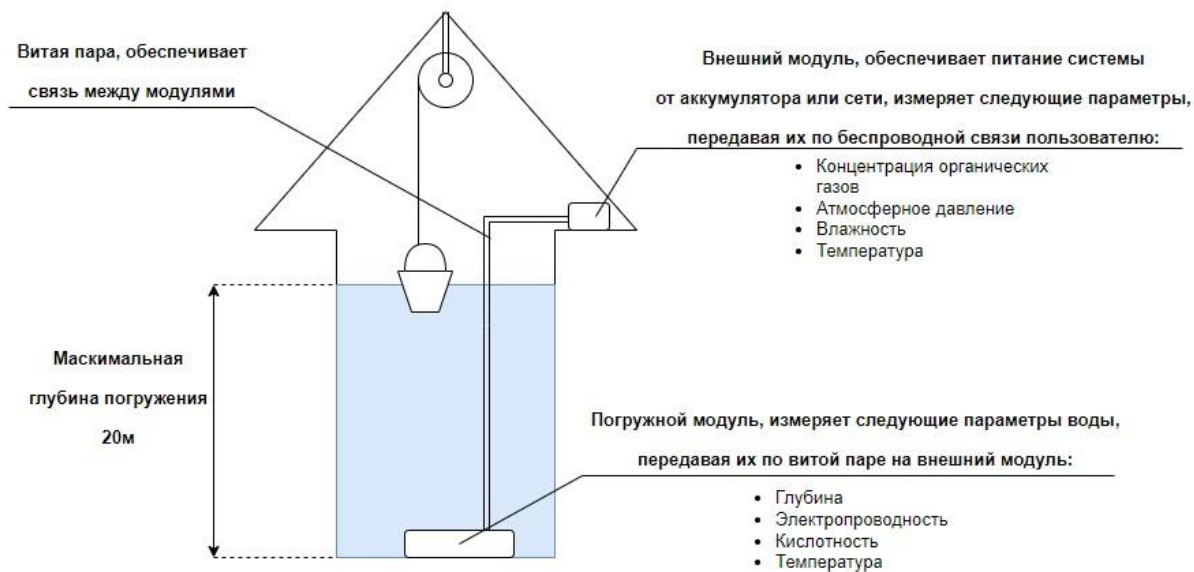


Рисунок 4 -принцип работы устройства в колодцах.

Рассмотрим каждый компонент отдельно.

1.3.1 Выбор основного вычислительного элемента блока управления комплекса

К основному вычислительному элементу блока управления предъявляются следующие требования:

- поддержка последовательного соединения;
 - цифровые входы/выходы;
 - аналоговые входы;
 - небольшой размер;
 - невысокая стоимость;
- поддержка беспроводного соединения с устройством пользователя

Опираясь на дешевизну и уникальность в нише дешевых микроконтроллеров, обладающих возможностью беспроводного соединения

семейства микроконтроллеров ESP было решено использовать самый дешёвый и компактный из них – ESP32 S2 mini

Так как устройство будет разделено на 2 части – погружной и внешний, то для обеспечения связи между ними будут использоваться соединенные витой парой модули RS485, осуществляющим связь по протоколу UART с целью обеспечить четкий сигнал на глубине в 20 метров.

Таким образом, основным вычислительным элементом блока управления аппарата являются две платы ESP32 S2 и подключенные к нему модули связи RS485.

1.3.2 Выбор датчиков для снятия показаний

Аппарат должен отслеживать данные параметры внешней среды:

- pH;
- соленость и электропроводимость;
- температура воды;
- выделение органических газов;
- глубина.

После изучения рынка были выбраны следующие датчики:

- герметичный датчик давления (Рисунок 5);
- датчик концентрации солей на основе микросхемы LMC555 (Рисунок 6);
- датчик горючих газов MQ-5 (Рисунок).
- герметичный датчик температуры воды Dallas(DS)18B20 (Рисунок 8)



Рисунок 5 – Герметичный датчик давления



Рисунок 6 – Датчик концентрации солей на основе микросхемы LMC555



Рисунок 7 – Датчик горючих газов MQ-5



Рисунок 8 - DS18B20

2 Создание электронной схемы устройства.

