**Многофункциональная лодка на дистанционном управлении**

***Горнаков А.В.1, Ревин С.А.2, Гаврилов М.С.3,***

*1 Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение* [*Черноголовская средняя общеобразовательная школа*](https://chrg-school.edumsko.ru/)  *имени Ф.И. Дубовицкого и И.М. Халатникова,*

*г. Черноголовка, Россия,*

*2 Муниципальное учреждение дополнительного образования* [*Центр дополнительного образования «Малая академия наук Импульс»,*](https://impulschg.edumsko.ru/)

*г. Черноголовка, Россия,*

*3 Автономная некоммерческая общеобразовательная организация «Новая Черноголовская школа»,*

*г. Черноголовка, Россия,*

*Email: alx.gornakov@gmail.com, RevinSr@yandex.ru, m.gavrilov@nschg.ru*

**Multifunctional boat with remote control**

***Gornakov A.V.1, Revin S.A.2, Gavrilov M.S.3,***

*1 Municipal Budgetary Educational Institution Chernokorovskaya Secondary School named after F.I. Dubovitsky and I.M. Khalatnikov,*

*Chernogolovka, Russia,*

*2 Municipal institution of additional Education Center for Additional Education "Small Academy of Sciences Impulse",*

*Chernogolovka, Russia,*

*3 Autonomous non-profit educational organization   
"New Chernogolovskaya School",*

*Chernogolovka, Russia,*

**Аннотация**

Робототехнические устройства давно и повсеместно вошли в нашу жизнь, а также расширили границы исследования мира в целом. Они не только облегчают нам жизнь в быту (роботы пылесосы, стиральные машины и т.д.), но и позволяют расширить наши познания мира (глубоководные аппараты, кубсаты и т.д.).

Объектом исследования является разработка модульной, остойчивой, нешаблонной лодки на радиоуправлении.

Цель работы – спроектировать водное многофункциональное робототехническое полуавтономное устройство, управляемое с помощью пульта на основе модуля NRF24L01+.

В процессе работы проводились 3D-проектирование лодки с полной оснасткой и печать ее корпуса, а также разработка и сборка схемы радиоуправления. В результате исследования была спроектирована модульная многофункциональная лодка, с возможностью мониторинга водной поверхности в температурном диапазоне от -35°С до +40°С. Основные технико-эксплуатационные и конструктивные и показатели: высокая продолжительность работы и широкий диапазон температур, дополнительная нагрузка до 1 кг.

На основании проведенных испытаний устройства можно сделать вывод о перспективности использования данного устройства для мониторинга прибрежной зоны, а также поисковых работ на небольшой площади. В данном проекте мониторинг температуры прибрежной зоны является условным требованием. В общем случае подобного рода устройства способны нести на себе большее количество датчиков и к примеру Raspberry Pi с нейросетью для анализа видео.

**Abstract**

Robotic devices have long and universally entered our lives, as well as expanded the boundaries of exploring the world as a whole. They not only make life easier for us in everyday life (robot vacuum cleaners, washing machines, etc.), but also allow us to expand our knowledge of the world (deep-sea vehicles, cubesats, etc.). The object of research is the development of a modular, stable, unconventional radio-controlled boat. The aim of the work is to design an aquatic multifunctional robotic semi–autonomous device controlled by a remote control based on the NRF24L01+ module. In the course of the work, the 3D design of the boat with full equipment and the printing of its hull, as well as the development and assembly of the radio control circuit were carried out. As a result of the research, a modular multifunctional boat was designed with the ability to monitor the water surface in the temperature range from -35 °C to +40 °C. The main technical, operational and constructive indicators are: high operating time and a wide temperature range, additional load up to 1 kg. Based on the conducted tests of the device, it can be concluded that it is promising to use this device for monitoring the coastal zone, as well as search operations in a small area. In this project, monitoring the temperature of the coastal zone is a conditional requirement. In general, such devices are capable of carrying a larger number of sensors and, for example, Raspberry Pi with a neural network for video analysis.

