

ГБУДОПО «Центр развития творчества детей и юношества»

**Модель автономного роботизированного многофункционального  
модульного транспортного средства,  
для изучения и обслуживания водоемов малой глубины  
на основе робототехнического комплекта Lego Mindstorms EV3**

Королева София, ученица 7 класса

Зотов Андрей, ученик 7 класса

Руководитель: педагог дополнительного образования

Пеганов Станислав Юрьевич

Пенза 2023 г.

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ.....	3
НАЗНАЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА .....	5
СОСТАВ УСТРОЙСТВА .....	5
ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА.....	6
ИСПЫТАНИЯ .....	15
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	16
ЛИТЕРАТУРА.....	16

## **ВВЕДЕНИЕ**

Сохранение водных объектов страны является одной из важных задач и условием устойчивого развития нашего государства.

В стране создана система государственного мониторинга за состоянием водных объектов. Однако наблюдение ведется только за крупными водоемами и не охватывает подавляющее большинство малых рек, озер и прудов. Между тем ценность малых водоемов чрезвычайно высока. Исчезновение таких объектов значительно обедняет биоразнообразие любого природного комплекса.

В настоящее время систематические наблюдения за малыми водоемами в рамках государственного мониторинга не проводятся. Но эти водоемы могут и должны стать объектами общественного экологического мониторинга.

Для проведения комплексной оценки экологического состояния водоема необходимо их рекогносцировочное обследование. Целью нашей работы являлась разработка устройства для такого обследования состояния малых водоемов.

Поэтому в нашей проектной работе была сделана попытка показать возможность использования современных робототехнических конструкторов для организации системы общественного мониторинга малых водоемов страны

**Цель:**

**Создать модель роботизированного транспортного средства для использования его на водоемах малой глубины в целях сбора мусора, измерения различных физико-химических параметров, забора проб воды и придонных отложений, подкормки рыбы.**

**Задачи:**

1. Добиться максимальной автономности функционирования данного устройства.
2. Создать дружелюбный интерфейс взаимодействия устройства с пользователем.
3. Разработать конструкцию устройства, позволяющую в кратчайшие сроки и с минимальной трудоемкостью решать различные задачи.
4. Обеспечить минимальную стоимость устройства и его эксплуатации.

**Актуальность**

Для проведения различных исследований и работ на водоемах необходимо наличие плавательного средства, лодки, катера и т.д., которые требуют либо средства транспортировки (прицеп) либо занимают достаточно много времени для подготовки (надувная лодка). Мы предлагаем для проведения такого рода работ автономное роботизированное устройство, которое без каких-либо затруднений помещается в любой автомобиль или в случае необходимости может легко разобрано и переноситься в рюкзаке.

## НАЗНАЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА

Автономное роботизированное многофункциональное модульное транспортное средство на основе робототехнического комплекта **LEGO MINDSTORMS Education EV3** предназначено для:

1. Для сбора плавающего мусора на поверхности водоема.
2. Для доставки и выгрузки в различные места водоема различных грузов (корма, химикатов, наблюдательных буйев и т.д.).
3. Измерения различных физико-химических параметров: температуры, растворенного кислорода, уровня pH и т.д.
4. Забора проб воды с поверхности и определенной глубины, образцов придонных отложений и т.д.

Также созданная нами модель может быть легко адаптирована под различные другие цели и задачи, возникающие в различных сферах жизнедеятельности человека.



## СОСТАВ УСТРОЙСТВА

1. Робототехнический комплект **LEGO MINDSTORMS Education EV3**.
  - 1.1. Четыре больших мотора.
  - 1.2. Два воздушных пропеллера.
  - 1.3. Микрокомпьютер EV3.
  - 1.4. Гироскопический датчик.
  - 1.5. Соединительные модули и элементы.
2. Сантехнические трубы.
3. Устройство электропитания на основе Li-Po аккумулятора 11,1В и DC-DC преобразователя XL6019.
4. Датчик температуры LM35.
5. Устройство согласования датчика температуры LM35 с микрокомпьютером EV3.
6. Датчики лаборатории Vernier.
7. Батометр горизонтальный (батометр Ван-Дорна) собственной конструкции.
8. Синий и красный мигающие светодиоды.
9. Программное обеспечение LEGO® MINDSTORMS® Education EV3
10. Программа обеспечения автоматизированной работы.

## ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА

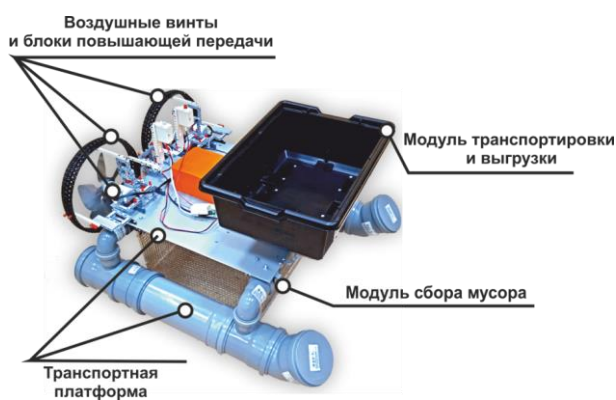
Основой данного устройства являются детали робототехнического комплекта **LEGO MINDSTORMS Education EV3**, а также дополнительные датчики, приспособления и конструкции изготовленные на 3D-принтере.

В основу данного автономного роботизированного плавающего устройства положен модульный принцип построения.

Основные модули:

1. Транспортная платформа.
2. Модуль сбора плавающего мусора.
3. Модуль транспортировки и выгрузки корма, химикатов, различных грузов и т.д.
4. Модуль измерения различных физико-химических параметров.
5. Модуль забора проб воды и донных отложений.

Данное устройство может быть дополнено другими модулями по мере необходимости.



### Транспортная платформа

В качестве плавающей платформы устройства была создана конструкция из сантехнических труб диаметром 110 и 50 мм и различных фитингов к ним. Сверху к ним прикреплена площадка из композитного материала.

Данная плавающая платформа реализована по схеме катамарана, которая обеспечивает наибольшую устойчивость на воде в любых условиях.

Преимущества использования данных материалов заключаются в простоте монтажа и легкости обеспечения герметичности всей конструкции.

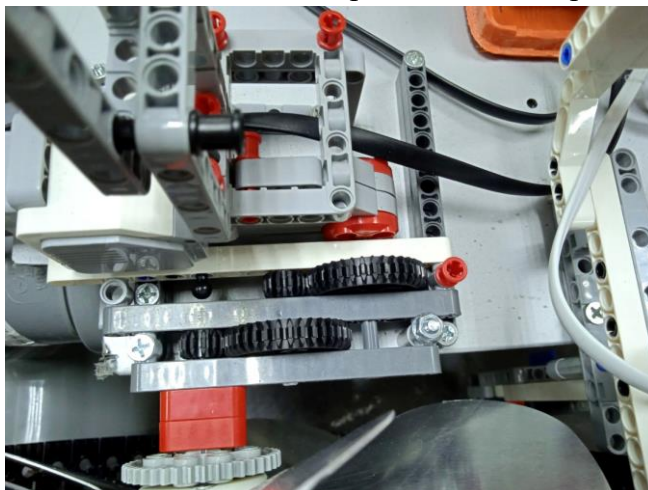
Также к преимуществам можно отнести малый вес, высокую прочность и простоту сборки/разборки в случае пешей транспортировки.



## Двигатель

В качестве двигателя платформы были выбраны воздушные винты. Данный выбор обусловлен в первую очередь характером преимущественных мест эксплуатации устройства - озера и пруды, которые характеризуются малой глубиной и наличием большого числа различных подводных препятствий: водорослей, коряг и др. Также отсутствие гребного винта гарантирует отсутствие влияния на взятие проб воды и измерение химико-физических параметров.

Для вращения воздушных винтов используются большие моторы Lego EV3 и сконструированный нами двухступенчатая повышающая передача на шестеренок Lego EV3.

