

DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-8-116-129

^{1,*}Коваленко С.С., ¹Шеметова О.М., ¹Худасова О.Г., ¹Нестерова Е.В., ²Демура Н.А.²Белгородский государственный национальный исследовательский университет¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: 1471144@bsu.edu.ru

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА РОБОТИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗАБОРА ПРОБ ВОДЫ

Аннотация. Современный мир неразрывно связан с развитием робототехники и информационных технологий. Эти две области тесно взаимодействуют друг с другом, вносят существенные изменения в различные сферы жизни человека. Актуальность решения этого вопроса возрастает с увеличением количества Робототехника играет важную роль в промышленности, медицине, образовании и многих других областях. Роботизированные решения для забора проб воды позволяют совершенствовать имеющиеся технологические процессы, освобождая человека от трудоемкой опасной работы. Описанное в статье разработанное устройство должно исключить риск взаимодействия человека с исследуемой средой, а также оптимизировать процесс взятия и исследования проб. Рассматриваемое устройство для забора проб воды относится к автоматическому устройству, которое может работать совместно с оператором (лаборантом) для автоматизированного забора проб из визуально определенной области, либо же с заранее установленных точек для устранения контакта с объектом или предположительно загрязненной зоной. В статье описана конструкция роботизированного устройства для забора проб воды, показана ее электронно-цифровая модель и исследована работоспособности устройства при помощи различных программных продуктов. А именно при помощи модуля FLOW Simulation с эмитированными реальными условия потока водной среды и FLOATSOFT.

Ключевые слова: роботизированное устройство, забор воды, пробы воды, FLOATSOFT, Flow Simulation, пробы воды.

Введение. На текущий момент времени сохраняется тенденция внедрения роботизированных устройств в различные сферы деятельности человека. Робототехника играют не последнюю роль в исследовательской деятельности ученых, обеспечивая безопасные и эффективные способы изучения мест в труднодоступных и опасных участках. Их способность работать в условиях, которые представляют угрозу для человека, делает их незаменимыми в таких областях, например, как океанология и экология. Использование роботов для сбора проб воды позволяет не только минимизировать риски для исследователей, но и повысить качество получаемых данных. Благодаря современным технологиям эти устройства могут проводить непрерывный мониторинг, что позволяет получать актуальные данные и убирать необходимость в повторных исследованиях. Проанализировав этапы развития робототехники, можно сказать, что в будущем ожидается создание более универсальных и эффективных роботов. Интеграция робототехники в исследовательскую деятельность и дальше будет увеличивать её эффективность и масштаб использования, способствуя более глубокому пониманию нашего мира. Это, в свою очередь, откроет нам новые горизонты для научных открытий и углубленного понимания сложных природных процессов [1–3].

Материалы и методы. Водные роботы – это специализированные водоплавающие устройства для осуществления исследовательской деятельности в водной среде. Водные дроны оснащаются такими функциональными возможностями, которые позволяют выполнять различные задачи и использоваться в сложных ситуациях [4–6]. Водные дроны, например, Aquadrone демонстрирует широкий спектр возможностей:

- Мониторинг качества воды: оснащен сенсорами для измерения температуры, pH, содержания кислорода и загрязняющих веществ.
- Сбор данных: сбор и передача данные в реальном времени, что позволяет оперативно анализировать состояние водоемов.
- Гибкость в использовании: Aquadrone может быть использован как в исследовательских, так и в коммерческих целях, например, для мониторинга рыбных запасов или оценки состояния прибрежных экосистем (рис.1).
- Роботизированные беспилотные устройства предназначены для проведения батиметрической съемки, гидрографических проектов высокого разрешения, профилирование дна и отбора проб воды на водных объектах. Устройство обладает компактными размерами и небольшой массой (около 40 кг), что делает его удобным для использования как в реках, так и в морских акваториях [7]. Они оснащены оборудованием для проведения исследований такого типа:

- 1. Многолучевой эхолот – используется для измерения глубины водоема и создания карт подводного рельефа.

- 2. Лазерный сканер (iLiDAR) – применяется для мониторинга поверхности воды и окружающей местности, позволяя получать информацию о наземных объектах.

- Совместная работа этих систем обеспечивает быстрый сбор данных и широкий угол обзора, что позволит ускорить процесс исследования водных объектов. Использование беспилотных устройств помогает сократить общее время выполнения работ, связанных с исследованием водоемов (рис. 2) [8].



Рис. 1. Aquadrone [2]

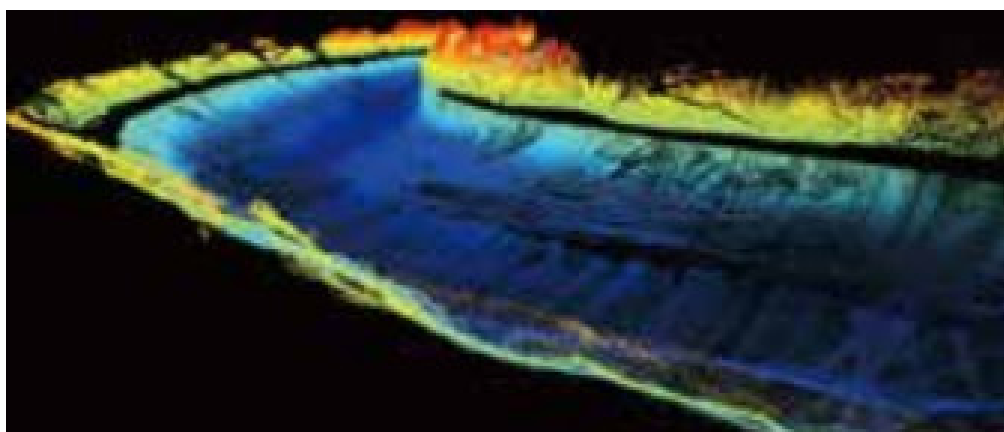


Рис. 2. Надводное и подводное сканирование [1]

Подводные роботы предназначены для помощи людям при решении задач, связанных с исследованием, мониторингом и эксплуатацией водных пространств. Рассмотрим подробнее некоторые направления применения подводных роботов [9–10].

1. Исследования морской геологии для изучения морского дна, поиска полезных ископаемых, оценки тектонических процессов и мониторинга изменений рельефа. Они оснащены высокоточными датчиками, камерами высокого разрешения и другими инструментами, позволяющими получать точные данные о состоянии дна и его составе.

2. Рыболовственная деятельность для мониторинга популяций рыбы, оценки запасов промысловых видов и контроля за состоянием рыболовецких сетей. Они могут помогать в поиске оптимальных мест для лова, а также следить за соблюдением правил рыболовства.

3. Исследование подводных объектов для обследования затонувших кораблей, археологических находок и других подводных объектов.

Способны проникать в труднодоступные места, где человек не может работать без риска для жизни, и передавать видеоизображения и данные на поверхность.

4. Контроль состояния окружающей среды для измерения уровня загрязнений, температуры воды, солености и другие параметры, важные для понимания экологического состояния водоемов. Это помогает в мониторинге климатических изменений и оценке воздействия человеческой деятельности на природу.

Подводные роботы оснащены камерой, которая позволяет оператору видеть происходящее под водой в реальном времени. Сонар используется для создания карт подводной местности и обнаружения объектов [11–12]. Манипуляторы применяются для захвата предметов, установки датчиков и выполнения других операций. Датчики температуры, солёности и глубины помогают собрать информацию о физических параметрах водной среды. Преимущества использования таких роботов заключается в том, что ис-

пользование роботов позволяет сократить затраты на проведение исследований и выполнение работ. Одним из примеров таких устройств является подводный аппарат Remus 6000, который используется для морской геологической разведки (рис. 3) [13–14].

Универсальный исследовательский аппарат предназначен для работы на морских глубинах — от 25 до 6000 метров. Он способен проводить автономный сбор данных и выполнение измерений без постоянного вмешательства оператора. Программное обеспечение выводит данные с эхолота

сразу на экран монитора, обеспечивая возможность мгновенной оценки и анализа полученных данных. Особенно это важно в случаях, когда при выполнении сложных задач требуется оперативное принятие решений. Подводный аппарат оснащен встроенным толщиномером, что позволит контролировать состояние подводных конструкций. Эта функция нужна для предотвращения аварий и своевременного выявления поврежденных конструкций. Небольшие габариты и вес устройства (максимальная масса составляет всего 35 кг) делают его мобильным и удобным в использовании [15].



