

Университет Правительства Москвы

VIII Конкурс исследовательских и проектных работ обучающихся
образовательных
организаций города Москвы и Московской области
«Мегаполис XXI века – город для жизни» в 2023/2024 учебном году

Конкурсная работа

На тему: **«СОЛНЕЧНЫЙ ОЧИСТИТЕЛЬ ВОДОЁМОВ
(SOLAR CLEANER)»**

Выполнена:

учащимся 11 А класса

ГБОУ Школы №2045 им. Героя Российской Федерации

Д. А. Разумовского

Тихомировым Николаем Алексеевичем

Подпись ТМ

Научные руководители работы:

Кузнецова Людмила Валерьевна,

Панченко Владимир Анатольевич

Руководитель учебного корпуса 2011 ГБОУ Школы №2045 им. Героя
Российской Федерации Д. А. Разумовского,

Рыкова Татьяна Михайловна

Подпись ТМ

Москва

2023-2024

ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ

Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города Москвы
«Школа № 2045 имени Героя Российской Федерации Д. А. Разумовского»

Зеленоград, корпус 2031, Москва, 124365

Телефон (499) 210-0771 E-mail: 2045@edu.mos.ru <http://www.sch2045zg.mskobr.ru>

ОКПО 14172644, ОГРН 1127747118025, ИНН/КПП 7735589106/773501001

Отзыв

на проектную работу
по теме «СОЛНЕЧНЫЙ ОЧИСТИТЕЛЬ ВОДОЁМОВ
(SOLAR CLEANER)»

учащегося 11 А класса ГБОУ Школы №2045 им. Героя Российской
Федерации Д. А. Разумовского
Тихомирова Николая Алексеевича

Представленный проект выполнялся на базах нескольких образовательных организаций – ГБОУ Школа №2045 им. Героя Российской Федерации Д. А. Разумовского и Российского университета транспорта (МИИТ).

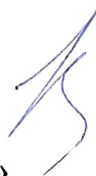
Тематика проекта актуальная и представляет интерес, работа выполнена на достаточном уровне, который предъявляется к работам подобного рода. Формулировки цели и задач работы точные и достаточные, задачи, поставленные в работе, выполнены в полном объеме, выбранные методы исследования и использованное оборудование целесообразны и уместны для решения поставленных задач. Тема работы раскрыта в полном объеме, также авторами планируется дальнейшие исследования, которые указаны в проекте. Представленная работа несет практическую значимость для дальнейшего внедрения полученных результатов в соответствующих областях экономики. Тема и содержание работы соответствуют указанному уровню общего образования.

Представленная работа состоит из введения, где рассмотрено современное состояние рассматриваемой тематики работы и проблематика, которую планируется авторами решить. Описана актуальность представленной работы, указаны аналоги программного обеспечения, определена цель и поставлены задачи, которые планируется решить. Приведены гипотеза, методы и инструменты, указано место и сроки выполнения работы, представлена комплектация и принцип работы проекта. Также в работе указаны достоинства и недостатки, приведено руководство по его эксплуатации. Оформление текстовой и графической частей работы выполнены в соответствии с требованиями. В заключении работы представлены результаты и обсуждения, направление дальнейших исследований, выводы и список используемой литературы, объем и содержание которого достаточны для информационного и справочного сопровождения проекта.

В целом, на основе вышеизложенного, представленная работа на достаточно высоком уровне и соответствует требованиям, которые предъявляются к подобного рода работам, а также заслуживает высокой

оценки на конкурсе исследовательских и проектных работ, обучающихся образовательных организаций города Москвы и Московской области.

Руководитель проекта,
учитель физики высшей категории
куратор проектного офиса
«Инженерный класс в Московской школе»



Кузнецова Л. В .

Оглавление

1.	Введение.....	3
2.	Основная часть.....	4
3.	Заключение.....	28

1. Введение.

Вопросу экологии и вторичной переработки различного вторичного сырья сегодня уделяется достаточно много внимания во всём мире [1, 2]. Проблема загрязнения пластиком становится всё более актуальной и угрожающей по мере увеличения его производства и использования [3]. Особенно актуальна эта проблема в водоёмах по всему миру, так как возможность сбора пластиковых изделий с поверхности и объёма воды представляет собой технически сложную задачу [4, 5, 6] (рисунок 1).

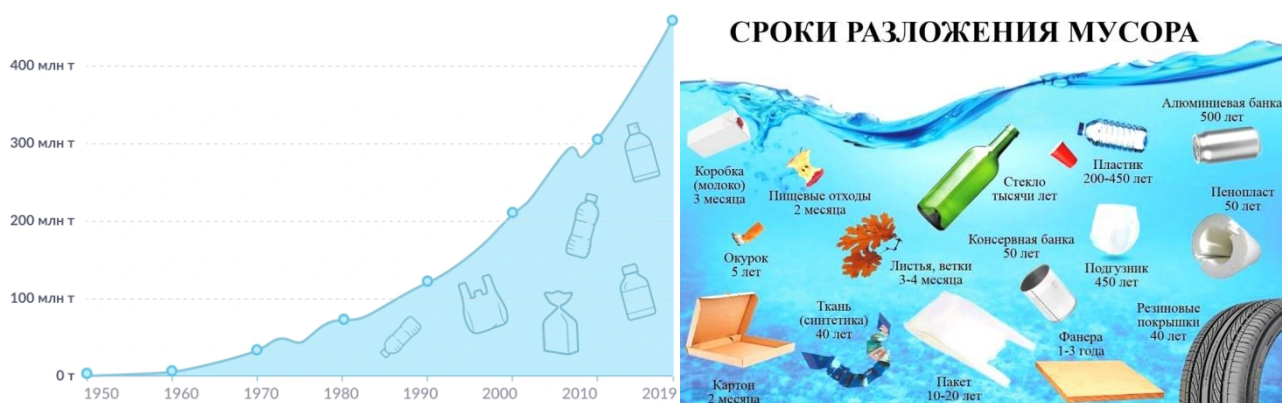


Рисунок 1. Динамика роста производства пластика в мире [5] (слева) и сроки разложения различного мусора [6] (справа).

Принимая различный мусор в водоёмах за еду, обитатели водоёмов поедают их, обрекая себя на мучительную гибель. Разложение мусора в воде, в совокупности с разложением погибших водных животных, приводит к ещё большему загрязнению водоёмов, и как следствие, ещё более массовому вымиранию разных видов животных, недостатку питьевой воды и различным болезням, в том числе довольно опасным. Загрязнителями же водоёмов природного происхождения часто являются скапливающиеся на поверхности воды водоросли, которые блокируют доступ воздуха и солнечных лучей в воду, что также приводит к гибели обитателей водоёма.

Таким образом, сбор и дальнейшая переработка пластикового и другого мусора с поверхности воды является важной задачей, которая позволит улучшить экологическую обстановку, уменьшит вред здоровью от попадания с пищей микропластика, позволит изготавливать новую пластиковую продукцию и окупать стоимость внедрения экологических проектов.

2. Основная часть.

Актуальность.

Технические решения для сбора мусора с поверхности и, особенно, внутри объёма воды различных водоёмов представляют собой как трудозатратные решения (непосредственный сбор людьми с плавсредств) [7], так и сложные роботизированные системы, автономность которых зависит от ёмкости аккумуляторов, большой объём которых увеличивает массу такого плавсредства [8, 9]. Также использование жидкого топлива в таких плавсредствах наносит вред окружающей среде и негативно сказывается на экономике проекта. В то же время, высокая стоимость таких роботизированных плавсредств, также как и высокая стоимость их эксплуатации, ставит под сомнение окупаемость подобных проектов, так как вторичная переработка собранного мусора может не окупить постройку и внедрение подобных сложных устройств. К тому же очистка объёма воды под поверхностью не всегда может быть обеспечена подобными плавсредствами, а сложность эксплуатации их и мастерство оператора подразумевают долгое обучение управлению ими.