2.1 Внешний модуль (Рисунок 9).

Внешний модуль устройства в первую очередь предназначен для питания устройства. Для этих целей в конструкцию был добавлен преобразователь напряжения Hi-Link, что позволит питаться устройству как от аккумуляторов, так и от сети.

Для выбора модели Hi-Link был проведен расчет максимально потребляемой аппаратом мощности путем сложения потребляемых датчиками и витой парой мощностей:

$P = UIn$, где P – потребляемая датчиком мощность, U – потребляемое датчиком напряжение, I – ток потребления датчиком, n – количество

датчиков одного типа. Необходимые для расчетов данные были взяты из открытых источников.

$$P(rs-485) = 70\text{мА} * 5\text{В} * 2 = 700\text{мВт}$$

$$P(esp32 s2 mini) = 310\text{мА} * 5\text{В} * 2 = 3100\text{мВт}$$

$$P(mq5) = 160\text{мА} * 5\text{В} = 800\text{мВт}$$

$$P(bme-280) = 3,6 \text{ мкА} * 3,3\text{В} = 0,01188\text{мВт}$$

$$P(tds) = 6\text{мА} * 5\text{В} = 30\text{мВт}$$

$$P(\text{датчик давления}) = 45\text{мА} * 5\text{В} = 225\text{мВт}$$

$$P(ds18b20) = 1,5\text{мА} * 5\text{В} = 7,5\text{мВт}$$

$$P(tp4057) = 500\text{мА} * 5\text{В} = 2500\text{мВт}$$

$$P(ph\text{-метр}) = 25\text{мА} * 5\text{В} = 125\text{мВт}$$

$$P(\text{витой пары}) = UI$$

По закону Ома для участка цепи:

$$I = U/R, \text{ отсюда: } P(\text{витой пары}) = U^2/R_{об} = (5\text{В})^2 / 8,52\text{Ом} \approx 2,934\text{мА}$$

$$\begin{aligned} P_{общее} &= P(rs-485) + P(esp32 s2 mini) + P(mq5) + P(bme-280) + P(tds) + \\ &P(\text{датчик давления}) + P(ds18b20) + P(tp4057) + P(ph\text{-метр}) + P(\text{витой пары}) \\ &= 700\text{мВт} + 3100\text{мВт} + 800\text{мВт} + 0,01188\text{мВт} + 30\text{мВт} + 225\text{мВт} + \\ &7,5\text{мВт} + 2500\text{мВт} + 125\text{мВт} + 2,934\text{мА} = 7490,44588\text{мВт} \text{ или} \\ &7,49044588\text{Вт} \end{aligned}$$

Исходя из найденной потребляемой аппаратом мощности была выбрана модель Hi-Link на 20Вт, а для его предохранения от резких скачков напряжения будет установлен диод, не пропускающий электрический ток по направлению к Hi-Link . Также дабы избежать скачков напряжения в схеме будет использоваться модуль TP 4057. Для передачи данных устройства пользователю будет использоваться микроконтроллер ESP32 S2 mini, в котором предусмотрена связь по Wi-Fi.

Во внешнем модуле устройства будет установлен следующий набор датчиков:

- BME 280, измеряет температуру и влажность воздуха, атмосферное давление.
- MQ5, измеряет концентрацию горючих газов.

Связь между модулями будет обеспечиваться модулем RS 485 и 4-х ядерной витой парой, 2 ядра которой будут передавать данные между модулями, а остальные 2 – питать погружной модуль.