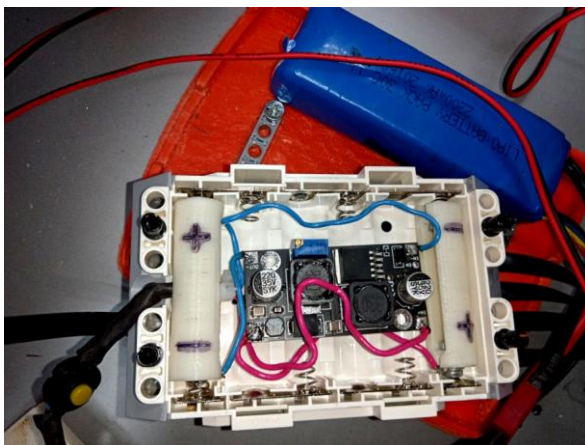


Передаточное число данной зубчатой передачи составляет 1:9.

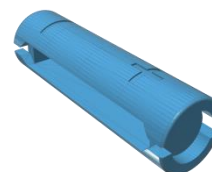
Исходя из максимального числа оборотов больших моторов Lego EV3 в 160-170 об/мин, скорость вращения воздушных винтов без учета потерь должны составить 1440-1530 об/мин.

Два воздушных винта необходимы для управления маневрированием платформы. Использование двух воздушных винтов обеспечивает большую маневренность и простоту конструкции, а также большой воздушный поток.

## Устройство электропитания



Электропитание микропроцессорного блока Lego EV3 обеспечивается использованием Li-Po аккумулятора 11,1В емкостью 3000 мАч и универсальным DC-DC преобразователя XL6019. Для подключения к контактам питания блока используются адаптеры гальванических элементов АА, смоделированные в 3D-редакторе и распечатанные на 3D-принтере.





Универсальный DC-DC преобразователя XL6019 обеспечивает:

Входное напряжение: 3 - 40 В

Выходное напряжение: 5 - 45 В

Выходной ток нагрузки: 5 А

В нашем устройстве выходное напряжение отрегулировано на величину 9В, как и стандартное питание Lego EV3.

Использование аккумулятора большей емкости обеспечивает большее время автономной работы и простоту замены, а использование преобразователя обеспечивает стабильность напряжения электропитания независимо от степени разряда аккумулятора до определенных пределов.

### **Модуль сбора плавающего мусора.**

Модуль сбора плавающего мусора представляет собой короб из металлической оцинкованной сетки, прикрепляемый на съемных элементах к транспортной платформе. В передней части короба сетка отсутствует для забора плавающего мусора при движении платформы.





## Устройство согласования датчика температуры LM35 с микрокомпьютером EV3

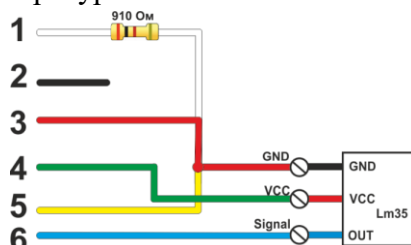
Устройство согласования предназначено для подключения аналогового датчика температуры LM35 к портам сенсоров микрокомпьютера EV3.

Назначение контактов разъемов «1-4» Lego Mindstorms EV3:

Номер контакта	Цвет провода	Имя	Назначение
1		AN	Аналоговый вход/ Питание 9 В
2		GND	Общий (земля)
3		GND	Общий (земля)
4		4.3 V Power	Питание 4,3 В
5		DIGAI0	Цифровой вход 0. I2C Clock (SCL), RS-485 B
6		DIGIA1	Цифровой вход 1. I2C Data (SDA), RS-485 A

При этом следует учитывать что контакт №1 используется для подключения датчиков NXT, а контакт №6 для подключения аналоговых датчиков EV3.