Всё вышесказанное создаёт предпосылки для создания недорогого и мобильного плавсредства для очистки поверхности и объёма воды различных водоёмов, автономность работы которого может быть обеспечена возобновляемыми видами энергии [10], когда не будет необходимости постоянной заправки топливом двигателя или зарядки аккумуляторной батареи подобного плавсредства. Простота и дешевизна конструкции обеспечит экономическую целесообразность разработанного устройства и относительно небольшой срок окупаемости такого проекта. Негативное воздействие на экологию от работы разрабатываемого средства будет минимально, также как и его шумовое воздействие. Передвижение такого плавсредства будет обеспечено с помощью электрического двигателя, питаемого как напрямую от солнечной энергии [11], так и от запасённой электрической энергии в литиевых аккумуляторных батареях [12], которые имеют небольшую массу и высокую

ёмкость заряда. В дополнение к преобразователям солнечной энергии, питание электродвигателя и аккумуляторных батарей может происходить с помощью ветрогенераторов [13], работающих от слабого ветра, что обеспечит большое время непосредственной работы плавсредства, так как бессолнечная и штилевая погода встречается довольно редко. К тому же использование подобных плавсредств целесообразно в южных, туристических регионах и особенно актуально в летние месяцы.

Используемый в разрабатываемом очистителе фотоэлектрический модуль будет иметь двустороннюю световоспринимаемую поверхность (рисунок 2 слева), что увеличит выработку им электрической энергии благодаря отражению солнечного излучения от водной глади, которая отражает достаточно высокий процент падающего солнечного излучения. Такие фотоэлектрические модули имеют лёгкую, тонкую и гибкую конструкцию, что позволит их устанавливать на различные профили и поверхности, а выполнены они по технологии ламинирования фотоэлектрических преобразователей этиленвинилацетатными плёнками с двух сторон [14, 15]. Фотоэлектрический модуль обеспечит защиту электронных и электрических компонентов, находящихся на борту плавсредства от нагрева солнечным излучением. Использование высокоэффективных фотоэлектрических преобразователей с эффективностью более 20 % [16] (рисунок 2 справа) позволит также увеличить вырабатываемую ими электрическую энергию.



Рисунок 2. Двусторонний фотоэлектрический модуль (слева) и высокоэффективный фотоэлектрический преобразователь (справа).

Внедрение фотоэлектрических модулей целесообразно и в России, так как большая часть территории России обладает высоким потенциалом

использования солнечной энергии [17], где в южных районах длительность солнечного излучения составляет от 2000 до 3000 часов в год, а годовой приход солнечной энергии на горизонтальную поверхность составляет от 1280 до 1870 кВт·час на 1 м² [18]. Использование фотоэлектрических модулей также будет согласовываться с глобальным энергопереходом [19] и уменьшать выбросы углекислого газа, благодаря уменьшению использования ископаемого топлива.

Наряду с фотоэлектрическим модулем, на борту плавсредства целесообразна установка вертикально-осевых ветрогенераторов [20] (рисунок 3), так они будут обеспечивать электропитание как электродвигателя, так и аккумуляторной батареи параллельно с фотоэлектрическим модулем даже во время отсутствия солнечного излучения с помощью ветров небольшой скорости.



Рисунок 3. Ветрогенератор с вертикальной осью вращения [20].

Подобная конструкция ветрогенератора обеспечивает работу даже при малых скоростях ветра и относительно безопасна для птиц. Мощность ветрогенератора для разрабатываемого плавсредства составит не более 100 Вт каждый, когда общее их количество для плавсредства составляет 2-4 шт. Конструкция ветрогенератора может быть сделана складной для уменьшения воздушного сопротивления во время быстрого перемещения плавсредства.

Стабильному снижению стоимости фотоэлектрических модулей и ветрогенераторов, а также их широкому использованию способствует совершенствование технологий их производства и инвестирование значительных средств во всём мире в исследование, разработку и производство

подобного рода преобразователей солнечной и ветряной энергии (рисунок 4) [21, 22].

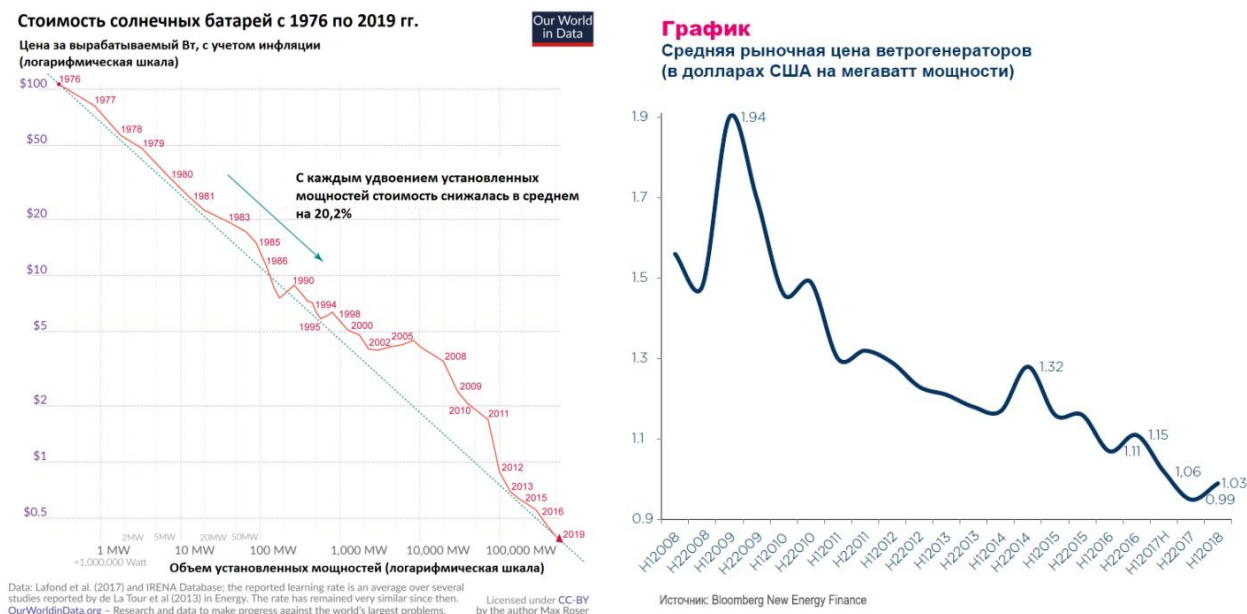


Рисунок 4. Стоимость установленной мощности 1 Вт солнечных модулей (слева) [21] и ветрогенераторов (справа) [22].

Исходя из тенденции стабильного снижения стоимости преобразователей солнечной и ветряной энергии, логичным следствием стало активное увеличение внедрения солнечных и ветряных станций в мире [23, 24] (Рисунок 5), что говорит об экономической целесообразности использования рассматриваемых преобразователей возобновляемой энергии.

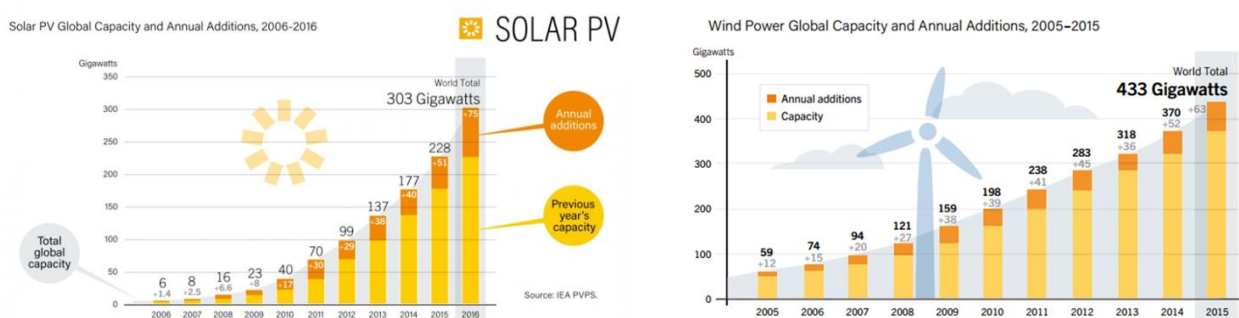


Рисунок 5. Установленная мощность солнечных станций (слева) [23] и ветряных станций (справа) по годам [24].

Исходя из всего вышеперечисленного, можно сделать вывод о целесообразности создания и использования подобного рода плавательного средства, которое позволит в автономном режиме электроснабжения с помощью преобразователей солнечной и ветряной энергии собирать мусор на

поверхности воды и в её объёме с помощью дистанционного управления оператором или по заданной заранее траектории движения, что значительно улучшит чистоту водных ресурсов и обеспечит окупаемость проекта за счёт продажи вторичного пластика, тогда как сам корпус плавсредства может изготавливаться из того же переработанного пластика, что значительно улучшит экологию окружающей среды.

