**“Зелёный” транспортный комплекс**

***Плякин Е.Е., Могучев А.О, Искрин А.В.,***

*Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города Москвы "Школа № 2045",*

*г. Москва, г. Зеленоград, Россия,*

*Email: egorpliakin@yandex.ru, gribozui.top@gmail.com, Artemmoguchev@yandex.ru*

**GREEN TRANSPORT COMPLEX**

***Plyakin E.E., Moguchev A.O., Iskrin A.V.,***

*Moscow State Budget Educational Institution*

*" School No 2045",*

*Moscow, Zelenograd, Russia*

**Аннотация**

Целью представленного проекта является разработка и изготовление макета-прототипа «зелёного» транспортного комплекса с преобразователями солнечной и ветряной энергии на базе аккумуляторных и водородных технологий, которые устанавливаются непосредственно на конструктивные элементы зданий аэропорта, вокзала и парковочные места с автономной генерацией электроэнергии и «зелёного» водорода для заправки наземного и воздушного электротранспорта.

Для достижения поставленной цели должны быть решены следующие задачи:

1.Определение комплектации и схемы разрабатываемого макета «зелёного» транспортного комплекса на основе возобновляемых источников энергии и на базе аккумуляторных и водородных технологий.

2.Изучение устройства, принципа работы солнечного модуля и ветрогенератора, а также применение их в макете.

3.Изучение устройства и принципа работы электротранспорта, светодиодного освещения, контроллера заряда, аккумуляторной батареи и инвертора, водородного электротранспорта, электролизёра и топливной ячейки, а также применение их в прототипе.

4.Изучение систем автоматизированного проектирования.

5.Создание трёхмерной моделей транспортного комплекса, преобразователей возобновляемой энергии и инфраструктурных объектов.

6.Изучение среды программирования ArduinoIDE.

7.Изучение электронных компонентов и сред программирования для создания программы и сайта мониторинга энергопотребления транспортного комплекса.

8.Изучение программы-слайсера 3D принтера.

9.Создание трёхмерных моделей преобразователей возобновляемой энергии.

10.Изучение технологии послойного наплавления полимерного материала с целью создания твердотельных прототипов с помощью 3D принтера.

11.Изготовление макета транспортного комплекса, преобразователей возобновляемой энергии и инфраструктурных объектов с помощью послойного наплавления термопластика.

12.Создание программы и сайта для управления оборудованием транспортного комплекса.

13.Итоговая сборка компонентов транспортного комплекса в разработанный прототип.

14.Описание конструкции, принципа работы, а также руководства по эксплуатации разработанного макета-прототипа «зелёного» транспортного комплекса.

15.Определение основных достоинств и недостатков разработанного макета «зелёного» транспортного комплекса, а также направлений для его дальнейшего совершенствования.

В процессе выполнения проекта использовались: принцип работы фотоэлектрических преобразователей, который основан на фотоэффекте, с помощью которого вырабатывается электрический ток; принцип работы ветрогенератора, принцип которого основан на преобразовании кинетической энергии ветра в механическую энергию ротора с преобразованием её в электроэнергию, водородного электротранспорта, электролизёра и топливной ячейки; метод трёхмерного моделирования в системе автоматизированного проектирования для создания трёхмерных моделей прототипа; методы программирования микроэлектроники на базе языка оболочки Arduino; методы программирования электронных компонентов и среды программирования для создания программы и сайта мониторинга; метод твердотельного прототипирования с помощью аддитивных технологий на 3D принтере для изготовления компонентов прототипа; принципы и инструменты для сборки электронных компонентов.

Основные работы в ходе выполнения рассматриваемого проекта выполнялись в период с сентября 2024 г. по февраль 2025 г. Работы проводились на территории и с помощью оборудовании школы № 2045, а также частично на территории и с помощью оборудования «Российского университета транспорта (МИИТ)» и «Федерального научного агроинженерного центра ВИМ».