Рис. 3. Remus 6000 [2]

Насадка для дронов, созданная американской компанией Reign Maker предназначена для упрощения процесса сбора проб воды в водоемах (рисунок 4, а). Конструкции насадки состоит из длинного держателя, на котором закреплена открытая бутылка. Держатель фиксируется на корпусе дрона таким образом, чтобы при погружении в воду бутылка наполнялась жидкостью. Конструкция разработана с учетом минимизации веса и удобства эксплуатации. К преимуществам относится ее низкая стоимость, быстрая установка и простота эксплуатации. Необходимость использования дрона с определенными характеристиками. И ограниченный функционал относится уже недостаткам конструкции [16].

Система забора воды Speedip, разработанная компанией DJI, представляет собой более сложное решение для забора проб воды. В отличие предыдущей конструкции, она содержит специальный контейнер, подвешенный на тросе. При опускании контейнера в воду, она начинает поступать внутрь через каналы под действием совокупности сил. Важной особенностью системы является наличие незакрепленной крышки, которая свободно пропускает воду, пока трос ослаблен. При натягивании троса крышка автоматически закрывается, удерживая воду внутри контейнера, что обеспечивает надежность и удобство при сборе образцов (рис. 4, б).

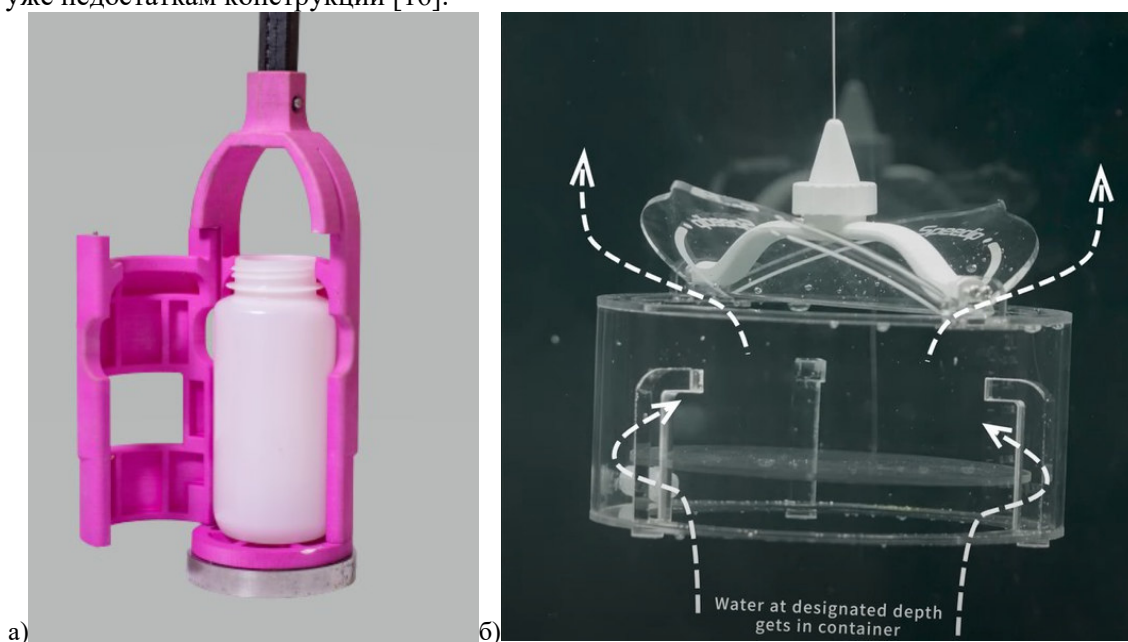


Рис. 4. Насадки для забора воды [6]:
а) Reign Maker; б) Speedip.

При сравнении насадки с предыдущим образцом можно отметить следующие преимущества и недостатки. Автоматизация процесса, высокая точность и удобство в эксплуатации отнесем к достоинствам. К недостаткам будет отнесена совместимость только с дронами DJI, высокая стоимость системы (составляет порядка 10 тысяч долларов), и зависимость от дрона, так как эффективность системы напрямую зависит от характеристик используемого дрона [17].

Проведя анализ робототехнических устройств, работающих в водной среде, предлагается к разработке устройство для забора проб с автоматизированной системой регистрации характеристик воды, что позволит улучшить процесс мониторинга состояния водоемов. Рассмотрим преимущества предлагаемого устройства:

1. Робототехническое устройство оснащено сенсорами для измерения температуры, pH и уровня загрязняющих веществ в воде, что позволит получить данные о состоянии водоема.

2. Робототехническое устройство оснащено автономной навигацией, что позволяет самостоятельно передвигаться в водоеме.

3. Использование системы питания на основе солнечных панелей позволит снизить робототехническому устройству эксплуатационные расходы.

4. Робототехническое устройство спроектировано с возможностью замены различных модулей (например, для забора проб разных типов).

5. Робототехническое устройство для автоматического забора проб воды обладает возможностями для улучшения процесса мониторинга водных ресурсов и может стать необходимым инструментом в экологических исследованиях и охране окружающей среды.

Основная часть. При разработке трехмерного прототипа 3D модели роботизированного устройства для отбора проб воды нужно учесть основные моменты, на которые следует обратить внимание. Одними из которых является подбор материалов, размещение компонентов и программирование. Выбираем материалы, устойчивые к влаге и коррозии, например, пластик устойчивый к воде и химическим веществам, либо нержавеющую сталь. При работе с конструкциями, которые будут работать в водной среде нужно обратить внимание на герметичность соединений и использование специальных уплотнителей для защиты датчиков и электронных модулей. Расположение компонентов в сборке должно обеспечивать удобный доступ для обслуживания, ремонта и замены комплектующих деталей. Еще необходимо обеспечить совместимость всех электронных компонентов для автоматического отбора проб, обработки данных и передачи информации для удаленного управления. Использование САПР программы CAM/CAD SolidWorks, позволяет создать точную цифровую модель устройства, учитывая все вышеперечисленные факторы и условия.

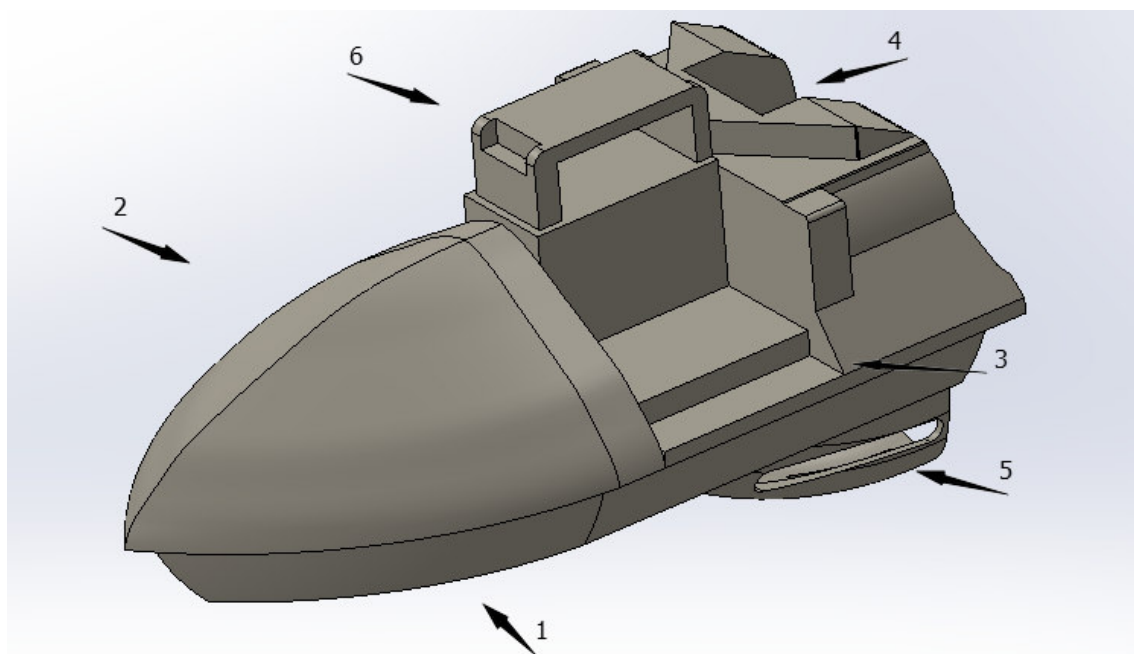


Рис. 5. 3D модель роботизированного устройства:

1 – крышка дна; 2 – верхняя крышка; 3,4 – площадки для установки оборудования;
5 – защита движка; 6 – ручка для переноса устройства

На рисунке 5 представлен пример 3D модели, где видно, что корпус устройства состоит

из двух обтекаемых частей, что способствует его плавному движению в водной среде и защищает

внутренние компоненты от внешнего воздействия. Таким образом, разработка 3D модели требует комплексного подхода, включающего тщательный подбор материалов, грамотное размещение компонентов, интеграцию программного обеспечения и учет условий эксплуатации [18].

Предложенное конструктивное решение повысит общую эффективность и производительность системы [18]. Конструкция включает в себя (рисунок 6):

- Пазы для регулирования движения цилиндра, которые обеспечивают точное и контролируемое движение цилиндра, что предотвращает боковые смещения и гарантирует стабильность работы системы.
- Вырез для установки шарикоподшипника, что позволяет снизить трение между движущимися частями. Это способствует плавному ходу цилиндра и уменьшает износ механических компонентов и увеличивает срок службы устройства.
- Фиксирование сервопривода и цилиндра. Сервопривод управляет движением цилиндра, и его правильная установка обеспечивает выполнение задач с высокой точностью.
- Движение по направляющей. Движение цилиндра по направляющей 1 обеспечивает стабильность работы, что необходимо для поднятия крепления датчиков. Это позволяет адаптировать их положение в зависимости от условий взятия анализа, что важно для получения точных данных в гидрографических и батиметрических исследованиях.

Таким образом получаем функциональный механизм для изменения положения датчиков в пространстве (рис. 7).

Таким образом рассмотренные ранее основные элементы конструкции для отбора проб позволяют преобразовывать типы движения и производить забор проб небольшим механизмом.

Для осуществления забора воды применяется преимущественно перистальтический насос (рисунок 8). Данный тип насоса обладает совокупностью характеристик, делающими его наиболее подходящим для выполнения задач в рамках данной работы. У них отсутствует прямой контакт с жидкостью в отличие от других типов насосов, это исключает риск загрязнения пробы и упрощает обслуживание. Он прост в эксплуатации и обслуживании. Благодаря возможности регулировать скорость вращения двигателя, можно точно контролировать объем подаваемого вещества. Так как рабочая среда контактирует лишь с гибким шлангом, насос подходит для работы с химически активными веществами, такими как кислоты, щелочи и растворители. Перистальтическим насосам присуща способность к самовсасыванию, что позволяет им работать без предварительного заполнения системы жидкостью. Эти насосы работают тихо и плавно, что снижает вероятность механических повреждений образцов. Перистальтическая система обычно компактная и легкая, что облегчает ее использование в полевых условиях или в лабораториях с ограниченным пространством [18].

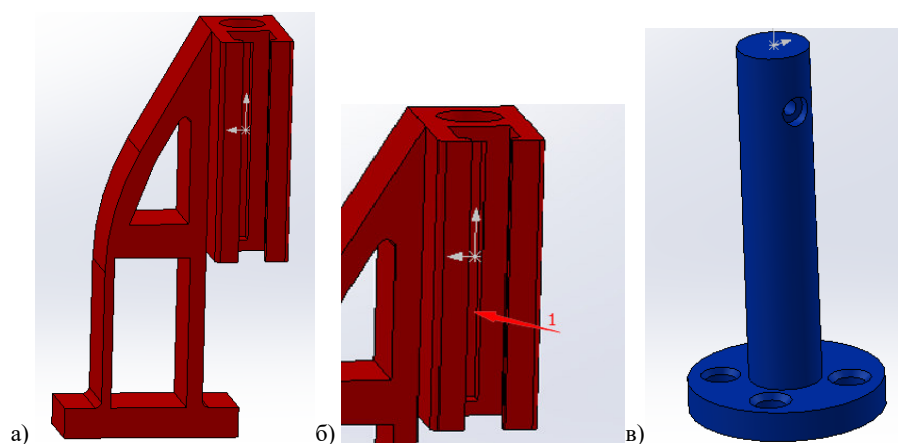


Рис. 6 Составляющие роботизированного устройства:
а) корпус механизма; б) цилиндр механизма; в) направляющая.

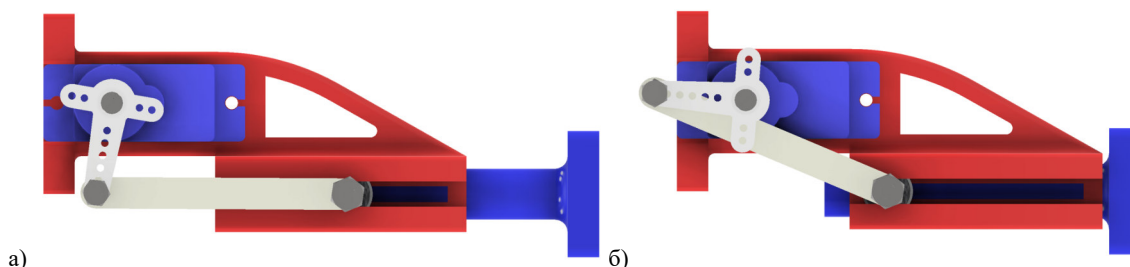


Рис. 7. Механизм перемещения датчиков, угол поворота:
а) 180°; б) 85°.

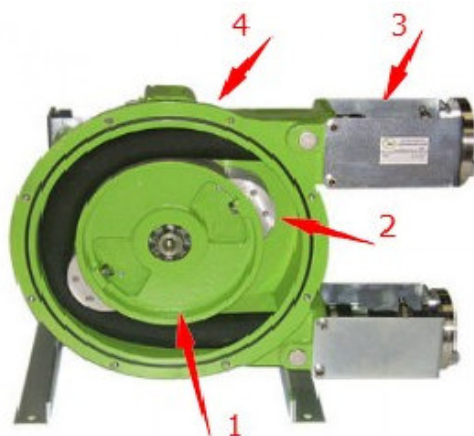


Рис. 8. Схема шлангового насоса-дозатора:
1 – ротор; 2 – вращающиеся прижимные ролики; 3 – трубопровод; 4 – корпус

Он состоит из гибкого трубопровода 3, образующего кольцевую форму, и ротора 1 с роликами 2, которые передвигаются вдоль трубопровода. Когда ротор начинает вращаться, ролики последовательно сжимают эластичную трубку, создавая зоны повышенного давления. Жидкость передаётся по трубке благодаря этим зонам сжатия, которые создают своего рода «волны» или перистальтики. Когда ролик отпускает участок трубки, она восстанавливает свою первоначальную форму, создавая зону низкого давления, куда устремляется следующая порция жидкости. В виду ранее описанных конструктивных особенностей данный насос способен передавать жидкости без непосредственного контакта с ними, что позволяет эксплуатировать его при работе с вязкими, агрессивными или химически опасными средами. Ограничения накладывают материал гибкого трубопровода и проталкивающая способность роликов. Объем передаваемой жид-

кости может быть различен. Под давлением роликов вещество перемещается внутри трубопровода. Следовательно, производительность насоса изменяется в зависимости от диаметра шланга и скорости вращения ротора [18]. Произведем расчет для подбора типоразмера шлангового насоса. Длина сжимаемого участка трубопровода:

$$l = \frac{\pi \cdot D}{2}, \text{ м} \quad (1)$$

где D – диаметр ротора, м.