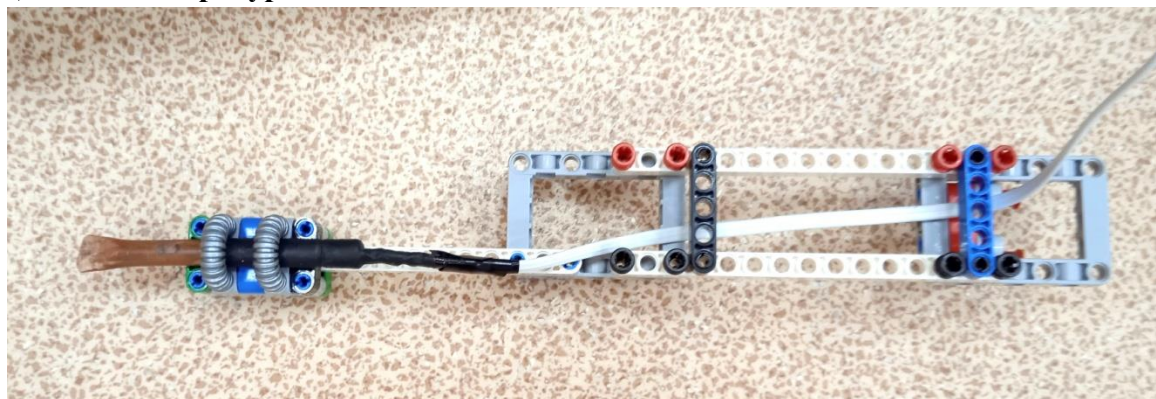
Схема подключения датчика температуры LM35:



Сопротивление в 910 Ом, подключенное согласно схеме сообщает контроллеру, что данный порт необходимо переключить в режим аналогового входа.

В режиме измерения температуры воды блок записывает необработанные значения датчика в собственную память. И по прибытию к оператору данные выгружаются на компьютер (планшет или ноутбук) и обрабатываются с помощью формулы полученной при калибровке датчика и аппроксимации данных.

### Датчик температуры воды



Для измерения температуры воды устройством используется самостоятельно изготовленная конструкция, обеспечивающая герметичность датчика LM35 и места пайки.



В основе корпуса датчик - медная трубка обжата с одной стороны и облуженная. С другой стороны надеты несколько термоусадочных трубок на каждый провод в отдельности, общая на все провода и внутрь медной трубки, и общая на провод и медную трубку.

### Датчик Vernier растворенного кислорода в воде

Датчик Vernier растворенного кислорода в воде, входит в комплект школьной лаборатории по химии и биологии Vernier. Он может быть использован для проведения широкого спектра исследований по определению изменения уровня растворенного кислорода.



- Встроенная компенсация температуры позволяет калибровать в лаборатории, затем проводить измерения на улице без необходимости повторной калибровки.
- Одноразовые колпачки с предварительно вставленными мембранами позволяют быстро и удобно менять мембраны.
- Калибровка в единицах, которые вы выберете: %, мг/л или ppm

Технические характеристики

Диапазон: от 0 до 15 мг/л (или ppm)

Точность:  $\pm 0.2$  мг/л

Время ответа: 95% конечного чтения за 30 секунд, 98% за 45 секунд

Типичное разрешение: 0,014 мг/л

Компенсация температуры автоматическая 5-35 ° C

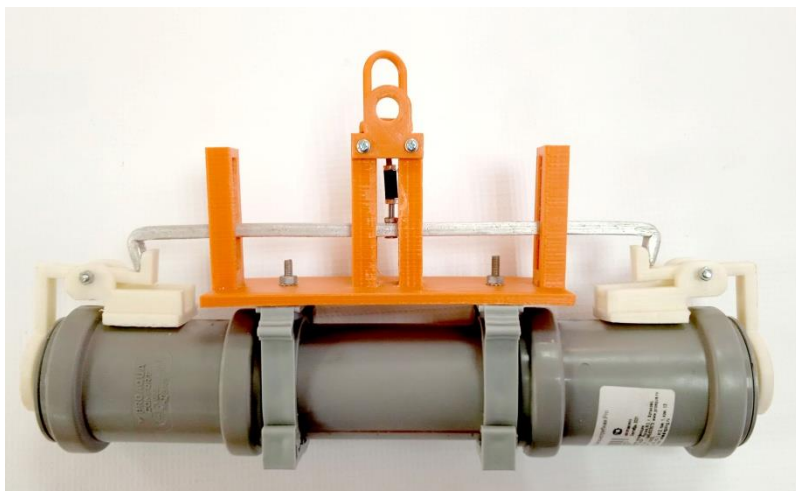
Компенсация солености: согласно инструкций