В результате проделанной работы разработан и изготовлен макет-прототип «зелёного» транспортного комплекса, который демонстрирует принципы работы преобразователей солнечной и ветряной энергии на примере фотоэлектрических модулей и ветрогенераторов, которые производят заряд аккумуляторной батареи для заряда электротранспорта и питания различных потребителей постоянного и переменного тока, а также питают электролизёр с целью получения водорода для заправки водородного электрического наземного и воздушного транспорта. Макет позволяет производить автономное и параллельное с существующей электросетью электроснабжение и питания водородного электрического наземного и воздушного транспорта, продавать кислород потребителям как вторичный продукт и продавать избыток электроэнергии в сеть при мощности электростанции не более 15 кВт. Разработанный макет будет интересен образовательным организациям для обучения школьников и студентов, а внедрение его компонентов в конструкцию реального транспортного комплекса позволит комплексу стать энергоактивным. Для распространения проекта в образовательных учреждениях с целью обучения обучающихся устойчивому развитию и принципам возобновляемой энергетики, электроники и электрического транспорта, планируется комплексное и коробочное решение (оформление) разработанного проекта. Макет-прототип также может быть оптимизирован и модернизирован, на что будут направлены дальнейшие работы.

**Abstract**

The purpose of the presented project is to develop and manufacture a prototype model of a "green" transport complex with solar and wind energy converters based on battery and hydrogen technologies, which are installed directly on the structural elements of airport buildings, train stations and parking spaces with autonomous generation of electricity and "green" hydrogen for refueling ground and air electric vehicles.

To achieve this goal, the following tasks must be solved::

1. Determination of the configuration and scheme of the developed layout of a "green" transport complex based on renewable energy sources and based on battery and hydrogen technologies.

2. Study of the device, the principle of operation of the solar module and wind turbine, as well as their application in the layout.

3. Study of the device and the principle of operation of electric vehicles, LED lighting, charge controller, battery and inverter, hydrogen electric vehicles, electrolyzer and fuel cell, as well as their application in the prototype.

4. The study of computer-aided design systems.

5. Creation of three-dimensional models of the transport complex, renewable energy converters and infrastructure facilities.

6. Exploring the ArduinoIDE programming environment.

7. Study of electronic components and programming environments for creating a program and a website for monitoring energy consumption of a transport complex.

8. Study of the 3D printer slicer program.

9. Creation of three-dimensional models of renewable energy converters.

10. Study of the technology of layer-by-layer deposition of polymer material in order to create solid-state prototypes using a 3D printer.

11. Production of a mock-up of a transport complex, renewable energy converters and infrastructure facilities using layered thermoplastic deposition.

12. Creation of a program and a website for managing the equipment of the transport complex.

13. The final assembly of the components of the transport complex into the developed prototype.

14. Description of the design, the principle of operation, as well as the operating instructions of the developed prototype model of the "green" transport complex.

15. Identification of the main advantages and disadvantages of the developed layout of the "green" transport complex, as well as directions for its further improvement.

In the course of the project, the following methods were used: the principle of operation of photovoltaic converters, which is based on the photoelectric effect, which generates electric current; the principle of operation of a wind turbine, the principle of which is based on the conversion of kinetic wind energy into mechanical rotor energy and its conversion into electricity, hydrogen electric vehicles, electrolysis cells and fuel cells; the method of three-dimensional modeling in an automated design system to create three-dimensional prototype models; programming methods for microelectronics based on the Arduino shell language; programming methods for electronic components and a programming environment for creating a program and monitoring site; solid-state prototyping using additive technologies on a 3D printer for manufacturing prototype components; principles and tools for assembling electronic components.

The main work during the implementation of the project under consideration was carried out in the period from September 2024 to February 2025. The work was carried out on the territory and with the help of equipment from school No. 2045, as well as partially on the territory and with the help of equipment from the Russian University of Transport (MIIT) and the Federal Scientific Agroengineering Center VIM.