Расчет производительности насоса:

$$Q = 47,1 \cdot d^2 \cdot l \cdot n \cdot \eta_0, \text{ мл/мин} \quad (2)$$

где d – внутренний диаметр эластичного шланга; l – длина защемленного участка шланга; n – частота вращения ротора; η_0 – объемный КПД. Внутренний диаметр шланга принимаем $d = 0,003$ м, КПД $\eta_0 = 0,85$, частота вращения ротора варьируется $n = 0,7 \dots 2 \text{ с}^{-1}$, полученные значение заносим в таблицу 1.

Таблица 1

Производительность при изменяемой частоте вращения

d , м	l , м	n , с^{-1}	η_0	Q , мл/мин
0,003	0,03925	0,7	0,85	59,4
0,003	0,03925	1	0,85	84,6
0,003	0,03925	1,2	0,85	101,8
0,003	0,03925	1,5	0,85	127,3
0,003	0,03925	1,7	0,85	144,2
0,003	0,03925	1,9	0,85	161,2
0,003	0,03925	2	0,85	169,7

Отобразим полученные данные в графическом виде (рисунок 9 и 10).

Из графика видно, что прямая пропорциональна зависимости между производительностью насоса и частотой вращения мотора и указывает на высокую эффективность работы насоса. Увеличение частоты вращения мотора ведет к такому же увеличению производительности

насоса и говорит о том, что оборудование работает оптимально и эффективно.

Исходя из полученных данных, сделаем вывод, что оптимальный режим работы перистальтического насоса определен путем подбора комбинации внутреннего диаметра трубопровода и частоты вращения ротора. Наиболее подходя-

щими параметрами будет трубопровод с внутренним диаметром $d = 0,003$ м и частотой вращения ротора $n = 1,9 \text{ с}^{-1}$. При этих параметрах насос обеспечит расход воды в объеме 160

мл/мин. Такой результат получим при подаче постоянного тока с напряжением $V = 5$ В и силе тока при накачке $I = 0,30$ А.

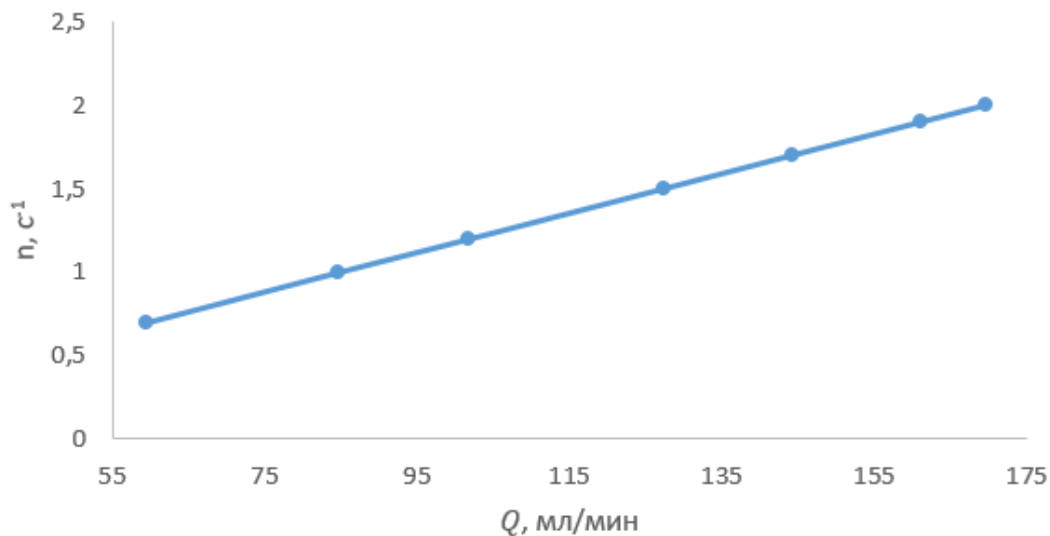


Рис. 9. Зависимость производительности от частоты вращения

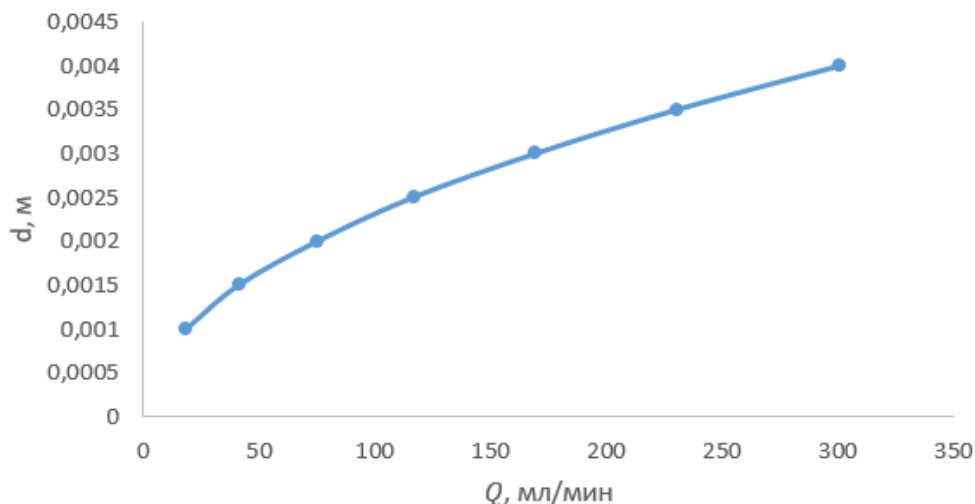


Рис. 10. Зависимость производительности от внутреннего диаметра трубопровода

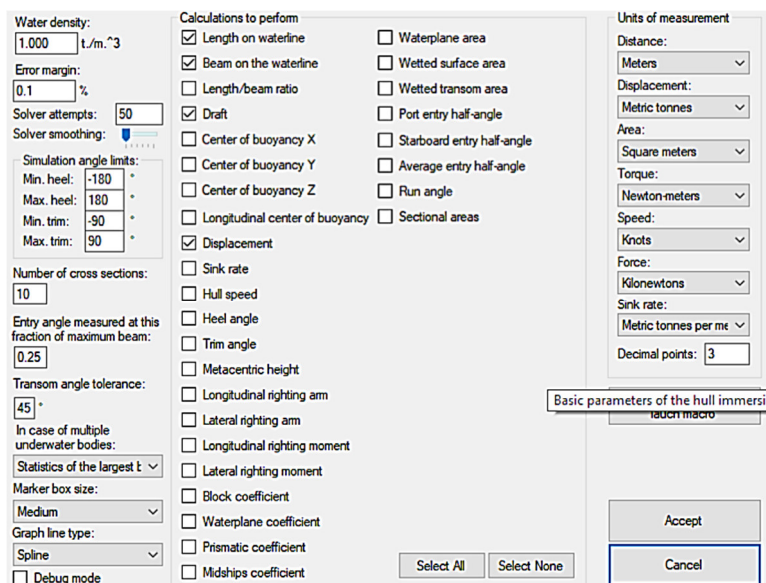


Рис. 11. Настройка параметров

Использование программного расширения для анализа устойчивости устройства от компании FLOATSOFT позволит провести виртуальные испытания и оценить поведение модели в различных условиях до проведения физического прототипирования. Такой подход поможет сэкономить время и средства, а также минимизировать риски ошибок на этапе разработки. После запуска программы сразу произведем настройку параметров (рис. 11).

После настройки программы и подготовки модели следующий шаг сделаем считывание дан-

ных с этой модели. На основании этого этапа будут получены данные для проведения дальнейшего анализа и расчетов (рис. 12, а). После успешного считывания данных с модели, можно приступить к расчету основных характеристик (рис. 12, б). Найдем гидродинамическое сопротивление с указанием ряда необходимых параметров (рис. 12, в).

Получим график зависимости сопротивления от скорости (рис. 13).