Минимальный поток образца: 20 см/сек

Для подключения Lego EV3 используется специальный блок сопряжения



## Батометр горизонтальный (батометр Ван-Дорна)



Батометр предназначен для отбора проб воды с заданной глубины водоемов . При погружении клапаны прибора находятся в открытом состоянии.

Конструкция используемого батометра создана на основе сантехнических труб диаметром 50мм и их фитингов, а так же самостоятельно разработанных и изготовленных 3D -деталей.

При использовании батометра человеком закрытие клапанов батометра на нужной глубине производится при помощи посыльного груза, который опускаясь открывает запорное устройство клапанов. В нашем устройстве применен иной принцип закрытия клапанов. Как видно из фото, для опускания батометра используется один трос и мотор, для привода запорного устройства используется второй трос и мотор.

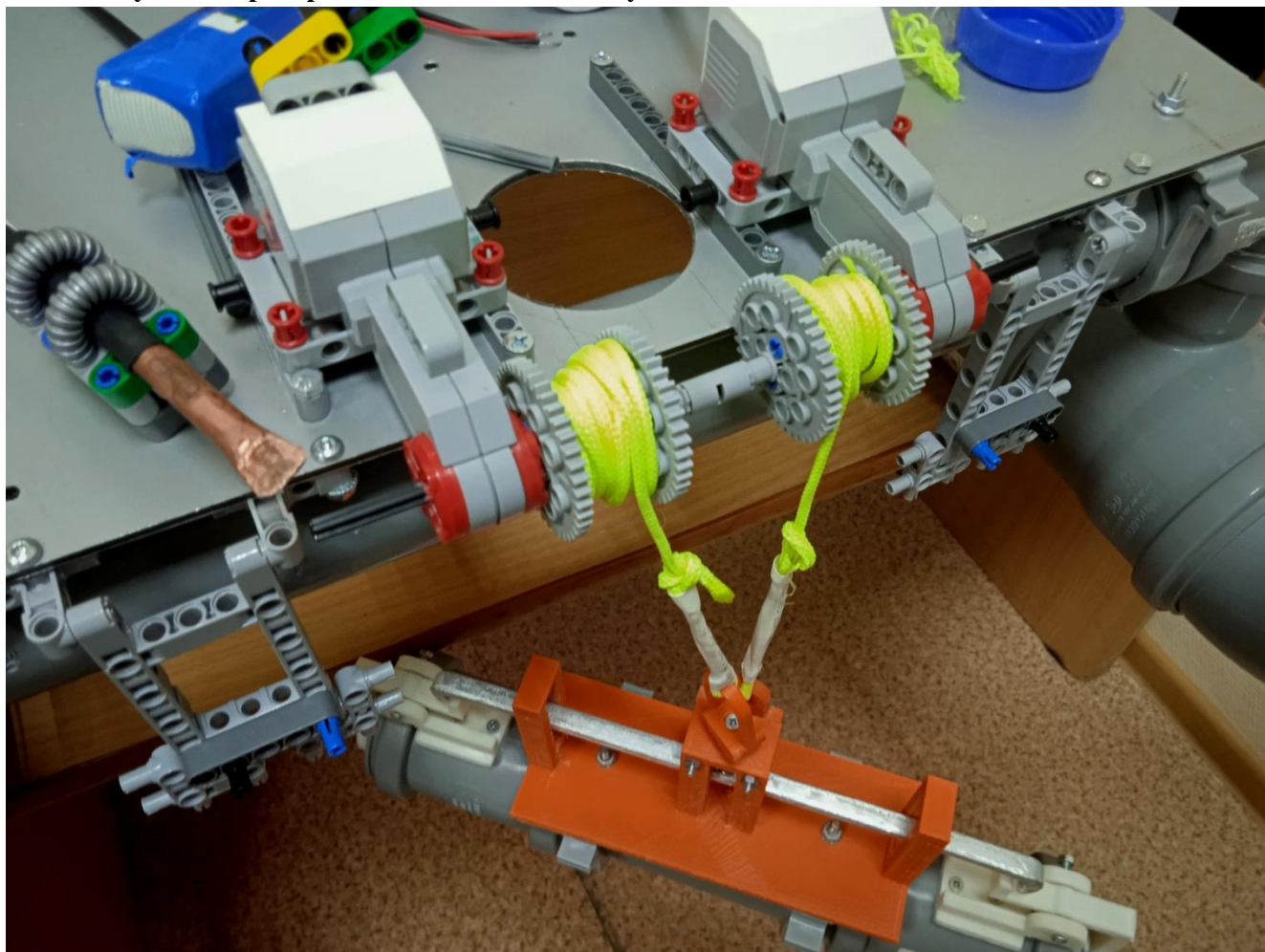
Порядок забора воды с определенной глубины:

1. Взвести клапана вручную.
2. Отправить платформу в нужную точку.
3. Ослабить трос привода запора клапанов.
4. Опустить батометр на заданную глубину.

5. Поднимать батометр за трос привода запора клапанов, вследствие чего запорное устройство выйдет из зацепления с клапанами и емкость батометра останется то с водой, взятой на заданной глубине.



### Модуль забора проб воды с заданной глубины.



Модуль забора воды с заданной глубины включает в себя батометр и два барабана со шнурами установленные двигатели платформы. Правый мотор на фото предназначен для спуска заборного устройства, а левый для подъема запорного клапана и самого устройства.

Спуск на заданную глубину определяется из расчета 1 оборот барабана – 10см шнура вниз.

### Программное обеспечение

Для обеспечения работоспособности данного автоматизированного устройства разработана программа управления (Программное обеспечение LEGO® MINDSTORMS® Education EV3), которое обеспечивает:

1. Дистанционное управление устройством для сбора плавающего мусора, транспортировки и выгрузки корма, химикатов и реактивов.
2. Автоматизированный режим сбора плавающего мусора.
3. Измерение различных физико-химических параметров и запись их в память блока для дальнейшей выгрузки и обработки в стационарных условиях.
4. Забор проб воды на поверхности и на заданной глубине.

### Автоматизированный режим сбора плавающего мусора.

Для движения в автоматизированном режиме используется гироскопический датчик и второй блок Lego EV3.

Гироскопический датчик обеспечивает прямолинейность движения относительно берега.

Второй блок передает команду на поворот, после нажатия кнопки оператором при приближении к берегу.

### Измерение различных физико-химических параметров.

На данный момент реализовано измерение двух параметров: температуры и насыщения кислородом воды у поверхности водоема.

Данные как было указано выше, записываются в память блока, а затем выгружаются на компьютер для дальнейшей обработки.

Данные с датчика Vernier растворенного кислорода не нуждаются в дальнейшей обработке и выгружаются непосредственно в мг/л.

Показания датчика температуры выгружаются в условных единицах и требуют дальнейшего перевода в градусы Цельсия.

