

УДК 620.91:004.9

Алтухова Т.В.

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

Скрипник С.А.

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет»

СОЗДАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СОЛНЕЧНО-ВЕТРОВОГО ВОЗДУШНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В статье проанализированы инновационные разновидности альтернативных систем электроснабжения. Предложена новая модель генерирующего технолого-энергетического солнечно-ветрового воздушного комплекса. Показаны приблизительные расчёты мощностей, выдаваемых установкой. Сконструировано твердотельную 3D-модель солнечно-ветрового воздушного комплекса в программе Solid Works Edition 2013. Произведены исследования в пакете программ Flow Simulation и показаны наиболее уязвимые точки аэростата.

Ключевые слова: офшорная энергетика, солнечно-ветровой воздушный комплекс, аэростат, турбинный ветрогенератор, Solid Works Edition 2013, Flow Simulation.

Постановка проблемы. С развитием энергетических технологий учёные всё больше задумываются о том, как генерировать, сохранять и правильно преобразовать энергоресурсы, которые находятся в недрах земли: уголь, газ, нефть, а также возобновляемые источники: солнце, воду, ветер. На данный момент наиболее ярким примером неисчерпаемой энергии является солнечная и ветровая энергия.

Солнечная энергия является одним из наиболее популярных источников энергии, хотя она имеет недостатки из-за низкой солнечной активности в ночное время и облачную погоду, а также занимает большую полезную площадь. Следующая по энергоэффективности – ветровая энергия – также имеет ряд недостатков: техническое обслуживание, потребность в дистанции между ветряками и скорости ветра, достаточной для номинальной работы.

Анализ последних исследований и публикаций. При анализе данного вопроса о применении возобновляемых источников энергии на воздушных аэростатах было выявлено, что такие комплексы не имеют отношения к генерации энергии, но имеют направление автоматизации и автономности таких агрегатов [1–5].

Постановка задания. Главной целью статьи является усовершенствование и преобразование существующих агрегатов в технолого-энергети-

ческий комплекс, который будет обеспечивать электрической энергией разного рода потребителей, а также обеспечивать надёжность работы без вредных выбросов в атмосферу.

Изложение основного материала исследования. Промышленная энергетика, которая использует генерирующие альтернативные источники – капиталоемкая отрасль. Сегодня инженеры-конструкторы, чтобы «поймать» потоки ветра, пытаются забраться на значительные высоты и, чтобы «уловить» солнечные лучи, увеличивают площади, а это, в свою очередь, – весьма сложная и ресурсно-затратная задача. В офшорной энергетике фундамент и монтаж технологически обоснованных проектов поглощает около 30–40% капитальных расходов, к которым стоит также добавить аренду больших площадей, на которых размещаются энергогенерирующие установки. Поэтому ученые все чаще совершают многочисленные попытки снижения капитальных затрат стоимости электроэнергии, производимой на основе солнечной и ветровой энергии [1–3].

Существует несколько направлений данной энергетике – ветровая и солнечная. В настоящее время одним из главных и перспективных направлений развития ветровой энергетике являются плавающие фундаменты. Они работают по принципу «поплавка», прикреплённого ко дну стальными тросами. Прототипов плавающих ветряков в

настоящее время существует только три, каждая из них имеет свои достоинства и недостатки (рис. 1). Главной проблемой данной системы энергоснабжения будет ее зависимость от георасположения, так как моря и океаны, где предполагается установка такого оборудования, слишком непредсказуемы. Уверенность в том, что тросы смогут выдержать такие нагрузки при штормовых условиях и при больших порывах ветра, не повредив составные части, очень мала [1].



Рис. 1. Прототипы ветровых плавающих установок (по источнику [1])

Следующим, и не менее перспективным направлением в ветроэнергетике, является воздушная (Airborne Wind Energy, сокращённо – AWE). В случае AWE запускается в воздух на высоту от 200 до 1 000 м в виде летающих ветряных электростанций. Данные летательные аппараты оснащены ветряными турбинами и приводят в действие наземные генераторы с помощью своих «поводков» (рис. 2).

Главное преимущество летающих ветрогенераторов – отсутствие необходимости в фундаментах. Также они не требуют значительных транс-

портных издержек и работают на значительных высотах в несколько сотен метров, где ветер стабильнее и сильнее [1].