Аналоги.

В качестве аналогов предлагаемого плавсредства для очистки воды рассмотрены два решения такой задачи: ручной сбор с лодок (рисунок 6 слева) и автоматизированный сбор с помощью габаритных плавательных комплексов (рисунок 6 посередине и справа).



Рисунок 6. Очистка воды людьми с лодки [7] (слева) и с помощью автоматизированных плавсредств [8, 9] (посередине и справа).

Основные положительные и отрицательные моменты использования указанных решений представлены в таблице 1. Использование преобразователей солнечной и ветряной энергии, а также вторичного пластика в корпусе устройства положительно скажется на экологии. Лёгкость управления и невысокая стоимость эксплуатации прототипа также являются важными преимуществами разрабатываемого устройства. В то же время небольшая стоимость создания прототипа также является сильной стороной представленной разработки. Возможность автономной работы по заданной траектории и программирования на основе машинного зрения также позволит обходиться без оператора, что улучшит окупаемость проекта. Также разрабатываемое устройство обладает компактностью, малой массой и высокой манёвренностью.

Таблица 1. Сравнение различных решений очистки воды в водоёмах.

Параметр / решение	Ручной сбор с лодок	Автоматизированные системы	«Солнечный очиститель»
Экологичность и тишина транспортных средств	нет	нет	есть
Использование топлива или заряда батареи на берегу	есть	есть	нет
Выбросы углекислого газа	есть	есть	нет
Автономность работы без топлива/заряда батареи на берегу	нет	нет	есть
Экологичность решения	нет	нет	есть
Пропаганда «зелёной» энергетики	нет	нет	есть
Возможность использования солнечной энергии	нет	нет	есть
Возможность использования ветряной энергии	нет	нет	есть
Корпус из собранного вторичного пластика	нет	нет	есть
Возможность собирать у берега с неглубоким дном	есть	нет	есть
Сложность управления	средняя	высокая	низкая
Необходимость обучения персонала	нет	есть	есть (простое управление)
Количество необходимого персонала	среднее	высокое	низкое
Масштаб сбора мусора	средний	высокий	низкий (средний при масштабировании)
Возможность создания автономного аппарата с машинным зрением	нет	нет	есть
Возможность автономной работы по заданной траектории	нет	нет	есть
Компактность	нет	нет	есть
Малая масса	нет	нет	есть
Высокая маневренность	нет	нет	есть
Начальные вложения	средние	высокие	малые
Содержание	среднее	высокое	низкое

Окупаемость	средняя	долгая	быстрая
-------------	---------	--------	----------------

В представленной таблице указаны различные особенности каждого из рассмотренного решения, которые имеют как свои достоинства, так и недостатки. По большинству указанных параметров «Солнечный очиститель» выглядит выигрышнее других представленных решений, однако, в то же время, ручной сбор не требует высокой квалификации персонала и его обучения, тогда как автоматизированные системы позволяют собирать мусор в больших масштабах, тогда как масштабирование «Солнечного очистителя» также позволит увеличить масштаб сбора мусора.

Цель.

Целью представленного проекта является разработка и изготовление макета-прототипа солнечного очистителя водоёмов, который позволит производить очистку как поверхности, так и объёма воды, используя при этом автономное электропитание от солнечной и ветряной энергии, что позволит работать устройству продолжительное время без подзарядки.

Задачи.

Для достижения поставленной цели должны быть решены следующие задачи:

1. Определение комплектации и схемы разрабатываемого макета «Солнечный очиститель».
2. Изучение устройства и принципа работы фотоэлектрических преобразователей и ветрогенераторов, а также применение их в прототипе.
3. Изучение устройства и принципа работы электротранспорта на дистанционном радиоуправлении, контроллера заряда, аккумуляторной батареи, а также применение их в прототипе.
4. Изучение системы автоматизированного проектирования Autodesk Inventor.
5. Изучение программы-слайсера 3D принтера.
6. Создание трёхмерных моделей компонентов прототипа.

7. Изучение технологии послойного наплавления полимерного материала с целью создания твердотельных прототипов с помощью 3D принтера.
8. Изготовление компонентов прототипа с помощью послойного наплавления термопластика.
9. Итоговая сборка компонентов прототипа «Солнечного очистителя» в разработанное устройство.
10. Описание конструкции, принципа работы, а также руководства по эксплуатации разработанного прототипа «Солнечного очистителя».
11. Определение основных достоинств и недостатков разработанного прототипа «Солнечного очистителя», а также направлений для его дальнейшего совершенствования.

Гипотеза.

Разрабатываемый прототип «Солнечного очистителя» с преобразователями солнечной и ветряной энергии позволит производить автономный сбор мусора с поверхности и объёма воды различных водоёмов без необходимости постоянного использования топлива или частой подзарядки.

Методы и инструменты.

В процессе выполнения проекта использовались: принцип работы фотоэлектрических преобразователей, который основан на фотоэффекте, с помощью которого вырабатывается электрический ток; принципы работы ветрогенератора, электротранспорта, контроллера заряда, аккумуляторной батареи; метод трёхмерного моделирования в системе автоматизированного проектирования для создания трёхмерных моделей компонентов прототипа; метод твердотельного прототипирования с помощью аддитивных технологий на 3D принтере для изготовления компонентов прототипа; принципы и инструменты для сборки электронных компонентов.

Место и сроки выполнения работы.

Основные работы в ходе выполнения рассматриваемого проекта выполнялись в период с сентября 2023 г. по февраль 2024 г. Работы проводились на территории и с помощью оборудования школы № 2045, а также

частично на территории и с помощью оборудования «Российского университета транспорта (МИИТ)» и «Федерального научного агроинженерного центра ВИМ».

Комплектация.

В комплектацию макета-прототипа «Солнечного очистителя» (будущего масштабного объекта) входит пластиковый макет катамарана, на который крепится фотоэлектрический модуль с двусторонними фотоэлектрическими преобразователями, соединяемый с помощью соединительных проводов и шин с контроллером заряда аккумуляторной батареи (литий-ионной). Наряду с фотоэлектрическим модулем на корпусе катамарана устанавливаются ветрогенераторы небольшой мощности в количестве 2 – 4 штук, которые могут быть как вертикально осевыми, так и горизонтально осевыми. Вырабатываемая фотоэлектрическим модулем и ветрогенераторами электрическая энергия запасается в аккумуляторной батарее, которая заряжается через контроллер постоянного тока, которые установлены в блок-корпусе, и питает радиомодули для приёма сигнала от оператора, которые запускают электродвигатели с винтами, на каждой части катамарана. Между двумя частями катамарана установлено жёсткое сито с отверстиями для забора мусора с поверхности воды, тогда как ниже поверхности воды к катамарану присоединена сеть с грузилами для сбора мусора в объёме воды под катамараном, что увеличивает количество собираемого мусора. В таблице 2 представлены компоненты и их стоимость в прототипе-макете и в будущем масштабном объекте.

Таблица 2. Компоненты и их стоимость в прототипе-макете и в будущем масштабном объекте.

Компонент	Количество , шт.	Стоимость в прототипе/в объекте, руб.
Прототип-макет катамарана с винтами и ручным радиоуправлением	1	2000/200000
Солнечный фотоэлектрический модуль с двусторонними фотопреобразователями и креплениями для катамарана	1	1500/30000
Ветрогенератор	2	700/40000
Комплект соединительных проводов и шин	1	400/3000
Контроллер заряда аккумуляторной батареи	1	300/4000
Аккумуляторная батарея (литий-ионная)	1	3000/20000
Корпус для аккумуляторной батареи и контроллера заряда	1	200/1500
Электродвигатель	2	300/10000
Радиомодуль	2	900/7000
Жёсткое сито	1	200/3000
Мягкая сеть	1	300/2000
Итого:		9800/330500

В таблице 2 представлены основные компоненты, из которых состоит прототип и компоненты, из которых будет собран масштабное устройство, тогда как мощность фотоэлектрического модуля и ветрогенераторов может быть увеличена при необходимости, также как и мощность контроллера заряда и ёмкость аккумулятора.

Принцип работы.