Перевод осуществляется по формуле полученной в результате калибровки датчика температуры. В ходе калибровки использовался эталонный электронный термометр и емкость с водой различной температуры. В результате была получена следующая таблица значений:

Необработанное значение	Эталонный датчик С°
72	-1,5
104	10
128	15,8
172	20,2
220	25
264	29,3

Была проведена с использованием онлайн-сервисов, аппроксимация данных и получена формула для перевода значений:

аппроксимация данных — Вид: X | аппроксимация данных: окта: X | аппроксимация данных: окта: X | Онлайн калькулятор: Апрокс: X +



PLANETCALC Онлайн калькуляторы

$y = 0.002^{0.01x}$

Коэффициент корреляции <b>0.74</b>	Коэффициент детерминации <b>0.55</b>	Средняя ошибка аппроксимации, % <b>40.55 %</b>	
Показательная регрессия $y = 1.70 \cdot 1.01^x$	Коэффициент корреляции <b>0.57</b>	Коэффициент детерминации <b>0.32</b>	Средняя ошибка аппроксимации, % <b>57.93 %</b>
Логарифмическая регрессия $y = -86.98 + 20.87 \cdot \ln x$	Коэффициент корреляции <b>1.00</b>	Коэффициент детерминации <b>0.99</b>	Средняя ошибка аппроксимации, % <b>10.73 %</b>
Гиперболическая регрессия $y = 37.21 - \frac{2671.41}{x}$	Коэффициент корреляции <b>0.99</b>	Коэффициент детерминации <b>0.98</b>	Средняя ошибка аппроксимации, % <b>21.11 %</b>
Экспоненциальная регрессия $y = e^{0.03 \cdot 0.01x}$	Коэффициент корреляции <b>0.57</b>	Коэффициент детерминации <b>0.32</b>	Средняя ошибка аппроксимации, % <b>57.93 %</b>

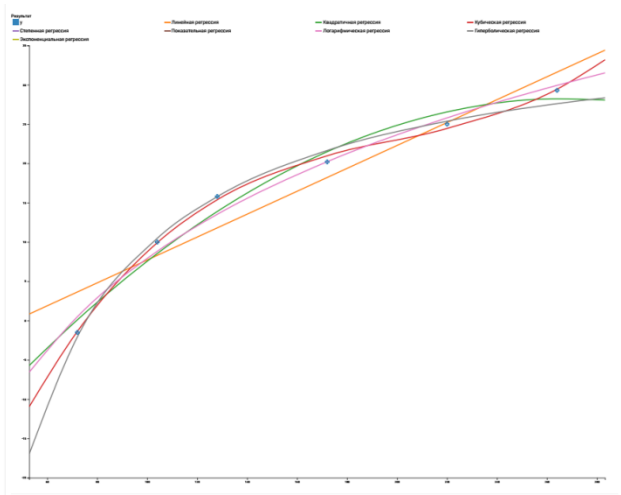
Поделитесь этой страницей

поделиться расчетом



РЕЗУЛЬТАТ

16:28 19.11.2021

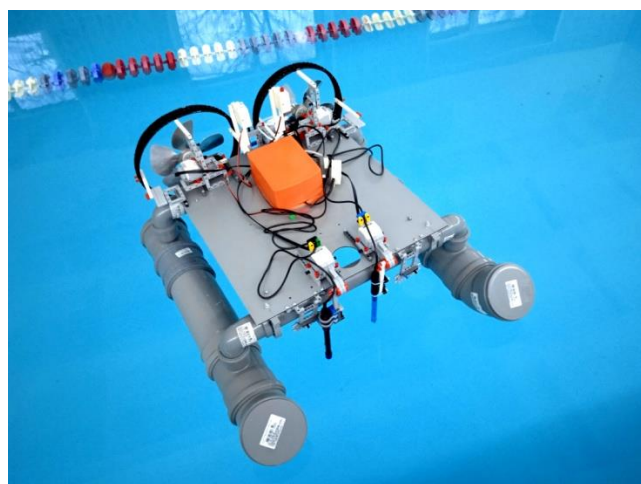
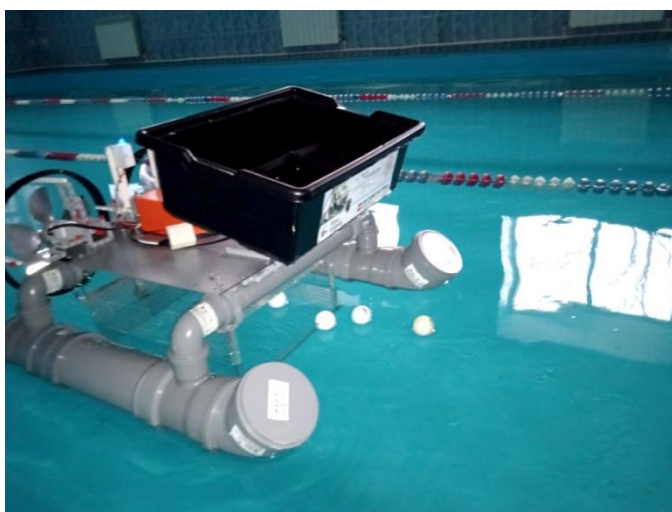