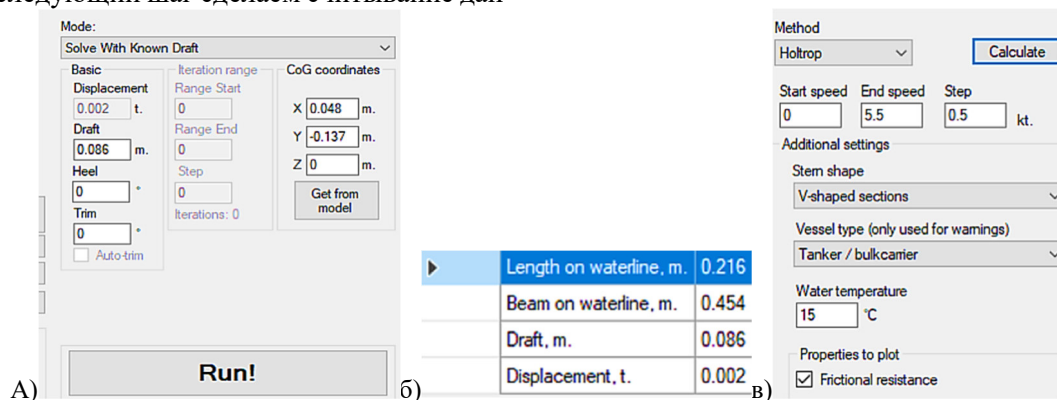


Рис. 12. Расчет в программе FLOATSOFT:

А) данные модели; б) результаты расчета; в) параметры расчета

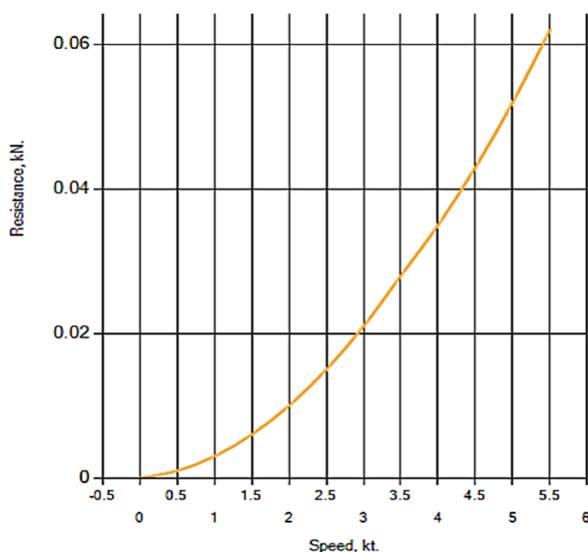


Рис. 13. Зависимости сопротивления от скорости

Таким образом если корпус достаточно жесткий, то при воздействии нагрузок в процессе эксплуатации он будет испытывать минимальные деформации. Это предотвращает возникновение критических напряжений и трещин, которые могли бы привести к нарушению целостности конструкции и, соответственно, к выходу её из строя.

Моделирование водного потока в SolidWorks с использованием модуля Flow Simulation позволяет проанализировать и оптимизировать конструкции, которые взаимодей-

ствуют с жидкостями (рисунок 14). Для моделирования водного потока в SolidWorks необходимо:

1. Создать точную трёхмерную CAD-модель объекта, вокруг которого будет смоделирован поток жидкости. Спроектируем все элементы, которые могут влиять на гидродинамические процессы. Это могут быть выступы, отверстия, углы и прочие особенности геометрии. В некоторых случаях возможно упростить модель, исключив мелкие детали, которые не оказывают существенного влияния на результаты моделирования. Это поможет ускорить расчёты.

2. После создания геометрической модели необходимо задать граничные условия, которые определяют поведение жидкости на границах расчётной области. Граничные условия включают начальные значения скорости, давления и

температуры жидкости и граничные значения (значения скорости, давления, температуры и других параметров на границах моделируемой области).

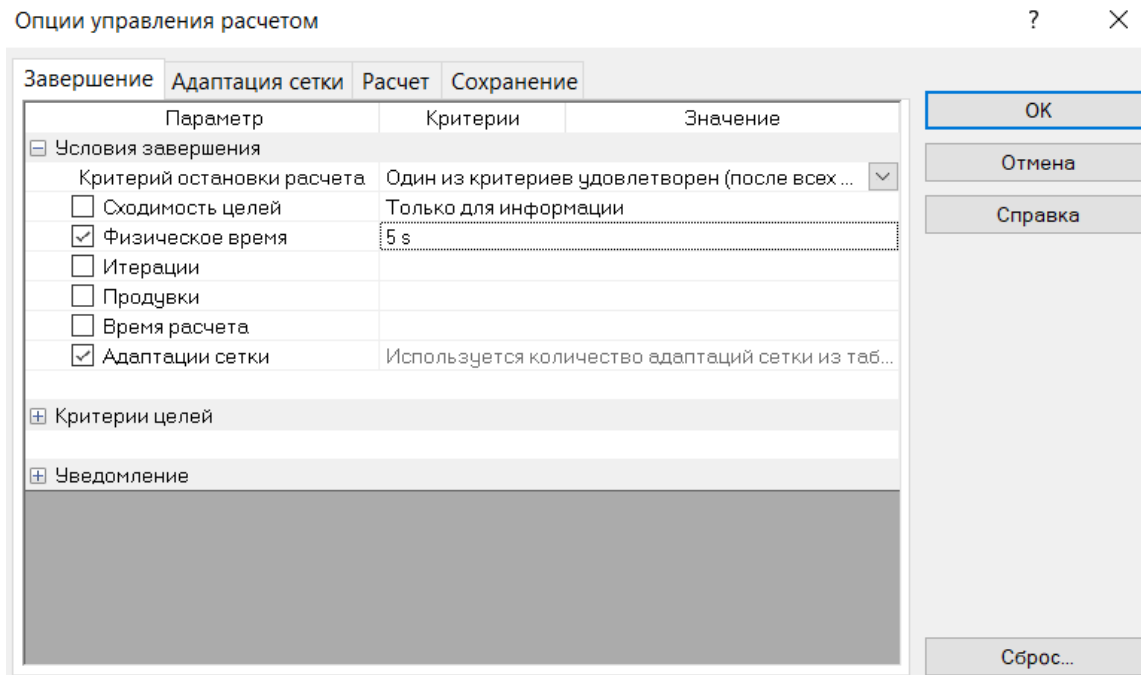


Рис. 14. Опции управления расчетом

3. Запустить модуль Flow Simulation и настроить параметры расчета, включая выбор

типа жидкости (вода), диапазон скоростей (рис. 15).

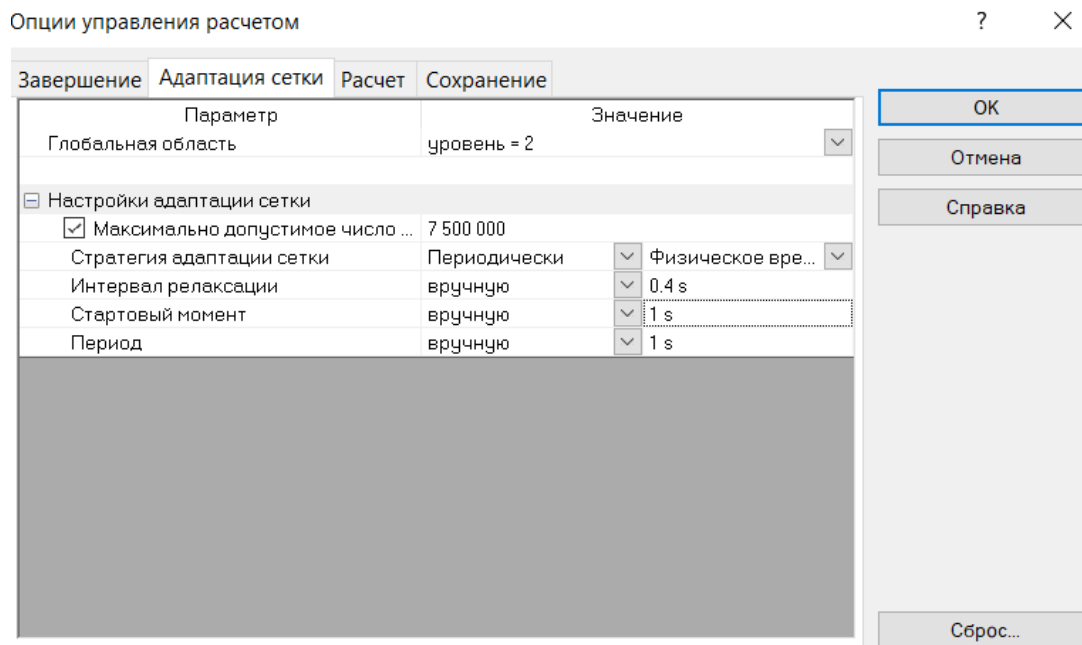


Рис. 15. Адаптация сетки

4. Запустить численное моделирование и проанализировать результаты, такие как распределение скорости и давления в системе, особенности течения воды в различных участках. Расчетный результат при скорости 5 м/с приведен на рис. 16.