Зарядка аккумуляторной батареи для электропитания двигателей постоянного тока в «Солнечном очистителе» происходит за счёт преобразователей солнечной и ветряной энергии. В качестве преобразователей солнечной энергии представлен фотоэлектрический модуль с двусторонними фотоэлектрическими преобразователями, которые увеличивают выработку за счёт преобразования отражённого от воды солнечного излучения (рисунок 2) [14-16]. Установленная мощность используемого фотоэлектрического модуля

составляет около 50 Вт с учётом работы двух сторон. При использовании высокоэффективных фотоэлектрических преобразователей электрическая мощность будет увеличена.

На каждой части катамарана устанавливаются ветрогенераторы вертикально-осевой конструкции, которая обеспечивает работу даже при малых скоростях ветра и относительно безопасна для птиц (рисунок 3) [20], однако также целесообразно использование и вертикально-осевых ветрогенераторов. Конструкция ветрогенераторов может быть складной. Мощность одного ветрогенератора для масштабного устройства составит около 0,5 кВт.

Предусмотренный в разработанном устройстве контроллер постоянного тока, обеспечит оптимальный режим заряда аккумуляторной батареи от фотоэлектрического модуля и ветрогенераторов, а также позволит производить питание радиомодулей и двигателей постоянного тока с установленными винтами для перемещения катамарана в воде. Жёсткое сито и сеть с грузами обеспечит сбор мусора как на поверхности воды, так и в её объёме. Разработанная система представлена на рисунке 7, где указаны основные компоненты прототипа.

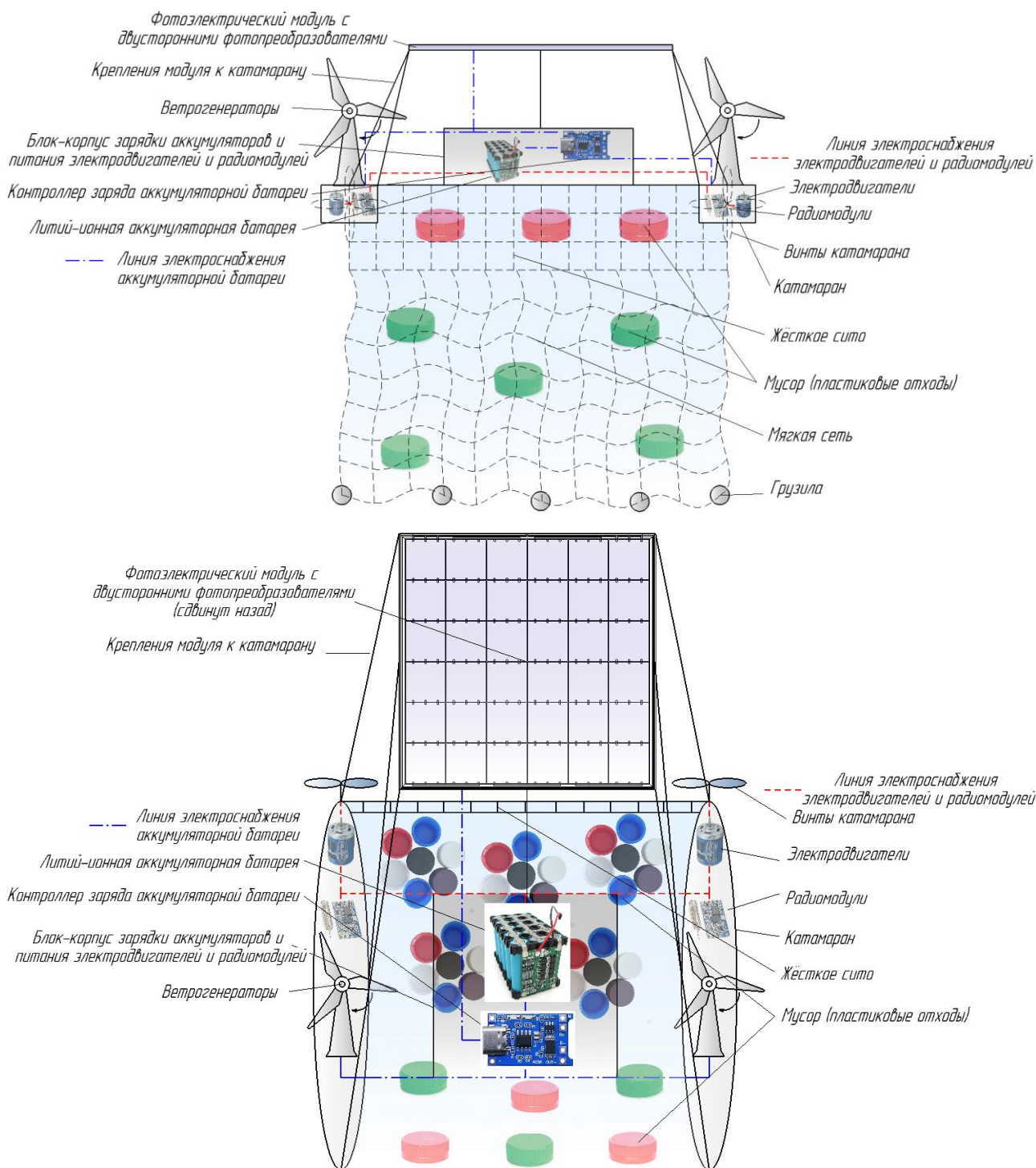


Рисунок 7. Схема и принцип работы «Солнечного очистителя» с основными компонентами (вид спереди и вид сверху).

Во время активного солнечного излучения заряд аккумуляторной батареи происходит с помощью двустороннего фотозлектрического модуля, тогда как во время высокой скорости ветра её заряд происходит от ветрогенераторов, однако зачастую заряд происходит одновременно от двух источников возобновляемой энергии, что говорит о малом времени, когда заряд

аккумуляторной батареи будет отсутствовать. В такое время «Солнечный очиститель» будет находиться на плаву без движения, пока не появится солнечного излучение или ветер. В то же время движение устройства может быть обеспечено и без заряда аккумуляторной батареи непосредственно от преобразователей солнечной и ветряной энергии напрямую.

Электрический ток вырабатывается с помощью фотоэффекта, происходящего внутри фотоэлектрических преобразователей, которые располагаются над катамараном. В фотоэлектрических преобразователях в слое кремния с добавками фосфора возникают свободные электроны, а в слое кремния с добавками бора отсутствуют электроны. При попадании кванта света на фотоэлектрические преобразователи в них начинается движение частиц из одного слоя в другой, то есть возникает электрический ток [25]. При направленном солнечном излучении электричество образуется в каждой точке кремниевой пластины. Для того, чтобы вывести электрический ток с пластины нужны каналы, по которым будет протекать электричество. По этим каналам-проводникам ток перетекает к контроллеру аккумуляторной батареи и заряжает её (рисунок 7). Благодаря расположению фотоэлектрического модуля над блоком с контроллером заряда и аккумуляторной батареи, когда его площадь образует тень для блока, нагрев этих компонентов будет невысоким, что важно при их эксплуатации.

Наряду с выработкой электроэнергии от фотоэлектрических преобразователей, генерация электричества происходит также и в ветрогенераторах, принцип работы которых основан на преобразовании кинетической энергии ветрового потока в механическую энергию вращения ротора с последующим её преобразованием в электрическую энергию [13]. Благодаря масштабности преобразователей солнечной и ветряной энергии возможно создание устройства любой номинальной мощности – от нескольких ватт до киловатт электрической мощности.

Контроллер постоянного тока необходим для контроля заряда аккумуляторной батареи оптимальными параметрами постоянного тока, что

увеличит срок её службы и позволит фотоэлектрическим преобразователям и ветрогенераторам работать в оптимальном для них режиме. В зависимости от мощностей преобразователей солнечной и ветряной энергии варьируется и номинальная мощность контроллера, также как и ёмкость аккумуляторной батареи, которая может быть выполнена по гелевой технологии (недорогая) или же на основе литиевых аккумуляторов (перспективная).

Использование в основе катамарана вторичного пластика, полученного из выловленного мусора, положительно сказывается на экологии и экономит финансы в рассматриваемом проекте.

Благодаря установленным двум электрическим двигателям, поворот катамарана обеспечивается просто и быстро, тогда как траектория его движения может быть задана заранее и необходимость управления оператором «Солнечного очистителя» не потребуется.