## ИСПЫТАНИЯ

Испытания устройства проходили в бассейне МБОУ Лицей №73, в результате испытаний были отработаны следующие действия:

1. Маневрирование по поверхности воды.
2. Имитация выгрузки корма (шарики для малого тенниса).
3. Сбор мусора в режиме дистанционного управления.
4. Автоматическое движение вдоль борта по гироскопическому датчику.
5. Измерение параметров и выгрузка данных.
6. Взятия проб воды.

Испытания прошли успешно, показали необходимость дальнейшей работы над совершенствованием программы автоматического управления движением и получения устойчивых навыков управления платформой в ручном режиме.



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Разработанная модель автономного роботизированного многофункционального модульного транспортного средства по результатам испытаний способно обеспечить выполнение поставленных перед ним задач. Определены следующие этапы работы:

1. Проведение испытаний в естественных условиях.
2. Создание аналогичного транспортного средства на основе платформы Arduino с использованием средств спутниковой навигации и полноценных систем связи и управления.

Консультации с представителями исследователей окружающей среды и защиты природы показали большую заинтересованность в использовании нашего устройства.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. <http://karandashsamodelkin.blogspot.com/2016/05/lego-mindstorms-ev3.html>
2. <https://www.youtube.com/watch?v=C3CG5JNmRBI>
3. [http://smartep.ru/index.php?page=lego\\_mindstorms\\_hardware](http://smartep.ru/index.php?page=lego_mindstorms_hardware)
4. <http://karandashsamodelkin.blogspot.com/2016/05/lego-mindstorms-ev3.html>
5. <https://www.philohome.com/nxtspotlight/spotlight.htm>
6. [http://eco-project.org/data/upload/Razrabotka\\_ustroystva\\_dlya\\_monitoringa\\_sostoyaniya\\_vodoemov.-20130124021714.pdf](http://eco-project.org/data/upload/Razrabotka_ustroystva_dlya_monitoringa_sostoyaniya_vodoemov.-20130124021714.pdf)



## РЕЦЕНЗИЯ

На проект

**Модель автономного роботизированного многофункционального модульного транспортного средства, для изучения и обслуживания водоемов малой глубины на основе робототехнического комплекта Lego Mindstorms EV3**

Вышеназванная работа демонстрирует в первую очередь огромное стремление учащихся, проделавших данную работу, к изучению таких науки как физика, информатика, технология и претворению полученных знаний в практическую плоскость повседневной жизни.

Авторы проекта поставили перед собой цель - создать модель роботизированного транспортного средства для использования его на водоемах малой глубины в целях сбора мусора, измерения различных физико-химических параметров, забора проб воды и придонных отложений, подкормки рыбы.

К достоинствам проекта можно отнести:

1. В проекте использованы воздушные винты, что позволяет катамарану беспрепятственно перемещаться по водоемам любой, в том числе сверхмалой, глубины.
2. Применены удачные технические решения для задач сбора предметов с поверхности водоема, забора проб воды с заданной глубины, измерения температуры заборной воды.
3. Проект креативен, эстетичен, имеет очевидные области практического применения.

Считаю, что проведенная работа заслуживает высокой оценки с точки зрения актуальности выбранной темы и ее реализации на практике.

Педагог дополнительного образования  
ГБУДОПО «Центр развития творчества  
детей и юношества»



С.Ю. Пеганов