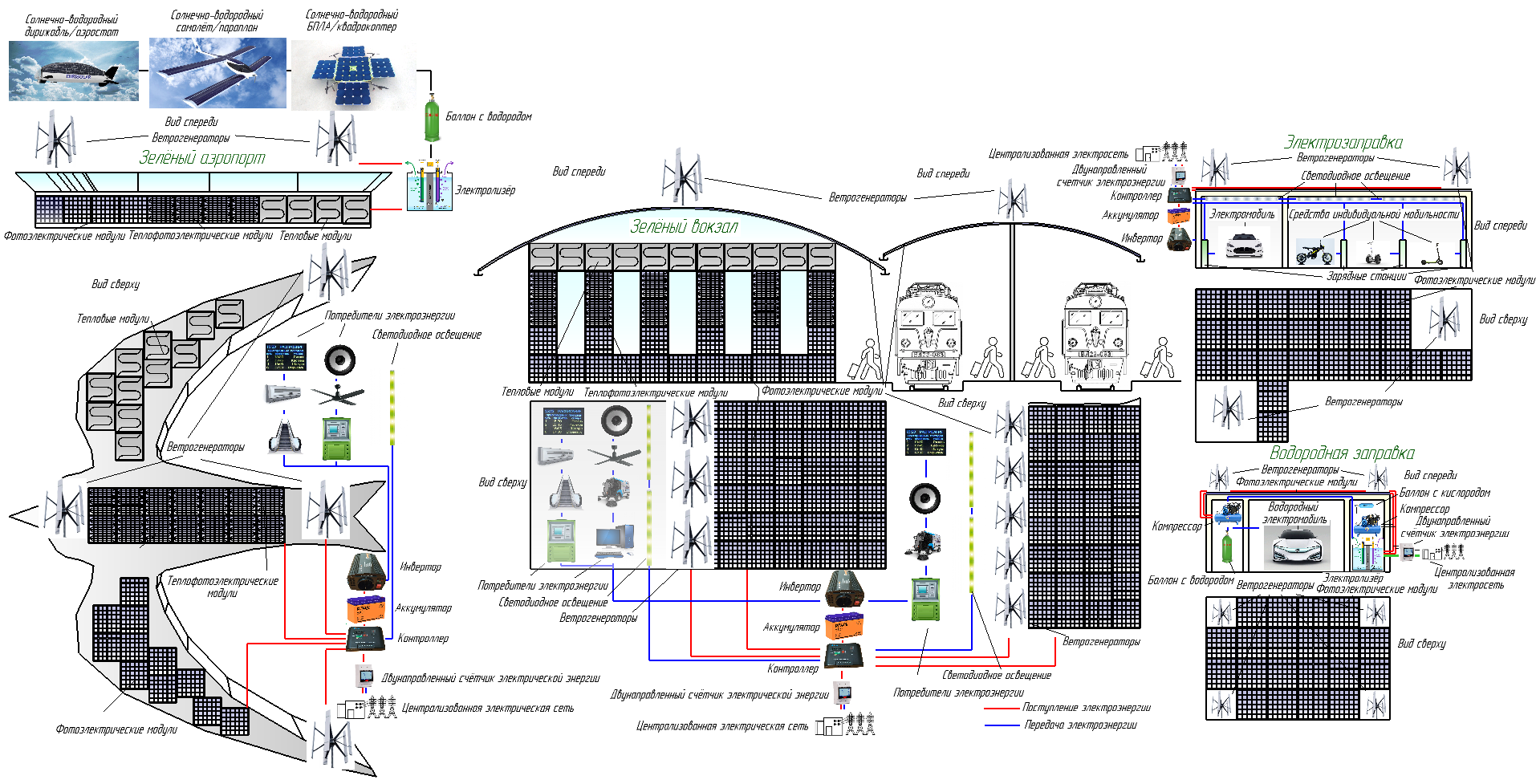
As a result of the work done, a prototype model of a "green" transport complex was developed and manufactured, which demonstrates the principles of operation of solar and wind energy converters using the example of photovoltaic modules and wind generators that charge a battery to charge electric vehicles and power various DC and AC consumers, as well as power an electrolyzer to produce hydrogen for refueling hydrogen electric land and air transport. The layout allows for autonomous and parallel power supply and supply of hydrogen electric ground and air transport to the existing power grid, selling oxygen to consumers as a secondary product and selling excess electricity to the grid with a power plant capacity of no more than 15 kW. The developed model will be of interest to educational organizations for teaching schoolchildren and students, and the introduction of its components into the design of a real transport complex will allow the complex to become energy-efficient. To distribute the project in educational institutions in order to teach students about sustainable development and the principles of renewable energy, electronics and electric transport, a comprehensive and boxed solution (design) of the developed project is planned. The prototype layout can also be optimized and upgraded, which will be the focus of further work.