Также проанализируем виды солнечной энергетики [2–4]. В настоящее время строятся солнечные батареи двух типов: башенного и распределённого (рис. 3). Для большого генерирующего эффекта таких видов солнечных установок требуются огромные площади земли, а также дорогостоящий монтаж. Таким образом, эти параметры являются недостатком данного вида источников энергии.

Самыми приемлемыми на сегодня являются дирижабли или аэростат, но их по большей части применяют для наблюдения, связи и передачи данных над территорией, которую они охватывают. Большинство из них считаются автономными и могут находиться в воздухе до 6 месяцев. Аэростаты оснащены солнечными батареями, которые находятся на верхней части, тем самым увеличивая время нахождения агрегата в воздухе с помощью подогрева в них гелия. Таким образом, с применением гелия такие установки можно считать экологически безопасными для окружающей среды [4; 5].

Учитывая все недостатки и преимущества данных видов альтернативных источников энергии, можно сделать солнечно-ветровой воздушный комплекс (далее – СВВК), соединив солнечную и ветровую энергии таким образом, чтобы получить оптимальный объемный летающий объект в виде шара или дирижабля с наибольшей площадью для солнечных панелей при минимальном объеме газообразного наполнителя. А это, в свою очередь, позволит поднять несколько турбинных ветрогенераторов с помощью силы тяги гелия.

По предварительным расчётам, такой аэростат имеет размеры в длину 120 м, в ширину – 30 м, без учёта аэродинамических крыльев и хвостовой части.



Рис. 2. Виды летающих ветрогенерирующих установок (по источнику [1]): а – воздушный змей; б – летательный аппарат на «поводке»



а) б)
Рис. 3. Солнечные электростанции (по источникам [2; 3]):
 а – башенного типа; б – панельного (модульного) типа



Рис. 4. Инновационная установка СВВК

Таким образом, чтобы получить примерную выдаваемую мощность для солнечных батарей, которые находятся на поверхности дирижабля, необходимо найти площадь, занимаемую солнечными панелями, упрощенный расчет которого описывается ниже:

$$S = \pi \cdot R \cdot h = 3,14 \cdot 30 \cdot 120 = 11304 \text{ м}^2 \quad (1),$$

где R – радиус аэростата;
 h – длина аэростата.

Получаемая мощность солнечных панелей при максимальном поглощении солнечной энергии тогда будет равна:

$$P_s = S \cdot k = 11304 \cdot 0,85 = 9068,4 \text{ кВт} \quad (2),$$

где $k = 0,85$ – коэффициент, который учитывает работу 1 м^2 солнечной панели с учётом потерь на преобразование солнечного света.

Полная мощность СВВК будет равна:

$$P_f = P_s + P_w = 9068,4 + 10 = 9618,4 \text{ кВт} \quad (3),$$

где P_w – мощность установленных ветрогенераторов.

Выдаваемая мощность в сутки с учётом солнечных и ветровых часов:

$$P_f = P_s \cdot t_s + P_w \cdot t_w = 9608,4 \cdot 7 + 10 \cdot 20 = 67458,8 \text{ кВт} \quad (4),$$

где t_s – среднегодовой период времени, при котором солнечные панели работают при номинальной мощности;

t_w – среднегодовой период времени, при котором турбинные ветрогенераторы работают при номинальной мощности.

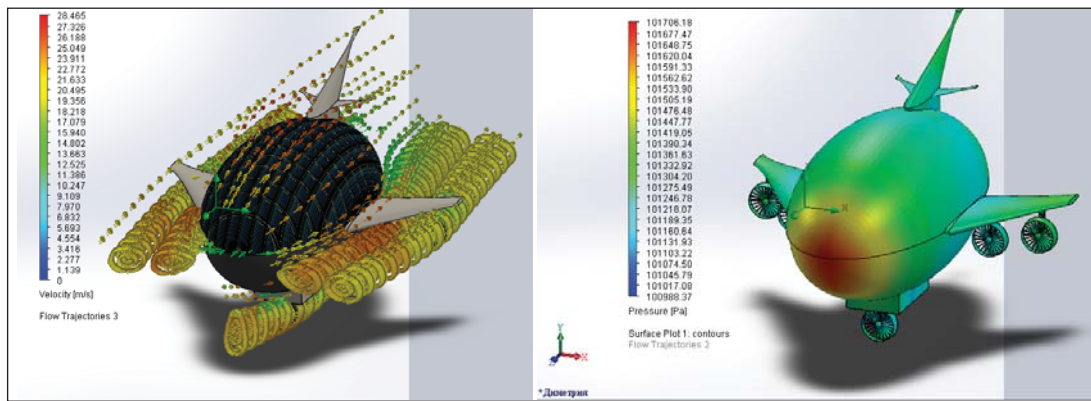
Потребность объёма гелия для подъёма установки:

$$V_c = \pi \cdot R^2 \cdot h = 3,14 \cdot 30^2 \cdot 120 = 339120 \text{ м}^3 \quad (5)$$

Из расчётов понятно, что данный комплекс в полной мере сможет обеспечить небольшую ферму электрической энергией. Также есть возможность добавить несколько ветрогенераторов, которые обеспечивают заряд АКБ при заходе солнца.

Возможность увеличения мощности всего технолого-энергетического комплекса СВВК сводится к увеличению его масштабов, то есть рабочей поверхности и количества установленных на нём ветрогенераторов.

Принцип работы этого комплекса заключается в подъёме на высоту более 200 м конструкции, привязанной тросом к барабану, который контролирует высоту подъёма и передает электрическую энергию в аккумулирующие батареи [6, с. 119]. Объект также имеет аэродинамический механизм полета в воздухе, чтобы получить увеличенный поток ветра. Такой комплекс не занимает площадь земли, которую возможно применять в других целях. СВВК также будет автоматизирован, чтоб при больших порывах ветра или грозе опускаться на безопасную высоту. Диспетчер или оператор может следить за скоростью ветра при помощи



а)

б)

Рис. 5. Полученные параметры в ходе исследование в пакете программ Solid Works Edition 2013 – Flow Simulation: а – анализ потока скорости ветра на работу ветрогенератора; б – анализ давления потока ветра на поверхность аэростата

датчика, который будет располагаться в ветрогенераторе. Разведка метеорологических данных позволит заранее устанавливать комплекс в здании, чтобы не повредить его. К недостаткам данного комплекса можно отнести: большие капиталовложения, требуемую площадку для запуска и посадки установки, использование наполнителей для аэростата (гелий, водород).

Далее показана принципиальная модель СВБК в программе Solid Works Edition 2013 (рис. 4) и более подробно проанализирована его конструкция в пакете программы Flow Simulation. Такой вид анализа позволил найти турбулентные точки и нагрузки, которые испытывает данная установка.

При моделировании такого солнечно-ветрового комплекса необходимо производить сборку отдельных элементов, чтобы каждый механизм был сборочной частью. В свою очередь, это поможет улучшить качество всей целостной модели, так как каждое устройство будет достаточно четко сконструировано и тщательно осмотрено.

В процессе моделирования мы сталкивались с проблемой крепления солнечных панелей на поверхности аэростата, так как в реальности они будут крепиться с помощью тросов или монопити, чтобы выдержать большие потоки ветра. Также предусмотрен отсек в нижней части, в которой будет находиться вся электроника, относящаяся к СВБК.

После того, как твердотельную модель будет сконструировано и собрано в технолого-энергетический комплекс, необходимо перейти к дальнейшему анализу. Так как эта модель будет парить в воздухе, ее нужно проверить на устойчивость от потока ветров. Данную проверку проводим в пакете программ Solid Works Edition – Flow Simulation,

где устанавливаются параметры потока воздуха и производится расчет аэродинамики объекта исследования. Далее исследуется наличие изменений в расположении элементов или геометрических параметров установки. Такой компьютерный эксперимент позволяет улучшить аэродинамические показатели данного комплекса для последующей реализации данного проекта [7, с. 5].

При анализе данного объекта исследования можно заметить, что турбинные ветрогенераторы, а также сама конструкция аэростата повышают поток ветра от входного значения 20 до 28 м/с (рис. 5, а). Также проанализировано давление на поверхность дирижабля (рис. 5, б), где можно увидеть, что передняя часть существенно ощущает нагрузки потока ветров. Таким образом, в дальнейшем требуется экспериментировать с геометрией передней части.