**Ключевые слова:** лодка, 3D-проектирование, робототехника, мониторинг

**Keywords:** boat, 3D-modeling, robotics, monitoring

**Введение**

Считается, что начало робототехники на радиоуправлении было положено на выставке на Мэдисон-сквер-Гарден в Нью-Йорк, на которой Никола Тесла продемонстрировал радиоуправляемую лодку [1] (патент № 613809 от 08.11.1898 г.). В России в 1927 году впервые А.Ф. Шорин провел первую демонстрацию радиоуправляемого катера «Оса» в Ленинграде, на котором по радиосигналу включался и выключался двигатель, перекладывался руль и велась стрельба [2]. Далее в литературе новые разработки радиоуправляемых катеров встречаются после Второй Мировой войны. А именно, в компания «МРВ Интернэшнл» спроектировала катер «Гауст гард» («Призрачный страж») предназначен исключительно для обеспечения безопасности различного рода береговых и плавучих объектов – портов, рейдов, нефтедобывающих платформ, а также проливных зон. Катер имеет относительно простую конструкцию и управляется по радиоканалу [3]. Компания BAE System разработала для Королевских военно-морских сил Великобритании автономный катер Pacific 24 (P24) [4]. Роботизированная беспилотная лодка P24 может осуществлять пограничный контроль и постоянный сбор разведданных.

В настоящее время, активно развивается не только военно-морское направление, но и радиоуправляемые катера стоят на сохранение экологии водных акваторий городов. Как пример, гонконгский стартап Open Ocean Engineering (OOE) разработал Clearbot Neo – роботизированное судно, которое автономно перемещается по гаваням и каналам для сбора отходов [5].

Патентный поиск дает широкую область разработок и применения беспилотных катеров: для выполнения поисковых и исследовательских задач [6], для пресечения противоправных действий судов-нарушителей [7] и даже для рыбной ловли, а именно доставки прикормки в определённое место [8].

Второе направление, которое совершило гигантский скачок в развитии в последние несколько лет – это 3D-моделирование и 3D-печать. Появление в общем доступе программ для моделирования, таких как Компас-3D, дало возможность изучать моделирование не только в организациях, специализирующихся на инженерных разработках, а доступность 3D-принтеров ещё сильнее поспособствовало развитию этой области.

3D-принтеры позволяют изготавливать объемные изделия, где за основу берется компьютерная модель. Данный метод производства обладает целым рядом преимуществ: создание предметов любой формы и сложности, высокая скорость работы, могут применяться различные виды пластика [9]. 3D-печать позволяет значительно снизить себестоимость продукции и значительно ускорить рабочий процесс. Одно из главных преимущества 3D-печати, это уменьшение количества конструктивных ограничений. Благодаря 3D-печати можно создавать сложные, персонализированные модели без дополнительных финансовых затрат и даже в домашних условиях. Еще одно преимущество 3D-печати, это то, что не требуются сложные инструменты и пресс-формы. 3D-печать сводит к минимуму образование отходов и позволяет использовать экологически чистые переработанные материалы [10]. Как пример, можно рассмотреть вариант печати реальной лодки на большом 3D-принтере [11], что говорит о снятии ограничений на размер 3D-печати.

Переходя к водной поверхности нашей планеты, мы видим, что она покрывает большую часть Земли и представляет собой огромную и неизведанную её часть. Мониторинг водной поверхности – это видеофиксация событий как на самой водной поверхности (плавающего мусора, перемещение ледников и т.д.), так и возможность фиксации действий на прибрежной зоне (экологическая оценка прибрежной зоны, для наблюдения МЧС и т.д.).

**Материалы и программное обеспечение**

При разработке модели лодки и её электронной составляющей было использовано следующее программное обеспечение: Arduino IDE, Компас-3D, EasyEDA Pro, UltiMaket Cura. 3D-печать производилась на следующих принтерах: Flying bear ghost 6 reborn 2 и Raise3D N2 Dual. Основным радиокомпонентом является микроконтроллер [ATmega328P](https://wiki.amperka.ru/_media/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%8B:arduino-nano:atmega328_datasheet.pdf). Для печати корпуса лодки был использован пластик PETg.

**Теоретические основы судоходства**

Для понимания базовых основ судоходства был проведен анализ литературы по теме «Основы теории судна и устройства гребного винта» [12-14]. Основные мореходные качества судна: плавучесть, остойчивость, непотопляемость, мореходность, ходкость и управляемость.