Также при установке камер и разработке программного обеспечения на базе нейронных сетей появляется возможность сбора мусора не только без оператора, но и на основе полученных актуальных изображений в реальном времени, что увеличит эффективность сбора мусора и его количество.

Создание и сборка компонентов прототипа.

Макет электрического катамарана. Макет электрического катамарана состоит из двух одинаковых электрических катеров, которые имеют дистанционное управление (рисунок 8). Перемещение по воде катамарана обеспечивается с помощью гребных винтов, вращение на которые передаётся с помощью электрических двигателей, которые, в свою очередь, приводятся в движение с помощью приёмного радиомодуля.

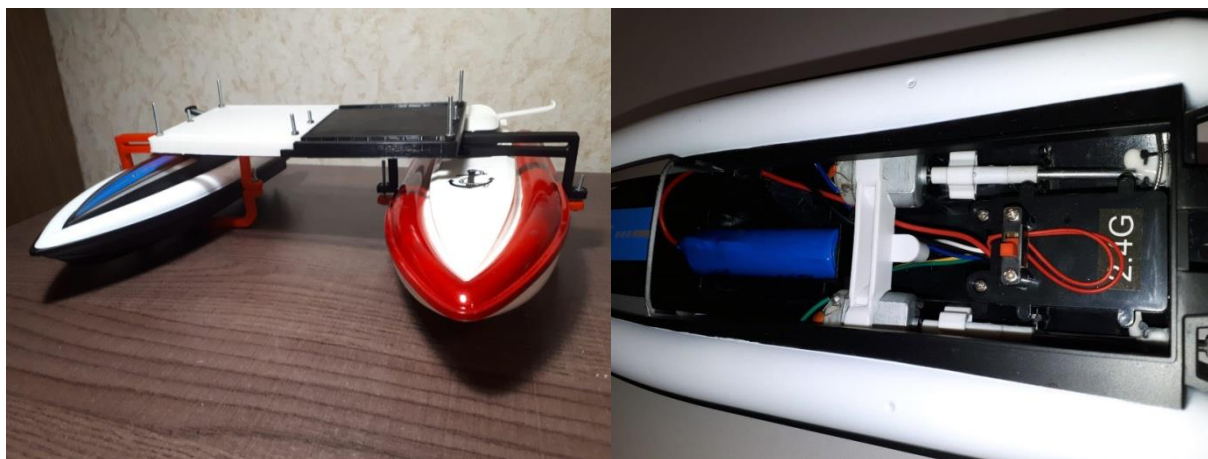


Рисунок 8. Макет электрического катамарана (слева) и его составные части (справа).

Пульт дистанционного управления катером. Сигналы на приёмный радиомодуль передаёт оператор в ручном режиме с помощью пульта дистанционного управления, в котором расположен радиомодуль-передатчик (рисунок 9). Использование двух катеров обеспечивает высокую маневренность устройства, тогда как при остановке одного двигателя и запуске другого, происходит разворот или поворот катамарана, а при запуске обоих двигателей - максимальная скорость движения катамарана.



Рисунок 9. Пульт дистанционного управления катером.

На пульте дистанционного управления катером расположены два рычага, отвечающие за управление электрическим двигателем катера, переключатель автономности, позволяющий переключить устройство в автономный режим, и переключатель отзыва, позволяющий выбрать, будет ли устройство находиться

на базе или же выполнять свои задачи. Внутри пульта дистанционного управления катером находится радиопередатчик, отвечающий за передачу сигналов катеру. Принцип работы катеров катамарана для очистки воды от мусора представлен на рисунке 10.

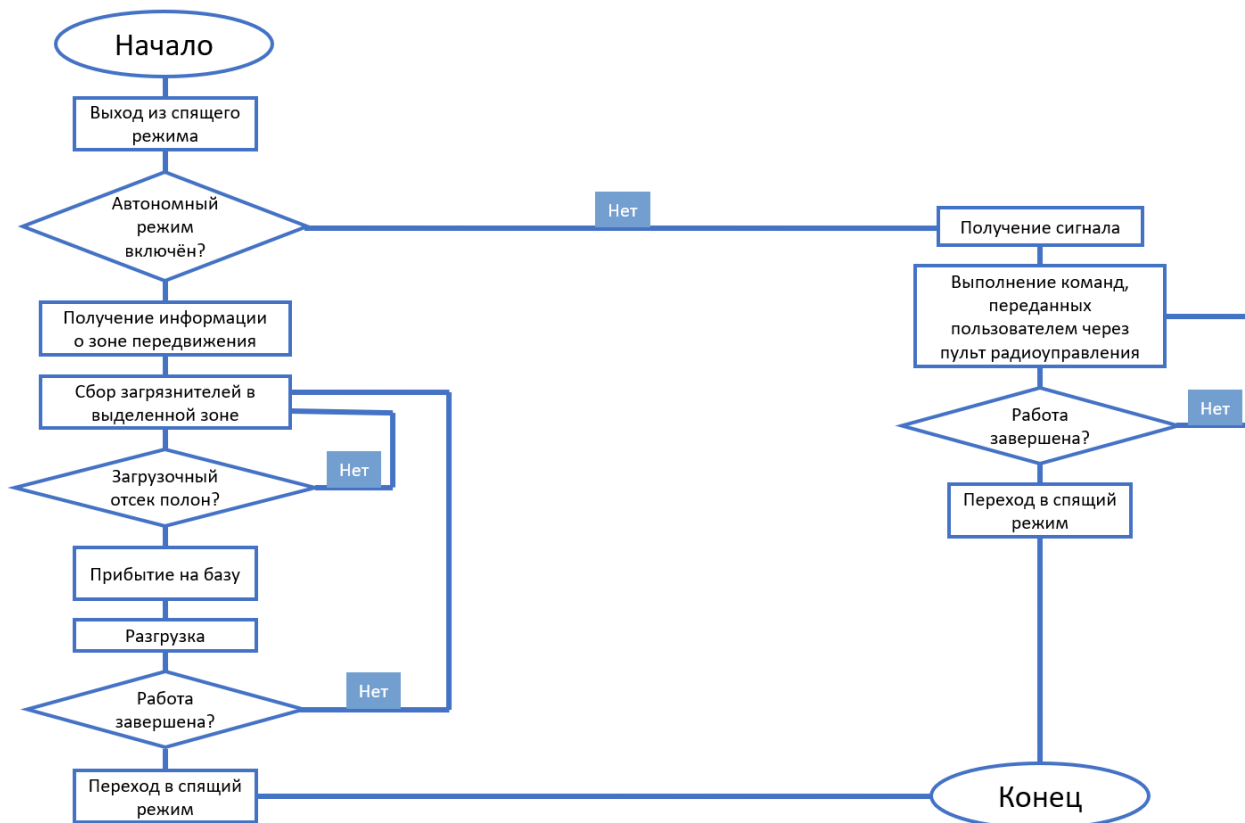


Рисунок 10. Принцип работы катеров катамарана для очистки воды от мусора.

Катамаран, двигаясь по поверхности водоёма, собирает загрязнители в загрузочный отсек между катерами. Прибыв к месту разгрузки в виде отдельного места на причале или берегу, «Солнечный очиститель» переходит в режим обратного хода, и весь собранный материал в отсеке между катерами с помощью сил инерции будет двигаться к специально отведённому месту для удаления мусора из водоёма.

Корпус прототипа. Корпус прототипа представляет собой основу для блока катамарана с электронными компонентами и соединение между катерами для устойчивой и надёжной их фиксации. Корпус прототипа создаётся с помощью разработанной трёхмерной модели в системе автоматизированного проектирования Autodesk Inventor [26] и впоследствии изготавливается на 3D принтере [27] с помощью послойного построения расплавленным полимерным

материалом в виде пластика PLA (полилактид – биоразлагаемый, биосовместимый, термопластичный полиэфир, мономером которого является молочная кислота [28]) (рисунок 11).