При наложении разметочной сетки можно отследить зоны изменения скорости потока (рис. 17).

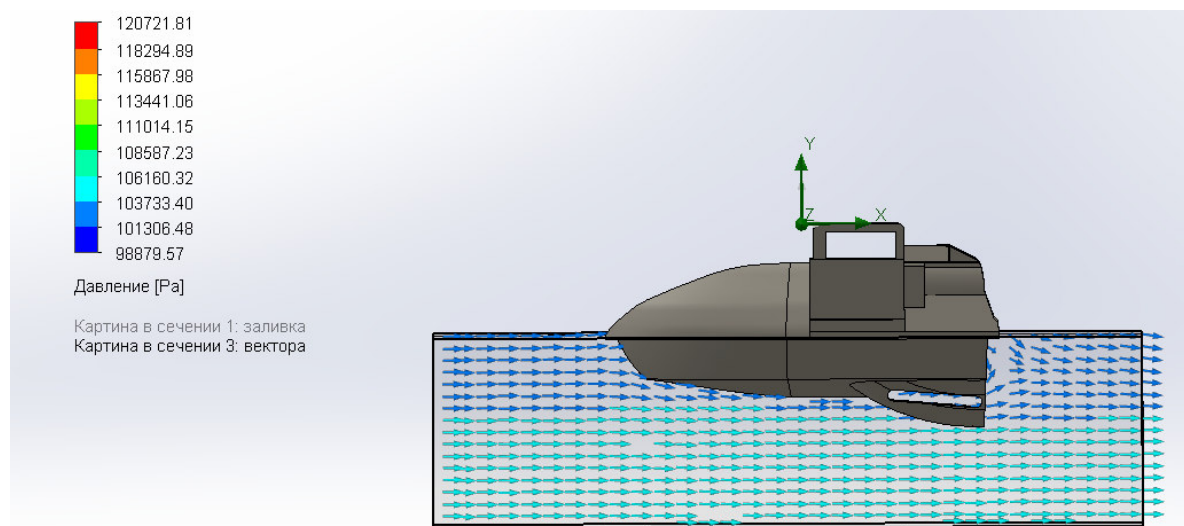


Рис. 16. Результат расчета

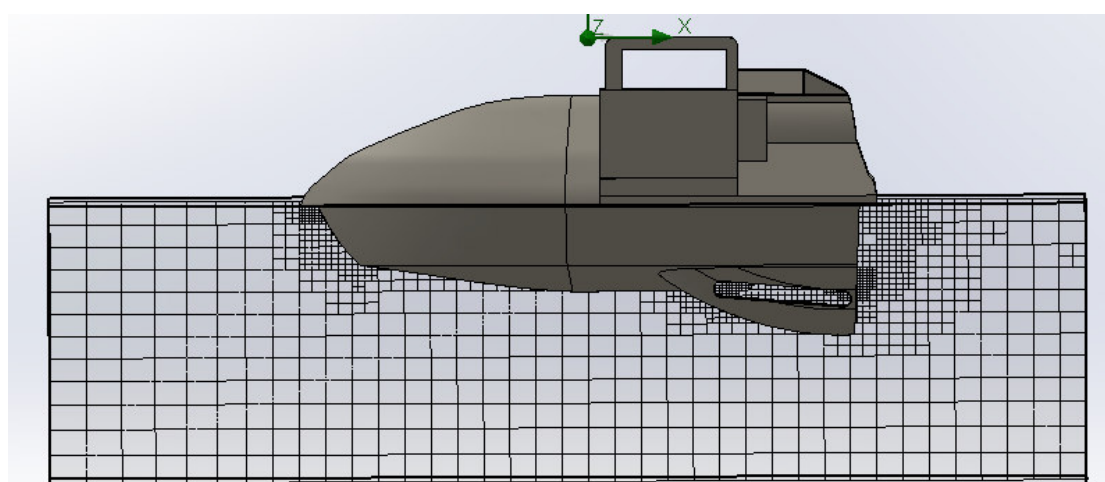


Рис. 17. Зоны изменения скорости потока

При наложении заливки и визуального отображения векторов получим представление о числе зон (рис. 18).

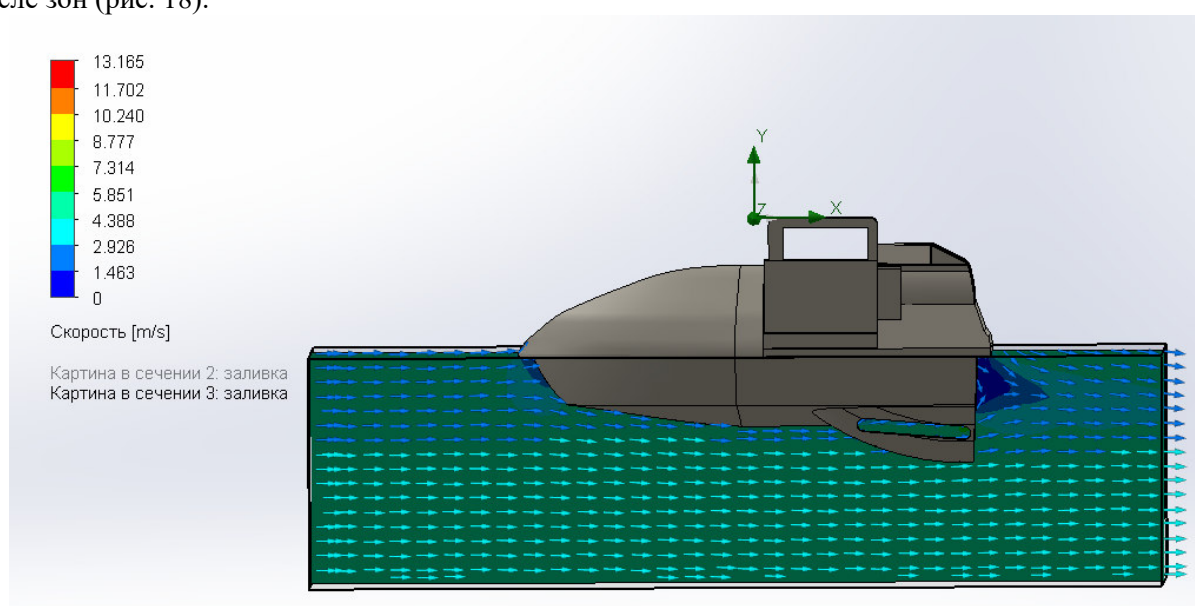


Рис. 18. Участки изменения скорости

Результаты проведенной симуляции и гидростатические расчёты показали поведения разрабатываемой конструкции в водной среде. Обнаружены свои достоинства и недостатки внеся коррективы, можно улучшить характеристики изделия.

К достоинствам отнесем обтекаемая форма днища, что минимизирует лобовое сопротивление потокам, и способствует повышению скорости и экономичности. К недостаткам значительное завихрения в области кормы, что может снизить манёвренность и общую скорость судна. Решением для устранения недостатков будет смещение центра масс к корме. Это изменит положение корпуса, улучшит балансировку и устойчивость. А заглубление винтов двигателей повысит устойчивость и улучшит управляемость.