**Ключевые слова:** зелёная энергетика; транспорт; умный город.

**Keywords:** green energy; transport; smart city.

Текст статьи.

Предусмотренный в электрической системе макета-прототипа контроллер постоянного тока, обеспечит оптимальный режим заряда аккумуляторной батареи от преобразователей солнечной и ветряной энергии, а также позволит производить электроснабжение электроустройств, питаемых от постоянного тока, например, светодиодного освещения, двигателей постоянного тока, дисплеев, вентиляторов, динамиков и т.п.. Устройства, питаемые от переменного тока, обеспечиваются электроэнергией через инвертор электрического тока, который также подключается к аккумуляторной батарее. Электрическая система подключается к централизованной электросети через двунаправленный счётчик электрической энергии и может отдавать электроэнергию в локальную сеть или продавать её в централизованную сеть (рисунок 1).

 Рисунок 1. Схема «зелёного» транспортного комплекса и принцип электроснабжения потребителей.

На рисунке 2 представлены вольтамперные характеристики фотоэлектрического модуля, выполненного в виде сайдинг-панели (рисунок 2 слева) и гибкого фотоэлектрического модуля (рисунок 9 справа), которые планируется устанавливать на реальном объекте.

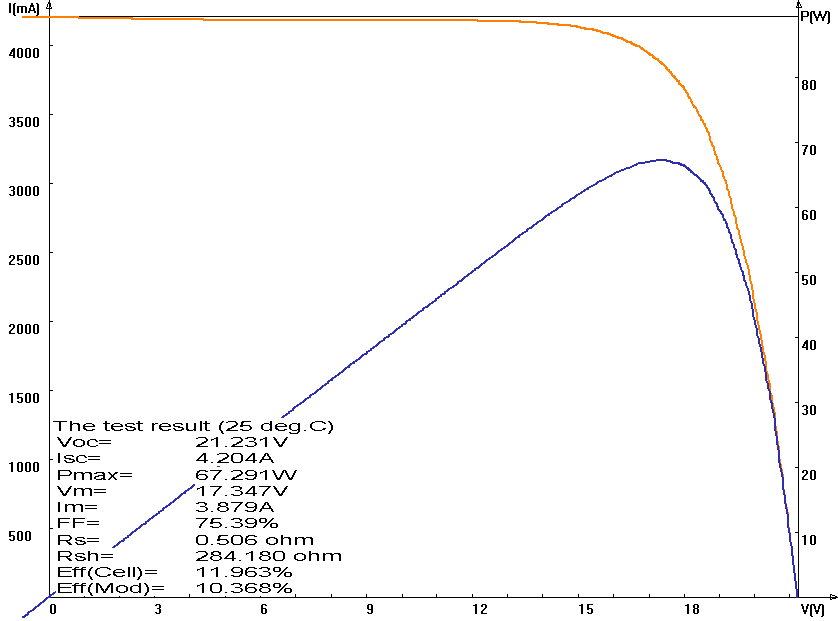
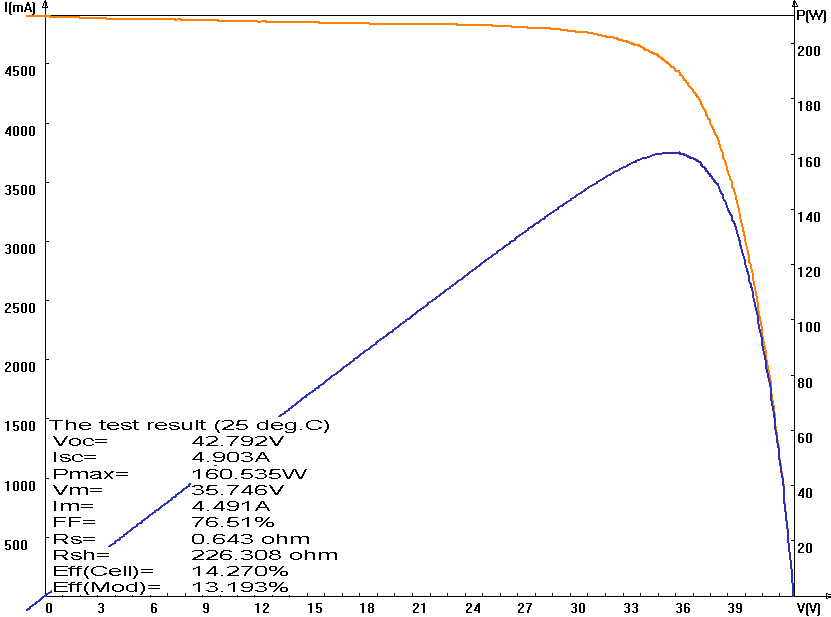
******

