

УДК 556.04 + 681.5

АВТОНОМНЫЙ УРОВНЕМЕР: СБОРКА И ИСПЫТАНИЯ НА РЕКЕ ОРЕДЕЖ

А. А. БАТМАЗОВА ^{1*}, А. С. МИРОНОВ ^{2**}

¹ *Российский государственный гидрометеорологический университет,
Санкт Петербург, Россия*

² *Высшая школа кибернетики и цифровых технологий,
Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия*

В работе представлена апробация автономной системы для измерения уровня воды в водном объекте на основе гидростатического уровнемера. Приведено техническое описание элементов системы, особенности сборки и работы. Описаны процессы запуска и тарировки системы, проведенные на р. Оредеж Ленинградской области. В статье представлены первые результаты работы системы и определены дальнейшие шаги для оптимизации ее работы.

<https://doi.org/10.46991/PYSUC.2026.60.2.177>

Keywords: water level, hydrostatic sensor, autonomous system, Arduino.

Введение. Мониторинг уровня воды в реках и озерах необходим для прогнозирования паводков, управления водными ресурсами и обеспечения безопасности прибрежных территорий. Традиционные методы измерений часто требуют регулярного обслуживания, что ограничивает их применение в удаленных районах.

Альтернативным решением могут выступать бесконтактные и контактные методы. Так, например, в исследовании [1] рассматривается метод измерения уровней воды на основе компьютерного зрения и радиолокационных технологий. Также популярны ультразвуковые датчики, измеряющие расстояние до водной поверхности по времени отражения звукового импульса [2]. К контактными методам можно отнести поплавковые датчики, которые относятся к числу наиболее простых и надежных устройств для измерения уровня жидкости.

В данной работе представлена апробация автономной системы для измерения и регистрации уровня воды, основными элементами которой являются: в качестве функционального устройства – сенсора – гидростатический уровнемер (гидростатический датчик уровня), а в качестве блока управления, сбора и передачи данных – микропроцессорная система. Система позволяет вести непрерывную регистрацию уровня воды с высоким заданным разрешением при минимальном энергопотреблении.

* E-mail: batmazovaa@mail.ru

** E-mail: andrei.s.mironov@yandex.ru

Целью исследования являются разработка и полевая апробация автономной системы измерения и регистрации уровня воды с обоснованием решений по подбору компонентов, корпуса, тарировке, адаптации к полевым условиям и обработке полученных данных.

Аппаратная часть. Реализованная автономная система измерения и регистрации уровня воды включает четыре ключевых узла: система сенсоров, система сбора и передачи данных, система электропитания и несущую конструкцию с элементами защиты.

Рассмотрим основные элементы, входящие в состав *системы сенсоров*. В качестве базового функционального устройства-сенсора используется погружной гидростатический датчик уровня воды Xuyang Starts Electricity QDY30A с диапазоном измерения от 1 до 500 см столба жидкости. Основные характеристики датчика представлены в таблице.

Характеристики гидростатического датчика уровня воды

Характеристика	Значение
Выходной сигнал	0–3,3 В
Питание	DC 3,3–5,0 В
Защита корпуса	IP68
Точность	0,2–0,5%
Рабочая температура	от –20°C до +60°C

При погружении датчика в воду гидростатическое давление столба жидкости преобразуется в сигнал изменяющегося напряжения. Для компенсации атмосферного давления используется атмосферная трубка, выведенная в верхний герметичный блок конструкции. Это позволяет обеспечить точность определения гидростатического давления, которое зависит от высоты столба жидкости и ее плотности, а также учитывать колебания атмосферного давления [3]. Дополнительно система сенсоров включает в себя цифровой датчик температуры DS18B20.



Рис. 1. Микропроцессорная система Arduino Pro Mini.



Рис. 2. Коммутационный модуль связи SimCom SIM800C.

Основными элементами *системы сбора и передачи данных* являются: микропроцессорная система Arduino Pro Mini с напряжением питания 3,3 В и

тактовой частотой 8 МГц (рис. 1) на базе процессора AT328pb и коммутационный модуль SIM800C. Функциональное назначение микропроцессорной системы – опрос датчиков давления и температуры, а также передача данных на коммутационный модуль SIM800C (рис. 2). Коммутационный модуль SimCom SIM800C, в свою очередь, обеспечивает дальнейшую передачу данных с помощью технологии GSM (GPRS – опционально), используя сотовые сети связи.