Выводы. В заключении можно сказать, что внедрение робототехнических систем становится всё более распространённым явлением, охватывая множество сфер человеческой деятельности. Роботы помогают людям выполнять сложные, монотонные и опасные задачи, освобождая их для более творческих и интеллектуальных занятий. Примером такой технологии является разработанное устройство, предназначенное для взятия и исследования проб воды. Оно не только повышает безопасность, исключая необходимость присутствия человека в потенциально опасных зонах, но и оптимизирует весь процесс, делая его более эффективным и точным. Такие устройства находят своё применение в самых разных условиях, будь то радиоактивные зоны или глубоководные исследования, где участие человека связано с высокими рисками. Современные автоматизированные и роботизированные решения играют ключевую роль в совершенствовании технологических процессов, способствуя переходу на новый уровень развития как науки, так и общества в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баранов Ю.Е., Егоров В.А. Применение алфавитно-цифрового индикатора для отображения информации в микроконтроллерной системе // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы VI Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 10-14 апреля 2023 года. Том Часть 1. - Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет. 2023. С. 203–206. EDN: OYXYGG
2. Дремлюга Г.П., Мазулин Г.А. Малогабаритные, мини и микро беспилотные летательные аппараты // Проблемы развития корабельного вооружения и судового радиоэлектронного оборудования. 2016. № 2(7). С. 70–79.
3. Егорова Ю.Д., Сафаров А.М. Мониторинг поверхностных вод. автоматизированный анализ проб воды // Инновации в науке: пути развития: материалы X Всероссийской научно-практической конференции, Чебоксары, 26 декабря 2018 профессионального года. Чебоксары: Негосударственное образовательное частное учреждение дополнительного образования "Экспертно-методический центр". 2019. С. 11–14.
4. Елохин А.П., Улин С.Е., Василенко А.А. Метод определения и передачи данных о радиоактивном загрязнении донной поверхности глубоководных акваторий // Атомная энергия. 2021. Т. 130. № 6. С. 338–343. DOI: 10.1007/s10512-022-00824-0 EDN: AGBNIE
5. Ландык В.С. Изучение возможности разработки изокINETических устройств отбора проб воды и пара // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тезисы докладов, Москва, 14-15 марта 2019 года. Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Центр полиграфических услуг "РАДУГА". 2019. 870 с. EDN: XVXVRY
6. Филина О.Н., Лукашенко И.М., Калинин Г.А. Определение органических загрязнений в пробах воды и ила // Аналитика и контроль. 2022. Т. 2. № 3-4. С. 52–58.
7. Сачков А.Г., Яковлева Т.И. Физико-химическое исследование проб воды открытых водоемов Бугульмино-Белебеевской возвышенности // Достижения и перспективы развития молодежной науки: сборник статей Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 25 декабря 2019 года. Петрозаводск: Международный центр научного партнерства "Новая Наука" (ИП Ивановская Ирина Игоревна). 2019. С. 458-463. EDN: IRKAAP
8. Тиридатов С.А., Мохов В.А. Обзор патентной ситуации относительно радиоуправляемых рыболовных корабликов // Моделирование. Теория, методы и средства: Материалы 15-ой Международной научно-практической конференции, Новочеркасск, 10 марта 2021 года. Новочеркасск: Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова. 2021. С. 88–90.
9. Алчинов А.И., Гороховский И.Н. Концепция создания прикладной географической информационной системы моделирования поисковых корреляционно-экстремальных систем автономной навигации // Проблемы управления. 2022. № 1. С. 54-66. DOI: 10.25728/ru.2022.1.4 EDN: FIOZKO

10. Дидух И. Перспективы применения беспилотников // Гражданская защита. 2020. № 9 (541). С. 45–49. EDN: ZLJGFP

11. Кузьмина Т.О., Тупикова М. Система управления для автономного мобильного робота // Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Москва, 06 декабря 2021 года. Москва: ООО "Институт развития образования и консалтинга". 2021. С. 171–179. DOI: 10.34755/IROK.2021.46.88.007 EDN: MLDGMS

12. Zeng C. The impacts of environmental variables on water reflectance measured using a light-weight unmanned aerial vehicle (UAV)-based spectrometer system. ISPRS J // Photo-gramm. Remote Sens. 2017. Pp. 217–230. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2017.06.004 EDN: YFQOHJ

13. Shoda M.E. Water-quality trends in U.S. rivers, 2002 to 2012: Relations to levels of concern. 2019. 650. Pp. 2314–2324. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.09.377

14. Safarov J., Jatsun S., Yatsun A., Knyazev S. Simulation of Underwater Robot Autonomous

Motion Along Predetermined Straight Path // Electromechanics and Robotics. Springer, Singapore, 2021. Pp. 73–84. DOI: 10.1007/978-981-16-2814-6_7 EDN: ZRWKIC

15. Yang K. Spatial and temporal variations in the relationship between lake water surface temperatures and water quality - A case study of Dianchi Lake. 2018. Pp. 859–871. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.12.119

16. Li D. Wireless Sensor Networks in Water Quality Monitoring // In Water Quality Monitoring and Management. Academic Press: Cambridge, MA. USA. 2019. Pp. 55–100. DOI: 10.1016/B978-0-12-811330-1.00002-8

17. Melo M. Development of a Robotic Airboat for Online Water Quality Monitoring in Lakes. Robotics 2019. 19 p. DOI: 10.3390/robotics8010019 EDN: WYTTEE

18. Коваленко С.С. Разработка и реализация роботизированного устройства для забора проб воды и регистрации ее характеристик: ВКР: 15.03.06 / Коваленко Семен Сергеевич; науч. рук. О. Г. Худасова; НИУ БелГУ. Белгород, 2024. 92 с.

Информация об авторах

Коваленко Семен Сергеевич, магистр кафедры информационных и робототехнических систем. E-mail: 1471144@bsu.edu.ru. Белгородский государственный национальный исследовательский университет «НИУ БелГУ». Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.

Шеметова Ольга Михайловна, кандидат технических наук, ассистент кафедры информационных и робототехнических систем. E-mail: olga95kizilova@gmail.com. Белгородский государственный национальный исследовательский университет «НИУ БелГУ». Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.

Худасова Ольга Геннадьевна, старший преподаватель кафедры информационных и робототехнических систем. E-mail: hudasova_og@bsu.edu.ru. Белгородский государственный национальный исследовательский университет «НИУ БелГУ». Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.

Нестерова Елена Викторовна, кандидат экономических наук, доцент кафедры информационных и робототехнических систем. E-mail: nesterova@bsu.edu.ru. Белгородский государственный национальный исследовательский университет «НИУ БелГУ». Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, д. 85.

Демура Наталья Анатольевна, кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры экономики и организации производства. E-mail: ndemurs@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 15.11.2024 г.

© Коваленко С.С., Шеметова О.М., Худасова О.Г., Нестерова Е.В., Демура Н.А., 2025

^{1,*}**Kovalenko S.S.**, ¹**Shemetova O.M.**, ¹**Khudasova O.G.**, ¹**Nesterova E.V.**, ²**Demura N.A.**

²*Belgorod State National Research University "NRU BelSU"*

¹*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*

**E-mail: 1471144@bsu.edu.ru*

DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF A ROBOTIC DEVICE FOR COLLECTING WATER SAMPLES

Abstract. The modern world is inextricably linked with the development of robotics and information technology. These two areas closely interact with each other, making significant changes in various areas of human

life. The relevance of solving this issue increases with the increase in the number of Robotics plays an important role in industry, medicine, education and many other areas. Robotic solutions for collecting water samples allow improving existing technological processes, freeing people from labor-intensive dangerous work. The developed device described in the article should eliminate the risk of human interaction with the environment being studied, as well as optimize the process of taking and examining samples. The considered device for collecting water samples refers to an automatic device that can work together with an operator (laboratory assistant) for automated sampling from a visually defined area, or from pre-set points to eliminate contact with an object or a presumably contaminated area. The article describes the design of a robotic device for collecting water samples, shows its electronic digital model and studies the performance of the device using various software products. Namely, using the FLOW Simulation module with simulated real conditions of the flow of the aquatic environment and FLOATSOFT.