Выводы. При проведении анализа альтернативных источников было определено, что все они имеют свои достоинства и недостатки. При этом также было обнаружено, что некоторые концепции требуют математического и инженерно-технологического обоснования.

Впоследствии разработанная инновационная модель солнечно-ветрового комплекса сможет обеспечить электроэнергией промышленный объект. Немаловажной для такого комплекса является его технолого-экологическая конструкция, что в ближайшем будущем позволит улучшить безопасность окружающей среды.

Из-за того, что при расчётах не были учтены территориальные зоны и время года, его необходимо считать грубым расчётом. При дальнейшем анализе эти моменты и параметры установок будут учтены и пересчитаны, что позволит кон-

кретизировать выдаваемую электрическую мощность данного объекта.

Для более точного и конкретного решения поставленной задачи данного исследования будет смоделирован СВВК в пакете прикладных программ Matlab Simulink, по его математической модели, которую в дальнейшем требуется определить из закономерностей генерирования сол-

нечной и ветровой электроэнергии. Также будет исследоваться вопрос зависимости максимальной точки энергетической мощности от количества солнечных дней и ветровых суток. Эти данные необходимо будет получить с геометеорологических исследований территориальных границ, где предполагается применить данную технологическую установку.

Список литературы:

1. Инновации в энергетике, возобновляемая энергетика. URL: <http://renew.ru/>.
2. Гелиоэнергетика – основа будущего. URL: <http://community.hiblogger.net/ecotop/218415.html>.
3. Kasap S., Capper P. (Eds.). Solar Cells and Photovoltaics. Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials. 2017. P. 1097–1109. DOI: 10.1007/978-3-319-48933-9_43
4. Соловей О.І., Лега Ю.Г., Розен В.П. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії / за заг. ред. О.І. Солов'я. Черкаси: вид. ЧДТУ, 2007. 490 с.
5. Future Transportation. URL: <http://psipunk.com/tag/air-ship/>.
6. Чашко М.В., Зинов'єв С.М., Скрипник С.О. Застосування різних видів альтернативних джерел енергії у промислових цілях. Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика: матеріали III всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (Полтава, 4–5 грудня 2017 р.). Полтава, 2017. С. 119–120.
7. Алтухова Т.В., Скрипник С.О. Моделювання та проектування сонячно-вітрового комплексу в пакетах прикладних програм SolidWorks та MatlabSimulink. Інформаційні технології в моделюванні: матеріали III всеукраїнської науково-практичної конференції, (Миколаїв, 22–23 березня 2018 р.). Миколаїв, 2018. С. 5–6.

СТВОРЕННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ СОНЯЧНО-ВІТРОВОГО ПОВІТРЯНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

У статті проаналізовано інноваційні різновиди альтернативних систем електропостачання. Запропоновано нову модель генеруючого технологічного-енергетичного сонячно-вітрового повітряного комплексу. Показані приблизні розрахунки потужностей, які видаються установкою. Сконструйовано твердотілу 3D-модель сонячно-вітрового повітряного комплексу в програмі Solid Works Edition 2013. Зроблені дослідження в пакеті програм Flow Simulation і показані найбільш вразливі точки аеростата.

Ключові слова: офшорна енергетика, сонячно-вітрової повітряний комплекс, аеростат, турбінний вітрогенератор, Solid Work sEdition 2013, Flow Simulation.

CREATION OF THE INNOVATIVE MODEL OF THE SUNNY-WIND AIR COMPLEX FOR ENERGY SUPPLY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

The article analyzes innovative varieties of alternative power supply systems. A new model of the generating technological-energy complex of SWAC is proposed. Shown approximate calculations of capacity, issued by the installation. Constructed of solid-state 3D-model of solar-windair complex in the program Solid Works Edition 2013. Produced by the research in the software package Flow Simulation, and shows the most vulnerable points of the balloon.

Key words: offshore energy, solar-wind air complex, aerostat, turbine wind generator, SolidWorks Edition 2013, Flow Simulation.