Общее электропитание обеспечивает *система электропитания*, основными элементами которой являются две солнечные панели ONWT-5UF мощностью 5 Вт каждая и шесть литий-титанатных аккумуляторов LTO 18650 напряжением 2,4 В каждый. Аккумуляторные батареи включены по схеме 2s3p.

Перечисленные элементы крепятся на перфорированной металлической опоре, которая, в свою очередь, прикреплена к мосткам. Защиту фрагмента соединительного кабеля (27 см) от механического воздействия льда обеспечивает полипропиленовая труба, заполненная герметиком. Герметичность компонентов, отвечающих за связь, передачу данных и питание системы, помимо полипропиленовых блоков обеспечивают также водонепроницаемые разъемы IP68. От ветрового воздействия установка защищена недостаточно, необходимо дополнительное укрепление – оттяжками или стропами.

Общий вид автономной измерительной системы представлен на рис. 3.



Рис. 3. Ленинградская область, р. Оредеж.

Существующие аналоги представлены как в гидростатических, так и в поплавковых реализациях. Большинство устройств применяется на промышленных предприятиях или же, наоборот, в полевых условиях, но в качестве логгера, что, так или иначе, не обеспечивает необходимый уровень автономности (см., например, [4]).

Алгоритм работы описывается в среде Arduino IDE с использованием языка C++ и заключается в следующем. После включения питания системы происходит настройка таймера для работы в режиме прерывания. Для этого

используется внутренний *watchdog*-таймер микропроцессора Arduino Pro Mini (далее – микропроцессор), который генерирует сигнал каждые 8 с. После чего происходит отключение питания коммутационного модуля SIM800С, датчиков давления и температуры, а микропроцессор переходит в режим пониженного энергопотребления (режим сна). По сигналу прерывания от *watchdog*-таймера микропроцессор выходит из режима сна каждые 8 с, инкрементирует счетчик прерываний *watchdog*-таймера и, когда счетчик достигает прошито в память значения 1350, что соответствует 210 мин (3,5 ч), он сбрасывается в ноль [5]. После этого процессор разрешает подачу питания на датчик температуры и гидростатический датчик уровня, проводит операцию чтения данных, разрешает подачу питания на модуль связи SIM800С, проводит его инициализацию и отправляет данные на заданный номер телефона в виде SMS-сообщения.

В последующем полученное сообщение может разбираться как в ручном режиме, так и в автоматическом – в случае установки SIM-карты телефона назначения в глобальную систему сбора данных, данные с нее передаются на сервер для хранения и последующей обработки. После успешной отправки сообщения микропроцессор проводит отключение питания модуля SIM800С, обоих датчиков и осуществляет переход в спящий режим с пониженным энергопотреблением. Далее цикл повторяется. На рис. 4 изображено схематичное представление информационного взаимодействия между основными модулями системы.

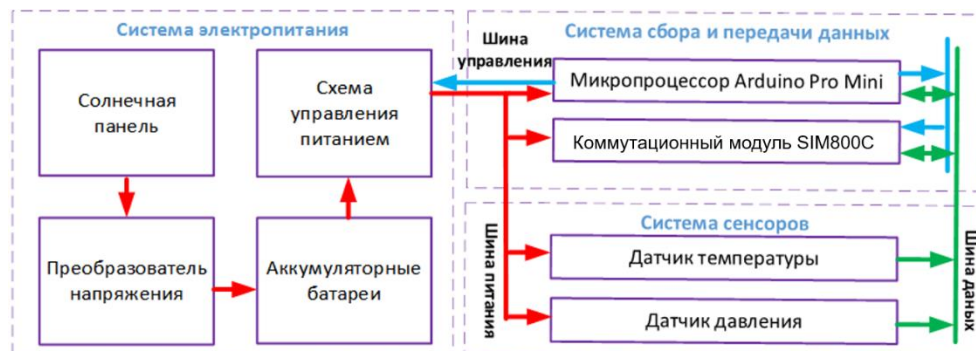


Рис. 4. Схема работы автономной системы.