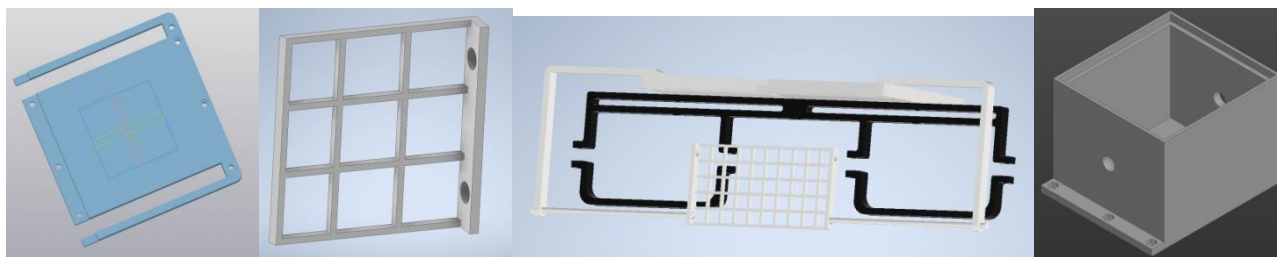


Рисунок 11. Трёхмерная модель корпуса прототипа в системе автоматизированного проектирования.

Корпус обеспечивает надёжное соединение составных частей макета между собой, а также защиту контроллера заряда и аккумуляторной батареи от внешних воздействий, тогда как фотоэлектрический модуль также обеспечит тень для корпуса во избежание перегрева как электронных компонентов, так и самого корпуса.

В результате подготовки к печати и оптимизации настроек печати 3D принтера была разработана итоговая трёхмерная модель корпуса для импортирования её в слайсер 3D принтера (рисунок 12). С целью изготовления твердотельного прототипа была применена технология послойного наплавления полимерного материала с помощью 3D принтера. Используемая программа-слайсер поставляется с 3D принтером и позволяет оптимизировать параметры печати модели. Трёхмерная модель может разделяться на несколько частей с целью увеличения размера итогового твердотельного прототипа.

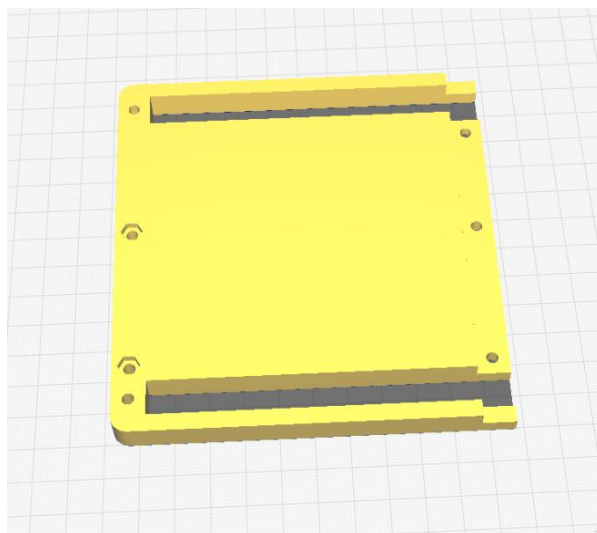


Рисунок 12. Трёхмерная модель корпуса прототипа в слайсере 3D принтера.

В результате быстрого прототипирования на 3D принтере получен твердотельный макет корпуса устройства (рисунок 13), в который будут устанавливаться электронные компоненты прототипа, и с помощью которого будет происходить жёсткая фиксация катеров.



Рисунок 13. Твердотельная деталь – корпус прототипа, изготовленный из пластика PLA.

Корпус прототипа «Солнечного очистителя» может изготавливаться из различных пластиков, таких как ABS, PLA, PETG, HIPS и т.п.

Фотоэлектрический модуль. Фотоэлектрический модуль «Солнечного очистителя» выполнен в виде квадрата с двусторонними фотоэлектрическими преобразователями, вторая сторона которых обеспечит увеличение выработки благодаря высокому отражению солнечного излучения от поверхности воды. Эффективность фотоэлектрического преобразования может быть увеличена благодаря высокоэффективным фотоэлектрическим преобразователям с

эффективностью более 20 %, что увеличит выработку электроэнергии и время автономной работы устройства. С целью электрической генерации с помощью солнечного излучения для прототипа подобраны кремниевые двусторонние монокристаллические фотоэлектрические преобразователи с примерно одинаковыми электрическими показателями для последующей сборки в фотоэлектрический модуль (рисунок 14). Фотоэлектрические преобразователи подбирались со схожими электрическими параметрами и не превышали по размерам 100 мм в ширину и 100 мм в длину каждый, форма преобразователей - псевдоквадрат.



Рисунок 14. Фотоэлектрический модуль с двусторонними фотоэлектрическими монокристаллическими преобразователями (виды с двух сторон).

Ламинирование фотоэлектрических преобразователей проходило с помощью этиленвинилацетатных плёнок при откачке воздуха из ламинатора. Ориентировочная мощность представленного фотоэлектрического модуля составляет около 50 Вт. Для масштабного устройства «Солнечного очистителя» планируется использовать изготавливаемые солнечные модули большей мощности во «Всероссийском научном агроинженерном центре ВИМ» [29], где и был изготовлен опытный образец фотоэлектрического модуля.

Изготовленный фотоэлектрический модуль устанавливается на катамаране и обеспечивает тень для корпуса с микроэлектронными компонентами (рисунок 15).



Рисунок 15. Фотоэлектрический модуль, установленный на катамаране.

Благодаря опорным конструкциям фотоэлектрического модуля, расположение его на корпусе обеспечивается жёстким, а получаемая от него электрическая энергия заряжает аккумуляторную батарею через контроллер тока.

Ветрогенератор. Наряду с фотоэлектрическим модулем в разработанном «Солнечном очистителе» и будущем масштабном прототипе используются ветрогенераторы (2-4 штуки в зависимости от потенциала ветряной энергии и требуемой мощности), которые могут устанавливаться на катерах катамарана ниже фотоэлектрического модуля, что обеспечит поток воздуха ветрогенераторам, и не будет создавать помех при вращении турбин. Использование преобразователей ветряной энергии будет сглаживать уменьшение электроснабжения «Солнечного очистителя» во время пасмурных дней и по ночам - если его работа будет происходить и по ночам.

Прототип ветрогенератора изготавливается с помощью разработанной трёхмерной модели в системе автоматизированного проектирования Autodesk Inventor (рисунок 16 слева) и впоследствии изготавливается на 3D принтере с помощью послойного построения расплавленным полимерным материалом в виде пластика PLA. В качестве ветряной турбины в рассматриваемом проекте могут использоваться как ветрогенераторы вертикально-осевой конструкции, которая обеспечивает работу даже при малых скоростях ветра и относительно

безопасна для птиц, так и более распространённые ветрогенераторы с горизонтально осевой конструкцией. После создания трёхмерной модели ветрогенератора был произведен её импорт в слайсер 3D принтера и изготовлен макет-прототип ветрогенератора (рисунок 16 справа).

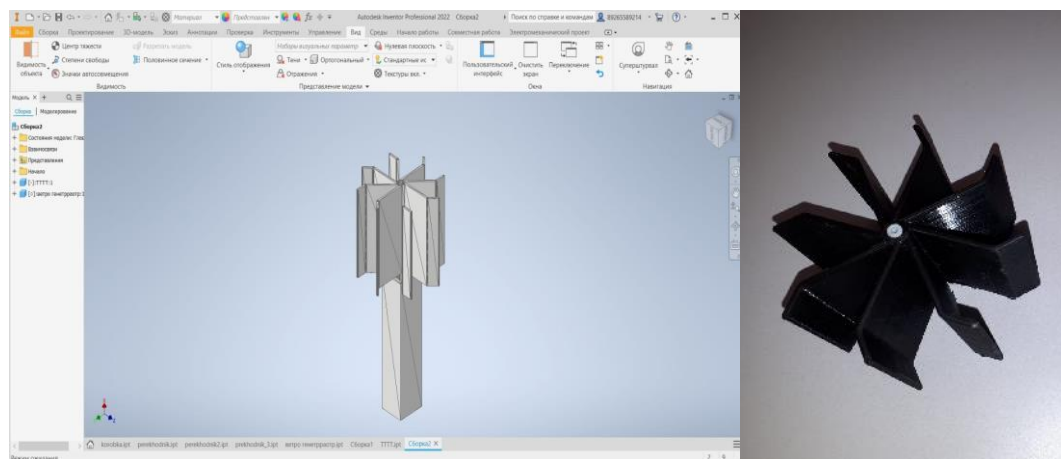


Рисунок 16. Трёхмерная модель ветрогенератора в Autodesk Inventor (слева) изготовленный прототип (справа).