Keywords: robotic device, water sampling, water samples, FLOATSOFT, Flow Simulation, water samples.

REFERENCES

1. Baranov Yu.E., Egorov V.A. Application of an alphanumeric indicator for displaying information in a microcontroller system [Primeneniye alfavitno-tsifrovogo indikatora dlya otobrazheniya informatsii v mikrokontrollernoy sisteme]. Youth and Science: Current Issues of Fundamental and Applied Research: Proceedings of the VI All-Russian National Scientific Conference of Young Scientists. In 3 parts, Komso-molsk-on-Amur, April 10-14, 2023. Volume Part 1. Komsomolsk-on-Amur: Komsomolsk-on-Amur State University. 2023. Pp. 203–206. EDN: OYXYGG (rus)
2. Dremlyuga G.P., Mazulin G.A. Small-sized, mini and micro unmanned aerial vehicles [Malogabaritnyye, mini i mikro bespilotnyye letatel'nyye apparaty]. Problems of development of ship weapons and shipboard electronic equipment. 2016. No. 2 (7). Pp. 70–79. (rus).
3. Egorova Yu.D., Safarov A.M. Surface water monitoring. Automated analysis of water samples [Monitoring poverkhnostnykh vod. avtomatizirovannyi analiz prob vody]. Innovations in science: development paths: materials of the X All-Russian scientific and practical conference, Cheboksary, December 26, 2018. Cheboksary: Non-governmental educational private institution of additional professional education "Expert and Methodological Center". 2019. Pp. 11–14. (rus).
4. Elokhin A.P., Ulin S.E., Vasilenko A.A. Method for determining and transmitting data on radioactive contamination of the bottom surface of deep-sea areas [Metod opredeleniya i peredachi dannykh o radioaktivnom zagryaznenii donnoy poverkhnosti glubokovodnykh akvatoriy]. Atomic energy. 2021. Vol. 130. No. 6. Pp. 338–343. DOI: 10.1007/s10512-022-00824-0 EDN: AGBNIE (rus).
5. Landyk V. S. Study of the possibility of developing isokinetic devices for sampling water and steam [Izucheniye vozmozhnosti razrabotki izokineticheskikh ustroystv otbora prob vody i para]. Radio electronics, electrical engineering and power engineering: Abstracts of reports, Moscow, March 14–15, 2019. Moscow: Limited Liability Company "Rainbow Printing Services Center". 2019. 870 p.
6. Filina O.N., Lukashenko I.M., Kalinkevich G.A. Determination of organic contaminants in water and sludge samples [Opredeleniye organicheskikh zagryazneniy v probakh vody i ila]. Analytics and control. 2022. Vol. 2. No. 3-4. Pp. 52–58. (rus).
7. Sachkov A.G., Yakovleva T.I. Physico-chemical study of water samples from open reservoirs of the Bugulmina-Belebeevskaya Upland [Fiziko-khimicheskoye issledovaniye prob vody otкрыtykh vodoyemov Bugul'mino-Belebeevskoy vozvysheynosti]. ACHIEVE-MENTS and PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF YOUTH science: collection of articles from the International scientific and practical conference, Petrozavodsk, December 25, 2019. Petrozavodsk: International Center for Scientific Partnership "New Science" (IP Ivanovskaya Irina Igorevna). 2019. Pp. 458–463. (rus).
8. Tiridatov S.A., Mokhov V.A. Review of the patent situation regarding radio-controlled fishing boats [Obzor patentnoy situatsii otnositel'no radioupravlyayemykh rybolovnykh korablikov]. Modeling. Theory, methods and means: Proceedings of the 15th International Scientific and Practical Conference, Novocherkassk, March 10, 2021. Novocherkassk: South-Russian State Polytechnical University (NPI) named after M. I. Platov. 2021. Pp. 88–90. (rus).
9. Alchinov A.I., Gorokhovskiy I.N. Concept of creating an applied geographic information system for modeling search correlation-extreme systems of autonomous navigation [Obzor patentnoy situatsii otnositel'no radioupravlyayemykh rybolovnykh korablikov]. Problems of Management. 2022. No. 1. Pp. 54–66. DOI: 10.25728/pu.2022.1.4 EDN: FIOZKO (rus)
10. Didukh I. Prospects for the Use of Drones [Perspektivy primeneniya bespilotnikov]. Civil Defense. 2020. No. 9 (541). Pp. 45–49. EDN: ZLJGFP (rus)

11. Kuzmina T.O., Tupikova M. Control system for an autonomous mobile robot [Sistema upravleniya dlya avtonomnogo mobil'nogo ro-bota]. Actual problems of science and education in the context of modern challenges: collection of materials from the VI International Scientific and Practical Conference, Moscow, December 06, 2021. Moscow: Institute for Education Development and Consulting LLC. 2021. Pp. 171–179. DOI: 10.34755/IROK.2021.46.88.007 EDN: MLDGMS (rus)

12. Zeng C. The impacts of environmental variables on water reflectance measured using a lightweight unmanned aerial vehicle (UAV)-based spectrometer system. ISPRS J. Photo-gramm. Remote Sens. 2017. Pp. 217–230.

13. Shoda M.E. Water-quality trends in U.S. rivers, 2002 to 2012: Relations to levels of concern. 2019. 650. Pp. 2314–2324.

14. Safarov J., Jatsun S., Yatsun A., Knyazev S. Simulation of Underwater Robot Autonomous

Motion Along Predetermined Straight Path. Electromechanics and Robotics. Springer, Singapore, 2021. Pp. 73–84.

15. Yang K. Spatial and temporal variations in the relationship between lake water surface temperatures and water quality-A case study of Dianchi Lake. 2018. Pp. 859–871. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.12.119

16. Li D. Wireless Sensor Networks in Water Quality Monitoring. In Water Quality Monitoring and Management. Academic Press: Cambridge, MA, USA. 2019. Pp. 55–100.

17. Melo M. Development of a Robotic Airboat for Online Water Quality Monitoring in Lakes. Robotics 2019. P. 19. DOI: 10.3390/robotics8010019 EDN: WYTTEE

18. Kovalenko S.S. Development and implementation of a robotic device for collecting water samples and recording its characteristics: Final qualifying work: 15.03.06. Kovalenko Semyon Sergeevich; scientific supervisor O. G. Khudasova; National Research University Belgorod State University. Belgorod, 2024. 92 p.

Information about the authors

Kovalenko, Semyon S. Master's student of the Department of Information and Robotic Systems. E-mail: 1471144@bsu.edu.ru. Belgorod State National Research University "NRU BelSU". Russia, 308015, Belgorod, Pobedy St., 85.

Shemetova, Olga M. Candidate of Technical Sciences, Assistant of the Department of Information and Robotic Systems. E-mail: olga95kizilova@gmail.com. Belgorod State National Research University "NRU BelSU". Russia, 308015, Belgorod, Pobedy St., 85.

Khudasova, Olga G. Senior Lecturer of the Department of Information and Robotic Systems. E-mail: hudasova_og@bsu.edu.ru. Belgorod State National Research University "NRU BelSU". Russia, 308015, Belgorod, Pobedy St., 85.

Nesterova, Elena V. Candidate of economic sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information and Robotic Systems. E-mail: nesterova@bsu.edu.ru. Belgorod State National Research University "NRU BelSU". Russia, 308015, Belgorod, Pobedy St., 85.

Demura, Natalia A. Candidate of economic sciences, Associate Professor, Senior Lecturer, Department of Economics and Organization of Production. E-mail: ndemurs@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova St., 46.

Received 15.11.2024

Для цитирования:

Коваленко С.С., Шеметова О.М., Худасова О.Г., Нестерова Е.В., Демура Н.А. Разработка прототипа роботизированного устройства для забора проб воды // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2025. № 8. С. 116–129. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-8-116-129

For citation:

Kovalenko S.S., Shemetova O.M., Khudasova O.G., Nesterova E.V., Demura N.A. Development of a prototype of a robotic device for collecting water samples. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2025. No. 8. Pp. 116–129. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-8-116-129