Глобальная система сбора данных представляет собой систему, построенную на базе платформы Arduino UNO коммутационного модуля SIM800С и Ethernet модуля Wiznet 5100. Система функционирует непрерывно, принимая в асинхронном режиме данные в виде SMS-сообщений от автономной системы сбора данных и используя всемирную сеть WWW, и передает данные на сервер баз данных MySQL. В настоящее время глобальная система сбора данных позволяет в реальном времени обрабатывать сообщения, поступающие с шагом 30 с.

Полученные данные из глобальной системы сбора данных перенаправляются в базу данных MySQL. Для отображения данных в реальном времени создан сайт, взаимодействующий с базой данных.

Тарировка и апробация. На сайте данные уровня воды водного объекта отображаются в пересчитанном виде – проводится преобразование из условных единиц в сантиметры (рис. 5).

Данные с поста СПБ_1 (Даймице)

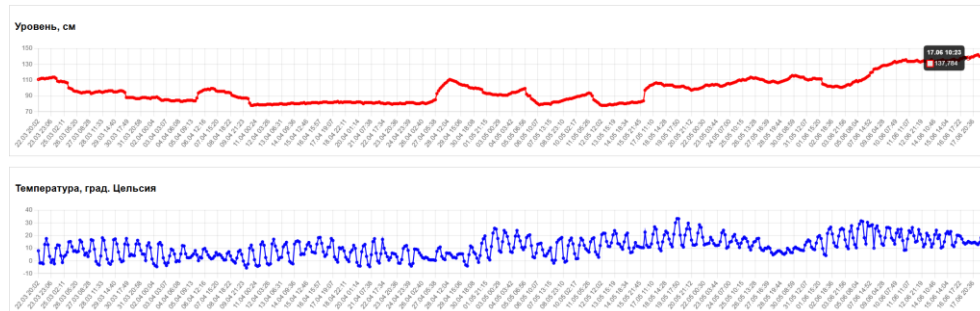


Рис. 5. Отображение данных на сайте.

Для получения коэффициента пересчета из условных единиц в сантиметры проводилась тарировка с помощью аналогичного гидростатического датчика и гидрометрической штанги. Тарировка заключалась в последовательном, с равным шагом по времени и глубине, погружении штанги с датчиком и фиксации значений каждые 5 см. Сам пересчет осуществлялся в несколько этапов и учитывал несколько сценариев поведения системы: с учетом опорного напряжения в 5 и 4,8 В (при просадке). Итоговое значение для установленной автономной системы составило: при опорном напряжении АЦП Arduino 5 В – 0,74 см в одной условной единице гидростатического датчика, при опорном напряжении АЦП Arduino 4,8 В – 0,71 см. Тарировка производилась на р. Оредеж (Ленинградская область).

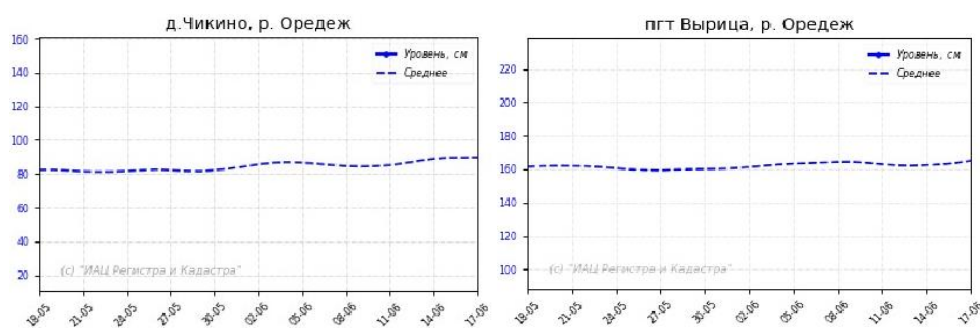


Рис. 6. Уровни воды по данным “ИАЦ Регистра и Кадастра” за период 10.05.2026–17.06.2026:
а) р. Оредеж – д. Чикино; б) р. Оредеж – пгт Вырица.