Генератор постоянного тока, необходимый для электропитания аккумулятора устанавливается на ось изготовленного ветрогенератора и подключается к контроллеру заряду батареи.

Контроллер заряда и аккумуляторная батарея. Фотоэлектрический модуль и ветрогенераторы «Солнечного очистителя» заряжают аккумуляторную батарею электрическим током с оптимальными параметрами благодаря контроллеру заряда [30] (рисунок 17 слева). Контроллер заряда рассчитан на 2 литий-ионных аккумулятора и имеет входное напряжение около 8 В и входной ток 10 А. Аккумуляторная батарея, используемая в макете, имеет литий-ионную технологию изготовления и параметры 7.4 В и 1.5 А·ч [31] (для разработанного устройства целесообразно использование и большей ёмкости) (рисунок 17 справа).

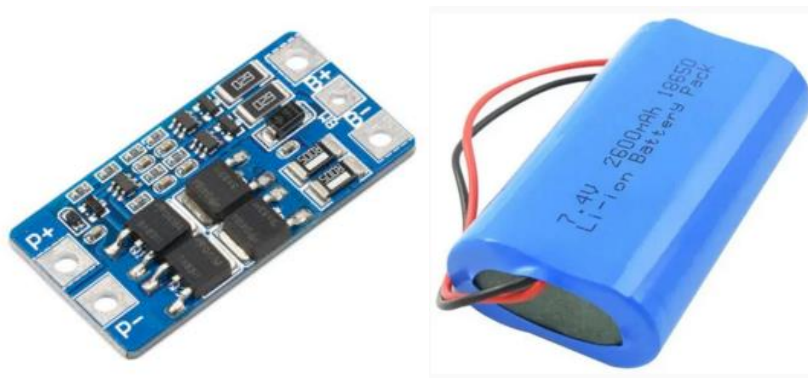


Рисунок 17. Контроллер заряда [30] (слева), аккумуляторная батарея [31] (справа).

В качестве основной нагрузки в «Солнечном очистителе» использованы электродвигатели катеров и радиомодули-приёмники, которые запитываются от аккумуляторной батареи устройства.

Завершающим этапом изготовления макета «Солнечного очистителя» является полная сборка всех компонентов прототипа и подготовка его к работе (рисунок 18).



Рисунок 18. Макет-прототип «Солнечного очистителя» в собранном виде.

При засветке фотоэлектрического модуля и обеспечении потока воздуха для вращения лопастей ветрогенератора происходит выработка электрической энергии, которая через контроллер заряда поступает с оптимальными параметрами в аккумуляторную батарею. Затем, запасённая электрическая энергия в аккумуляторной батарее через контроллер заряда питает электропотребителей, которые указаны выше. Работу представленного

прототипа «Солнечного очистителя» можно увидеть в загруженном видео в приложении к проекту.

В дальнейших работах по усовершенствованию разработанного очистителя воды планируется оптимизировать состав системы относительно количества и мощности преобразователей солнечной (высокоэффективные преобразователи) и ветряной энергии; сделать конструкцию ветрогенераторов складной; доработать электрическую систему для работы с литиевыми аккумуляторами большей мощности, а также программируемыми компонентами Arduino [32] и Raspberry Pi [33]; адаптировать конструкцию системы для успешной реализации на масштабном прототипе; распространять макет «Солнечного очистителя» в образовательных учреждениях с целью обучения молодёжи устойчивому развитию, принципам работы возобновляемой энергетики и сбору пластиковых отходов. Также планируется изготовить все компоненты прототипа из вторичного пластика, изготовленного из собранных пластиковых отходов; запрограммировать устройство для автономной работы по заданной траектории и провести машинное обучение по видеоизображениям, получаемым с камер прототипа для полностью автономного сбора пластиковых отходов с поверхности воды.

Достоинства и недостатки.

Разработанное устройство «Солнечный очиститель» (масштабный планируемый прототип) имеет ряд достоинств:

- автономность работы без необходимости заправки и зарядки на берегу;
- уменьшение выбросов углекислого газа, экологичность прототипа, тишина работы;
- образование и просвещение молодёжи, пропаганда «зелёной» энергетики;
- соответствие устойчивому развитию и глобальному энергопереходу;
- использование преобразователей возобновляемой энергии (фотоэлектрический модуль, ветрогенераторы);
- защита от солнечного излучения микроэлектроники;
- фотоэлектрические модули с двусторонней рабочей поверхностью;

- использование двух преобразователей возобновляемой энергии вместо одного с целью увеличения выработки и уменьшения периодов с низкой выработкой;
- простота обслуживания, низкая стоимость изготовления и содержания разработанного устройства;
- возможность использования собираемого пластика для изготовления компонентов устройства;
- возможность собирать мусор у берега с неглубоким дном;
- простота управления и отсутствие оператора при полностью автономной работе устройства;
- компактность, малая масса и высокая маневренность устройства;
- обучение школьников и студентов устойчивому развитию и принципам работы преобразователей возобновляемой энергии.

Однако разработанное устройство «Солнечный очиститель» (масштабный планируемый прототип) имеет и недостатки, которые в будущем планируется устранить:

- малая мощность фотоэлектрических преобразователей и ветрогенераторов (планируется мощность увеличить);
- высокая стоимость преобразователей возобновляемой энергии и, соответственно, начальных вложений (согласно исследованиям стоимость их стабильно падает, а тарифы на электроэнергию, как и стоимость топлива, стабильно растут);
- необходимость обучения персонала (по сравнению с большими и автоматизированными системами обучение простое и быстрое, нет необходимости высокой квалификации оператора);
- небольшое количество собираемого мусора (при создании более габаритных устройств количество собираемого мусора увеличивается);
- небольшой потенциал солнечной инсоляции и ветра (проект использует одновременно два преобразователя энергии и рекомендуется к использованию в солнечных и ветреных, а также туристических регионах).

Руководство по эксплуатации.

Перед использованием устройства «Солнечного очистителя» следует собрать все компоненты прототипа согласно рисунку 7. Фотоэлектрический модуль, установленный на крыше катамарана, должен быть надёжно соединён с корпусами катеров и подключен через контроллер заряда к аккумуляторной батарее. При засветке поверхности фотоэлектрического модуля аккумуляторная батарея будет заряжаться через контроллер заряда. Ветрогенераторы (2 – 4 штуки), установленные на катерах катамарана, также должны быть подключены через контроллер заряда к аккумуляторной батарее и надёжно закреплены у основания на катерах. При обдуве ветрогенераторов потоком воздуха также будет происходить заряд аккумуляторной батареи через контроллер заряда. Потребители постоянного тока (радиомодули-приёмники и электрические двигатели) могут подключаться к контроллеру заряда напрямую. При помещении «Солнечного очистителя» на поверхность воды и использовании пульта ручного управления катамаран придёт в движение согласно командам оператора благодаря работе электрических двигателей и установленным на них гребным винтам.

При использовании фотоэлектрического модуля большей мощности на масштабном прототипе следует обратиться к его инструкции по эксплуатации для выяснения особых условий их использования. Фотоэлектрический модуль и ветрогенераторы на масштабном прототипе также подключаются к контроллеру заряда и аккумуляторной батарее.

3. Заключение.

В результате проделанной работы разработан и изготовлен макет-прототип «Солнечного очистителя», который демонстрирует принципы работы преобразователей солнечной и ветряной энергии на примере фотоэлектрического модуля и ветрогенераторов, которые производят зарядку аккумуляторной батареи для питания радиомодулей-приёмников и электрических двигателей. Макет и будущий масштабный прототип позволяет

производить автономную (без зарядки на берегу) работу катамарана, собирающего мусор на поверхности воды и в её объёме.

Разработанный макет может быть интересен образовательным организациям для обучения школьников и студентов устойчивому развитию и принципам работы преобразователей возобновляемой энергии, а внедрение его различными экологическими организациями позволит увеличить эффективность сбора мусора на водоёмах, улучшить экологическое состояние регионов и окупить часть затрат благодаря продаже собранного вторичного пластика. Такие «Солнечные очистители» будут актуальны также в туристических местах у водоёмов, где происходит большое загрязнение воды туристами. Макет-прототип также планируется оптимизировать и модернизировать, на что будут направлены дальнейшие работы.