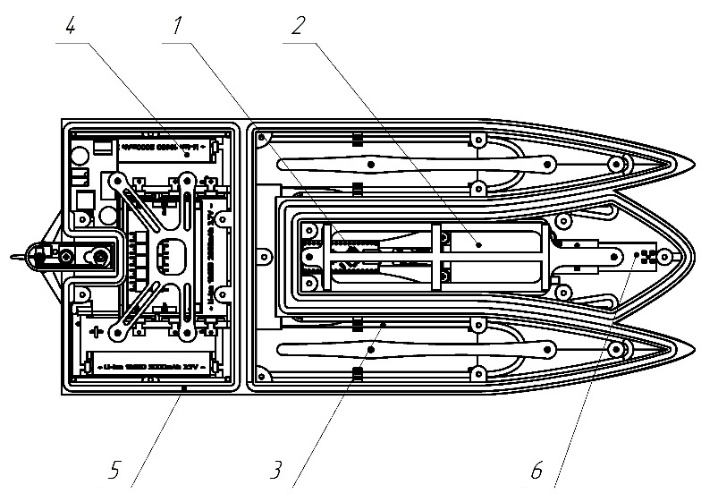
За основу расчётов были приняты базовые судоходные соотношения длины, ширины и осадки. Гребной винт и рулевое перо были рассчитаны исходя из размеров лодки.

Гребной винт состоит из втулки – ступицы и нескольких лопастей. Скорость *W* потока воды относительно лопасти можно получить геометрическим сложением двух векторов: вызываемой вращением винта окружной скорости , где π=3,14, *r* – отстояние рассматриваемого сечения лопасти от оси винта; *n* – число оборотов винта в секунду, и поступательной скорости движения вместе с судном.

**Дизайн корпуса лодки**

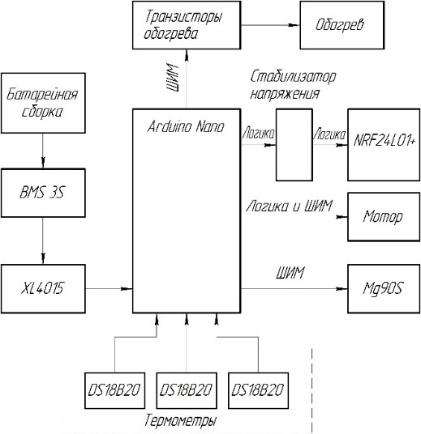
В статье представлен разработанный корпус лодки на дистанционном управлении. Особенность данной модели является катамаранная геометрия и подразделение на отсеки (рис.1). Обозначения на рис. 1: 1 – микроконтроллер [ATmega328P](https://wiki.amperka.ru/_media/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%8B:arduino-nano:atmega328_datasheet.pdf), 2 – мотор, 3 – обогревающий шнур, 4 – батареи 18650 (9 штук), 5 – силиконовый шнур (уплотнитель), 6 – модуля NRF24L01+.

В центральной части размещен мотор и «мозг» лодки - микроконтроллер [ATmega328P](https://wiki.amperka.ru/_media/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%8B:arduino-nano:atmega328_datasheet.pdf). Крайние отсеки служат для размещения вспомогательной нагрузки и оснащены датчиками температуры. Задний отсек служит для размещения батарей типоразмера 18650. Лодка оснащена тремя термометрами: один размещен в нижней части кормы, над гребным винтом в железной гильзе, а два других в боковых отсеках лодки. Предусмотрено два режима обогрева лодки: с пульта и в автоматическом режиме. В автоматическом режиме обогрев осуществляется в соответствии с алгоритмом реализованном в программном виде. Нагревающие контуры проложены вдоль боковых отсеков и имеют независимое управление.



*Рис.1.* Схема корпуса лодки с обогревающим контуром.

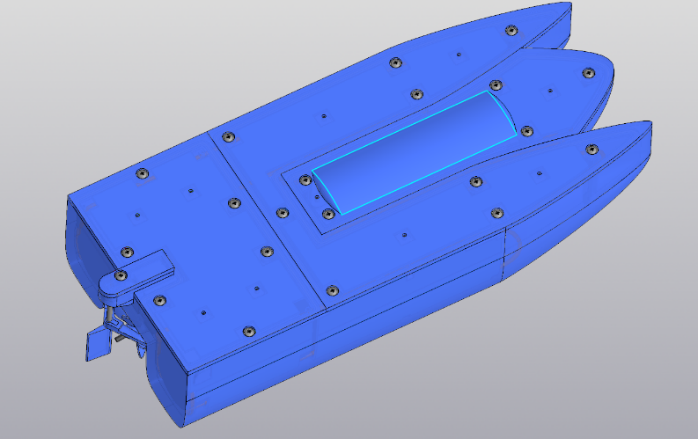
На рис.2 приведена электрическая схема соединений. Она иллюстрирует логические взаимодействия между эллектронными компонентами.



*Рис.2.* Схема электрических соединений.