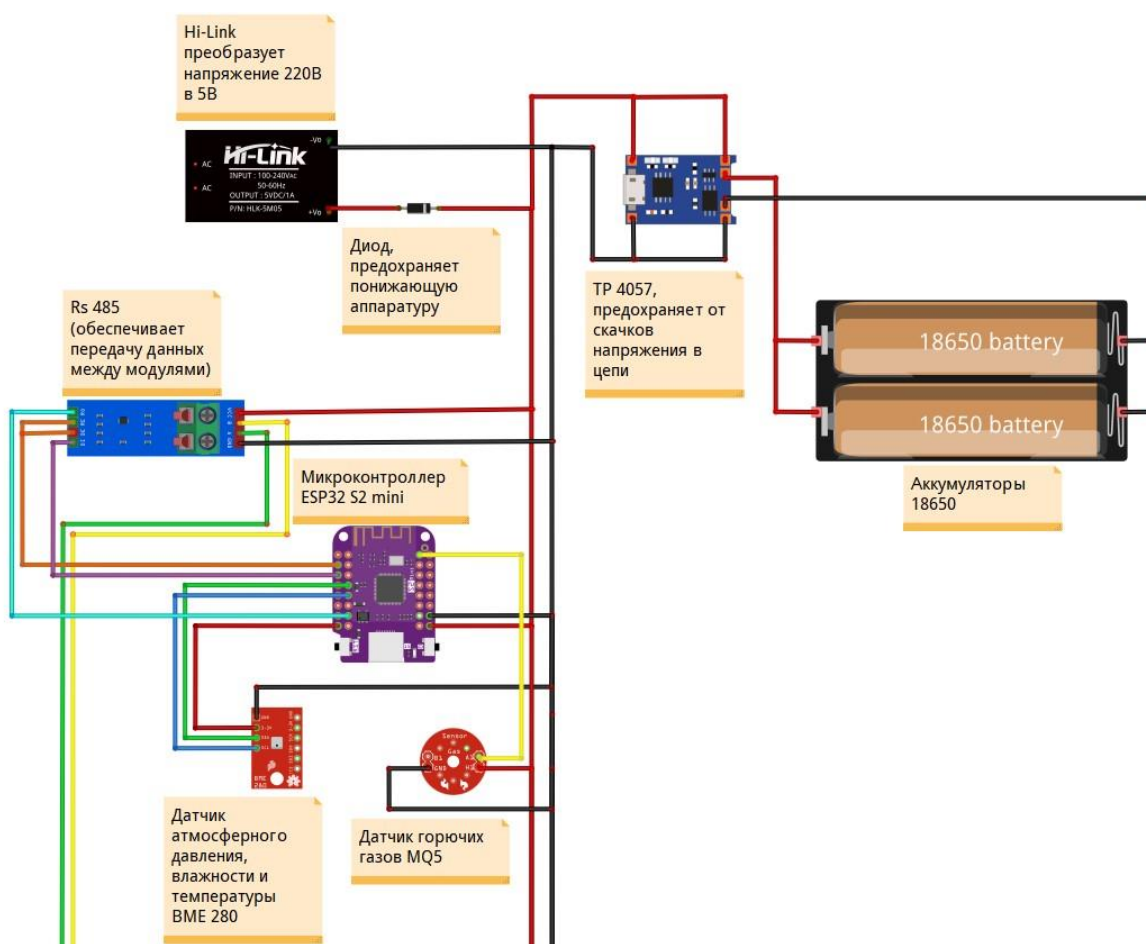


Рисунок 9 – электронная схема внешнего модуля.

2.2 Погружной модуль (Рисунок 10)