Направления дальнейших исследований.

В будущих планируемых работах по усовершенствованию макета-прототипа «Солнечного очистителя» планируется оптимизировать состав системы относительно количества и мощности преобразователей солнечной (высокоэффективные фотопреобразователи) и ветряной энергии; сделать конструкцию ветрогенераторов складной; доработать электрическую систему для работы с литиевыми аккумуляторами большей мощности, а также программируемыми компонентами Arduino и Raspberry Pi; адаптировать конструкцию системы для успешной реализации на масштабном прототипе; распространять макет «Солнечного очистителя» в образовательных учреждениях с целью обучения молодёжи устойчивому развитию, принципам работы возобновляемой энергетики и сбору пластиковых отходов. Также планируется изготовить все компоненты прототипа из вторичного пластика, изготовленного из собранных пластиковых отходов; запрограммировать устройство для автономной работы по заданной траектории и провести машинное обучение по видеоизображениям, получаемым с камер прототипа для полностью автономного сбора пластиковых отходов с поверхности воды.

Выводы.

В процессе создания макета-прототипа «Солнечного очистителя» были: определены комплектация и схема разрабатываемого макета; изучены устройство и принцип работы фотоэлектрических преобразователей и ветрогенераторов, электротранспорта на дистанционном радиоуправлении, контроллера заряда, аккумуляторной батареи; изучены система автоматизированного проектирования Autodesk Inventor и программа-слайсер 3D принтера; созданы трёхмерные модели компонентов прототипа; изучена технология послойного наплавления полимерного материала с целью создания твердотельных прототипов с помощью 3D принтера; изготовлены компоненты прототипа с помощью послойного наплавления термопластика; проведена итоговая сборка компонентов прототипа «Солнечного очистителя» в разработанное устройство; описаны конструкция, принцип работы, а также руководство по эксплуатации разработанного прототипа «Солнечного очистителя»; определены основные достоинства и недостатки разработанного прототипа «Солнечного очистителя», а также направления для его дальнейшего совершенствования.

Разработанный макет может быть интересен образовательным организациям для обучения школьников и студентов устойчивому развитию и принципам работы преобразователей возобновляемой энергии, а внедрение его различными экологическими организациями позволит увеличить эффективность сбора мусора на водоёмах, улучшить экологическое состояние регионов и окупить часть затрат благодаря продаже собранного вторичного пластика.

Список используемой литературы.

1. Глобальные экологические проблемы человечества, которые уже нельзя игнорировать [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://rg.ru/2023/11/29/globalnye-ekologicheskie-problemy-chelovechestva-kotorye-uzhe-nelzia-ignorirovat.html> (дата обращения: 14.01.2024 г.).

2. От отходов на улицах до глубокой сортировки: мировой опыт борьбы с мусором [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://tass.ru/spec/mirovoi_musor (дата обращения: 14.01.2024 г.).
3. Пластиковое загрязнение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Пластиковое_загрязнение (дата обращения: 14.01.2024 г.).
4. Загрязнение океана пластиком: последствия, способы очистки и защиты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rcycle.net/ekologiya/gidrosfera/ocean/zagryaznenie-plastikom-posledstviya-sposoby-ochistki-i-zashhity> (дата обращения: 14.01.2024 г.).
5. Мировой океан загрязнен микропластиком. Он действительно опасен? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://rg.ru/2023/11/15/mirovoj-ocean-zagriaznen-mikroplastikom-on-dejstvitelno-opasen.html> (дата обращения: 14.01.2024 г.).
6. Откуда известно, что пластик разлагается 500 лет? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://kipmu.ru/otkuda-izvestno-chto-plastik-razlagaetsya-500-let/> (дата обращения: 14.01.2024 г.).
7. Загрязнение пластиком моря [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://en.m.wikipedia.org/wiki/Marine_plastic_pollution (дата обращения: 14.01.2024 г.).
8. 7 лучших изобретений 2019 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://econet.ru/videos/12960-7-luchshih-izobreteniy-2019-goda> (дата обращения: 14.01.2024 г.).
9. Очистка океана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://theoceancleanup.com/media-gallery/> (дата обращения: 14.01.2024 г.).
10. Возобновляемая энергия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Возобновляемая_энергия (дата обращения: 14.01.2024 г.).

11. Солнечная батарея [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_батарея (дата обращения: 14.01.2024 г.).
12. Литий-ионный аккумулятор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Литий-ионный_аккумулятор (дата обращения: 14.01.2024 г.).
13. Ветрогенератор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ветрогенератор> (дата обращения: 14.01.2024 г.).
14. Panchenko V., Izmailov A., Kharchenko V., Lobachevskiy Ya. Photovoltaic Solar Modules of Different Types and Designs for Energy Supply. International Journal of Energy Optimization and Engineering, Volume 9, Issue 2, 2020, p. 74-94, DOI: 10.4018/IJEOE.2020040106.
15. Панченко В.А. Обзор и применение солнечных модулей, разрабатываемых и выпускаемых ГНУ ВИЭСХ. Вестник ВИЭСХ, 2014, № 4 (17), С. 20 – 29.
16. Фотоэлектрические преобразователи Sunpower [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://us.sunpower.com/> (дата обращения: 14.01.2024 г.).
17. Babaev B.D., Panchenko V., Kharchenko V.V. Calculation of Receipt of Renewable Energy Resources and Operation Modes of Power Plants. Handbook of Research on Smart Technology Models for Business and Industry, 2020, p. 70-88, DOI: 10.4018/978-1-7998-3645-2.ch004.
18. Прорыв в будущее – основные направления использования энергии Солнца на Земле [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://energo.house/sol/ispolzovanie-energii-solntsa-na-zemle.html#Gde_ispolzuetsa_solnecnaa_energia (дата обращения: 14.01.2024 г.).
19. Энергетический переход [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Энергетический_переход (дата обращения: 14.01.2024 г.).

20. Ветрогенератор для частного дома [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://happymodern.ru/vetrogenerator-dlya-chastnogo-doma/> (дата обращения: 14.01.2024 г.).
21. Почему возобновляемые источники энергии так быстро дешевеют и к чему это может привести? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/247114731> (дата обращения: 14.01.2024 г.).
22. Средняя рыночная цена ветрогенераторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Файл:Средняя_рыночная_цена_ветрогенераторов_2018.jpg (дата обращения: 14.01.2024 г.).
23. Развитие солнечной энергетики в мире [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://oooevna.ru/razvitie-solnesnoj-energetiki-v-mire> (дата обращения: 14.01.2024 г.).
24. Темпы роста ветряных электростанций в мире [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.triodos.es/es/articulos/2018/revolucion-el-nuevo-potencial-de-las-renovables> (дата обращения: 14.01.2024 г.).
25. Галилео. Солнечные батареи. Solar panels [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.youtube.com/watch?v=6gicYfuleI4> (дата обращения: 14.01.2024 г.).
26. Inventor. Профессиональная 3D-САПР для проектирования и конструирования изделий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.autodesk.ru/products/inventor/overview> (дата обращения: 14.01.2024 г.).
27. 3D Принтер Ender-3 Pro [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.creality.com/ru/goods-detail/ender-3-pro-3d-printer> (дата обращения: 14.01.2024 г.).
28. Полилактид [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Полилактид> (дата обращения: 14.01.2024 г.).

29. Всероссийский научный агроинженерный центр ВИМ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://vim.ru> (дата обращения: 14.01.2024 г.).
30. BMS 2S (7.4-8.4В / 10А) контроллер заряда/разряда с защитой на 2 АКБ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://voltiq.ru/shop/bms-2s-8-4v-10a/> (дата обращения: 14.01.2024 г.).
31. FNB-58Li Аккумулятор для раций Yaesu 7.4V, 1500mAh, Li-Ion [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://novosibirsk.yaesu-prices.ru/p/fnb-58li-akkumulyator-dlya-raciy-yaesu-7.4v-1500mah-li-ion/reviews> (дата обращения: 14.01.2024 г.).
32. Среда разработки Arduino IDE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://www.arduino.cc/en/software> (дата обращения: 14.01.2024 г.).
33. Одноплатный компьютер RaspberryPi [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi (дата обращения: 14.01.2024 г.).