Питание управяющей схемы осуществляется через плату BMS и понижающий преобразователь. Ядром системы является микроконтроллер Atmega328P, который взаимодействует с термодатчиками, NRF24L01+, сервоприводом, мотором и управляет подогревом лодки.

На рис. 3 представлена собранная модель лодки. Можно видеть раздельные крышки трех отсеков, рулевое управлени, а также гребной винт за рулевым пером.



*Рис.3.* 3D-модель лодки

Лодка в полной комплектации представлена на рис. 4а. Были проведены тестовые испытания на открытом водоеме, которые подтвердили мореходные качества лодки, её управляемость, возможность как в режиме дистанционного управления, так в автономном режиме выполнять задачи мониторинга водной поверхности (рис. 4б).

**** 

а б

*Рис.4.* Лодка и пульт управления в полной комплектации (а) и водные испытания (б).

**Выводы**

На основании проведенных испытаний лодки можно сделать вывод о перспективности использования данного устройства для мониторинга прибрежной зоны. Данный проект сочетает в себе передовые технологии, такие как 3D-моделирование и 3D-печать, использование микропроцессорной техники. В данном проекте мониторинг температуры прибрежной зоны является условным требованием. В общем случае подобного рода устройства могут быть оснащены различными датчиками, включая возможность фиксаций изображений или видеопотока, информацию от которых способна обрабатывать нейросеть, реализованная, например на Raspberry Pi.

**Используемые источники**

1. Лодка на радиоуправлении. Ещё одно изобретение Теслы [Электронный ресурс]. – URL: <https://dzen.ru/a/YAZqxR9DXlLUOwG8> (дата обращения: 06.01.2025 г.)
2. Забытый герой радиотехнической революции» Статьи журнала «Стимул» [Электронный ресурс]. – URL: <https://stimul.online/articles/science-and-technology/zabytyy-geroy-radiotekhnicheskoy-revolyutsii/> (дата обращения: 06.01.2025 г.)
3. Статья «Война на море – эпоха машин» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.vokrugsveta.ru/vs/article/6260/?ysclid=m6m9ty47bh686086865> (дата обращения: 06.01.2025 г.)
4. BAE заключила контракт на поставку Королевскому военно-морскому флоту автономных патрульных катеров [Электронный ресурс]. – URL: <https://newatlas.com/military/bae-systems-contract-royal-navy-robotic-p24-rib-boats> (дата обращения: 05.01.2025 г.)
5. В Гонконге появились беспилотные лодки для сбора речного мусора [Электронный ресурс]. – URL: <https://hightech.plus/2022/05/13/v-gonkonge-poyavilis-bespilotnie-lodki-dlya-sbora-rechnogo-musora> (дата обращения: 05.01.2025 г.)
6. Патент «Безэкипажный управляемый катер» [Электронный ресурс]. – URL: <https://yandex.ru/patents/doc/RU188836U1_20190424> (дата обращения: 06.01.2025 г.)
7. Патент «Многофункциональный катер и способы его применения» [Электронный ресурс]. – URL: <https://patenton.ru/patent/RU2791926C1> (дата обращения: 06.01.2025 г.)
8. Патент «Radio controlled fishing bait boat» [Электронный ресурс]. – URL: <https://patents.google.com/patent/US5806232A/en> (дата обращения: 06.01.2025 г.)
9. Примеры и перспективы использования 3D принтеров [Электронный ресурс]. – URL: <https://vektorus.ru/blog/vozmozhnosti-3d-printera.html> (дата обращения: 05.01.2025 г.)
10. 3D печать корпусов для лодок [Электронный ресурс]. – URL: <https://globatek.ru/blog/cases/boat-hull> (дата обращения: 05.01.2025 г.)
11. Как печатают настоящую лодку на большом 3D принтере [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.iphones.ru/iNotes/kak-pechatayut-nastoyashchuyu-lodku-na-3d-printere-10-29-2019> (дата обращения: 05.01.2025 г.)
12. Основы теории судна. Эксплуатационные, мореходные и маневренные качества маломерных судов [Электронный ресурс]. – URL: <https://dzen.ru/a/X330LRUJnBmKXT8u> (дата обращения: 08.01.2025 г.)
13. Бендус И.И. «Теория и устройство судна» Конспект лекций, Керчь 2020 г., с. 129.
14. Принцип работы и устройства гребного винта [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.barque.ru/shipbuilding/1968/principle_of_operation_and_structure_of_propeller> (дата обращения: 08.01.2025).