Запуск был произведен там же 22 марта 2026 г., на данный момент система функционирует стабильно, отправляя сообщения каждые 3,5 ч и отображая данные на сайте. Для понимания корректности работы системы и правильности выведенных коэффициентов пересчета на рис. 6, а, б приведены данные с гидрологических постов, лежащих выше (д. Чикино – $H_{\text{Чикино}}$) и ниже

(пгт Вырица – $H_{\text{Вырица}}$) по течению от створа исследования ($H_{\text{ст.}}$). На 17.06.2026 видно следующее: $H_{\text{Чикино}} = 90 \text{ см}$, $H_{\text{ст.}} = 137 \text{ см}$, $H_{\text{Вырица}} = 162 \text{ см}$. Значение $H_{\text{ст.}}$ является физически обоснованным – оно укладывается в диапазон естественного уклона водной поверхности, находясь строго между значениями $H_{\text{Чикино}}$ и $H_{\text{Вырица}}$. Монтаж системы проводился в феврале 2026 г.

Заключение. В ходе работы спроектирована, реализована и апробирована автономная система измерения уровня воды на основе гидростатического датчика уровня воды, микропроцессорной системы Arduino Pro Mini и коммутационного модуля SimCom SIM800C. Система установлена и оттарирована на р. Оредеж в Ленинградской области. На данный момент система функционирует стабильно, обеспечивая циклический опрос датчиков каждые 3,5 ч и передачу данных в виде SMS-сообщений. Зарегистрированные данные доступны к просмотру в реальном времени на разработанном веб-сайте. Предложенная система может быть использована для долговременного автономного мониторинга уровня воды на удаленных и труднодоступных водных объектах.

Поступила 25.05.2026

Получена с рецензии 19.06.2026

Утверждена 26.08.2026

ЛИТЕРАТУРА

1. Wu Z., Huang Y., et al. A Review of Non-Contact Water Level Measurement Based on Computer Vision and Radar Technology. *Water* 15 (2023), 3233.
<https://doi.org/10.3390/w15183233>
2. Чуприков К.К., Яманов А.Д. Дистанционный контроль уровня воды в скважинах, резервуарах и на открытой воде с помощью автономных измерительных комплектов PROMODEM GSM. *Отраслевой научно-технический журнал "ИСВИГ" 2* (2021), 70–74.
3. Руководящий документ: РД 52.08.869-2017. Методика измерений уровня воды в водоемах и водотоках автоматизированными гидрологическими комплексами. Введ. 2018-01-01. Санкт-Петербург, Росгидромет (2017), 34.
4. Логгер гидростатического давления "Гидромар М1-10". Руководство по эксплуатации (2025), 41. Дата обращения: 18.06.2026.
https://www.itera.spb.ru/sites/default/files/users/543/user_node_pict/Руководство_ГИДРОМАР%20М1-10_c_0.pdf?ysclid=mqjqydcz696204204
5. Ganssle J. *The Firmware Handbook*. Amsterdam, Boston, Newnes/Elsevier (2004), 361.

Ա. Ա. ԲԱՏՄԱՉՈՎԱ, Ա. Ս. ՄԻՐՈՆՈՎ

ՋՐԻ ԻՆՔՆԱՎԱՐ ՄԱԿԱՐԴԱԿԱԶՄՓ.

ՄՈՆԻՏՈՐԻՆԳ ԵՎ ՓՈՐՁԱՐԿՈՒՄ ՕՐԵԴԵՋ ԳԵՏԻ ՎՐԱ

Ա մ փ ո փ ու մ

Այս հոդվածում ներկայացված է ջրային մարմնում ջրի մակարդակը չափելու ինքնավար համակարգի փորձարկումը՝ օգտագործելով հիդրոստատիկ մակարդակի չափիչ: Ներկայացվում է համակարգի բաղադրիչների,

հավաքման և շահագործման տեխնիկական նկարագրությունը: Նկարագրվում են համակարգի գործարկման և կարգաբերման գործընթացները, որոնք իրականացվել են Լենինգրադի մարզի Օրեդեժ գետի վրա: Հոդվածում ներկայացված են համակարգի շահագործման նախնական արդյունքները և նշվում են դրա աշխատանքի օպտիմալացման հետագա քայլերը:

A. A. BATMAZOVA, A. S. MIRONOV

AUTONOMOUS WATER LEVEL GAUGE:
ASSEMBLY AND TESTING ON THE OREDEZH RIVER

Summary

This paper presents the testing of an autonomous system for measuring water levels in a body of water using a hydrostatic level gauge. A technical description of the system's components, assembly, and operation are provided. The system's startup and calibration processes, conducted on the Oredezh River in the Leningrad Region, are described. The article presents the initial results of the system's operation and identifies further steps for optimizing its performance.