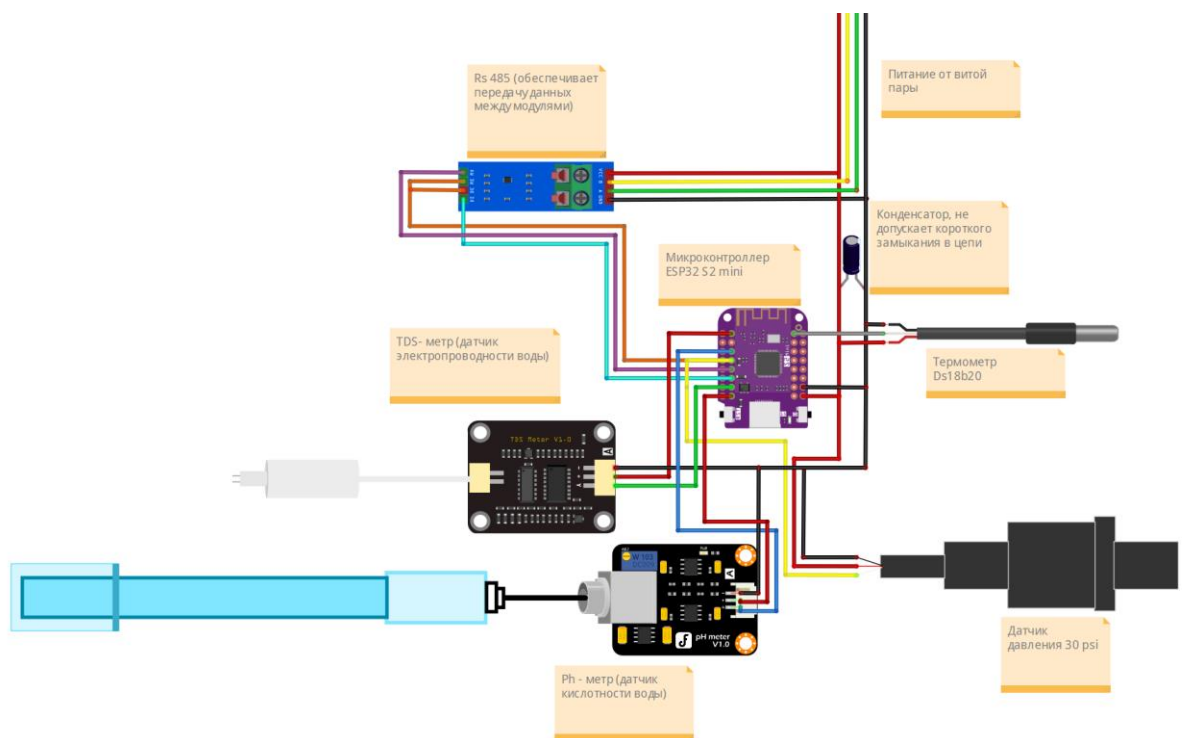
Главная задача погружного модуля – это измерение качества воды.

Для этой цели будет применяться следующий набор датчиков:

- Герметичный термометр Ds18b20
- TDS – метр, измеряет степень минерализации воды
- pH – метр, измеряет кислотность воды
- Герметичный датчик давления, с помощью которого будет определяться глубина, на которой находится устройство.

В качестве микроконтроллера также, как и во внешнем модуле, используется ESP32 S3 mini из-за своих скромных габаритов.

Связь со внешним модулем будет обеспечиваться модулем RS 485, соединенным с таким же модулем во внешнем модуле при помощи витой пары. Конденсатор емкостью 10 мкФ, установленный в схеме, предотвращает резкие скачки напряжения.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы были определены основные тактико-технические характеристики и форм-фактор комплекса:

- глубина погружения до 20 метров;
- беспроводная передача данных;
- осуществления отслеживания параметров внешней среды, таких как температура, минерализация, глубина, выделение органических газов, pH.

В работе также проведён анализ существующих аппаратов, выделены и классифицированы основные типы, определен характер выполняемых задач.

По результатам выполнения проектной работы была составлена черновая схема устройства в программе EasyEDA, а после доработки концепта аппарата чистовая схема была создана в среде Fritzing.

Список использованной литературы

- [1] *Ульянова Н. В.* **Экологическое сознание и экологическая культура, проблемы и перспективы**
- [2] *Мамедов Н. М.* Экологическая проблема и технические науки
- [3] Вторая оценка состояния мирового океана, Публикация Организации Объединенных Наций eISBN: 978-92-1-604011-6
- [4] ВЛИЯНИЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
Жусупова А.К.1, Хамзина С.Р.2