Рисунок 2. Вольтамперные характеристики фотоэлектрического модуля, выполненного в виде сайдинг-панели (слева), и гибкого фотоэлектрического модуля (справа).

Вольтамперные характеристики измерены с помощью имитатора солнечного излучения PICOSOLAR с одиночной длинноимпульсной вспышкой (1000 Вт/м2, 1,5 AM). Для реального объекта планируется использовать изготавливаемые солнечные модули во «Всероссийском научном агроинженерном центре ВИМ» [1], образцы которых представлены на рисунках 8 и 9, а вольтамперные характеристики на рисунке 19. Герметизация фотоэлектрических преобразователей в фотоэлектрическом модуле в виде сайдинг-панели происходит с помощью полисилоксанового компаунда, который увеличивает электрическую эффективность и срок службы фотоэлектрических преобразователей (по сравнению со стандартными этиленвинилацетатными плёнками [2] и технологией ламинирования, с помощью которой изготавливаются стандартные современные солнечные модули).

С целью управления установленными потребителями электрического тока разработано программное обеспечение, которое позволяет управлять такими потребителями в реальном времени и демонстрировать, таким образом, работу «зелёного» транспортного комплекса на примере разработанного и созданного макета-прототипа.

С увеличением количества потребителей электрической энергии и по мере усложнения системы приложение будет усложняться и дополняться в будущих работах по усовершенствованию макета-прототипа.

С целью управления установленными потребителями электрического тока разработан сайт, для корректной работы которого используются:

1. Микроконтроллер Wemos D1 Mini, который собирает данные о выработке и потреблении электроэнергии, отправляя их через POST-запросы на API.

2. API на Spring Boot, который обрабатывает данные от Wemos D1 Mini и предоставляет их для фронтенда через GET-запросы.

3. Фронтэнд (React) отображает данные об энергопотреблении и генерации с помощью графиков Chart.js.

4. База данных PostgreSQL хранит информацию о потреблённой и произведённой электроэнергии.

**Используемые источники**

1. Всероссийский научный агроинженерный центр ВИМ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://vim.ru (дата обращения: 11.02.2025 г.).

2. Этиленвинилацетат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Этиленвинилацетат (дата обращения: 11.02.2025 г.).

3. WeMos D1 Mini ESP8266 Arduino WiFi Board [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL:https://makersportal.com/blog/2019/6/12/wemos-d1-mini-esp8266-arduino-wifi-board (дата обращения: 11.02.2025 г.).

4. ESP8266 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https/en.wikipedia.org/wiki/ESP8266 (дата обращения: 11.02.2025 г.).

5. Датчик влажности и температуры DHT11 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://robotclass.ru/tutorials/arduino-dht/ (дата обращения: 11.02.2025 г.).

6. Датчик водорода MQ-8 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://know.smartelements.ru/main:sensors:mq8?ysclid=m71vrzjgqs21497536 (дата обращения: 11.02.2025 г.).

7. ШИМ-контроллеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://epsolar.ru/kontrolleri\_zarjada\_SHIM (дата обращения: 11.02.2025 г.).

8. Аккумуляторные батареи Delta [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://delta-batt.com/ (дата обращения: 11.02.2025 г.).

9. Инверторы для аккумуляторных батарей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://xantrex.com/power-products/power-inverters/xpower-inverter-international.aspx (дата обращения: 11.02.2025 г.).