

Материалы

X Международной научно-технической конференции
«Инновационные машиностроительные технологии,
оборудование и материалы – 2019»
(МНТК-ИМТОМ – 2019»)

Часть 2



5-6 декабря 2019 года

г. Казань

Министерство промышленности и торговли Республики Татарстан
Акционерное общество «Казанский научно-исследовательский институт
авиационных технологий»
Казанский (Приволжский) Федеральный университет
Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н.
Туполева - КАИ (КНИТУ - КАИ)
Казанский национальный исследовательский технологический университет
ООО «ЦПР «Техносвар»
ИЦ «Энергопрогресс»



Конференция посвящается:

*60-летию АО «Казанского научно-исследовательского института
авиационных технологий»,
215-летию Казанского (Приволжского) Федерального университета,
30-летию ИЦ «Энергопрогресс»*

Материалы

**X Международной научно-технической конференции
«ИННОВАЦИОННЫЕ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ
И МАТЕРИАЛЫ – 2019»
(МНТК «ИМТОМ – 2019»)**

Часть 2

5-6 декабря 2019 года

Казань
2019

УДК 67
ББК К34
М34

Ответственность за содержание тезисов возлагается на авторов.

М34 Материалы X Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2019» (МНТК «ИМТОМ–2019»). Ч. 2. – Казань, 2019. – с., ил.

Материалы состоят из 6 разделов в соответствии с секциями Международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы–2019» (МНТК «ИМТОМ-2019»): «Высокоэффективные материалы, технологии и оборудование в машиностроении», «Цифровизация, инновационные разработки и экономика в машиностроении», «Химическое машиностроение», «Математическое и физическое моделирование информационных, технических, технологических и управленческих систем и процессов», «Инновационные сварочные технологии в промышленности», «Надежность, эффективность и безопасность объектов топливно-энергетического комплекса»

Будет полезно научным работникам, технологам и инженерам соответствующих специальностей.

ISBN 978-5-6043506-8-3 (m. 2)
ISBN 978-5-6043506-9-0

© АО «КНИАТ», 2019

© ООО «Фолиант», оформление, 2019

Все права защищены. Материалы Сборника трудов не могут быть воспроизведены в любой форме или любыми средствами, электронными или механическими, включая фотографирование, магнитную запись или иные средства копирования или сохранения информации без письменного разрешения АО «Казанский научно-исследовательский институт авиационных технологий».

Галимуллин И.А., Шмелёв Г.Н., Ипполитов А.И., Азвалов Р.Р. Расчет конструкций на ветровое воздействие в рамках безопасности сооружений.....	382
Галяветдинова С.Р., Хафизов И.И. Система экологического менеджмента на предприятии	385
Гиниятова Л.М., Хабибуллина И.Ф., Хайруллин А.Р., Гусячкин А.М. Теплопроводность волокнистых теплоизоляционных материалов при их увлажнении.....	389
Долгова А.Н., Ахмеров А.В., Осипов А.Л., Снигирева Ю.В. Повышение эффективности транспортировки высоковязких жидкостей на объектах ТЭК	393
Долгова А.Н., Ахмеров А.В., Юнак С.А., Руденко А.С. Сравнительная эффективность теплоизоляционных материалов трубопроводов.....	397
Закиева Н.М., Гатиятов И.З., Сабитов Л.С., Тимершин Б.Ф. Применение абсорбционно – холодильной машины перед комплексным воздухоочистительным устройством (КВОУ) ГТУ	402
Закирова А.Р., Садыков З.Б., Раджабов Т.Р. Методологические подходы к планированию развития электроэнергетики	406
Ипполитов А.И., Шмелёв Г.Н., Галимуллин И.А., Хайдаров Л.И. Исследование влияния проницаемости сетчато-баннерного ограждения на ветровую нагрузку в рамках безопасности зданий.....	410
Колобанов А.С., Тарасова Н.В. К вопросу о коррозионной стойкости строительных конструкций, работающих в условиях агрессивных производственных сред	413
Кузнецова М.А., Зарипова С.Н. Моделирование аварийности в энергетических системах РФ.....	417
Кузнецова М.А., Зарипова С.Н. О состоянии производственного травматизма на предприятиях электроэнергетики Российской Федерации	422
Купцов А.И., Гимранов Ф.М. Использование ячеечно-нейросетевых моделей в прогнозировании аварий на опасных производственных объектах топливно-энергетического комплекса.....	425
Лаптева Е.А., Тактамышева Р.Р., Тюклина К.В. Эффективность проекта модернизации Казанской ТЭЦ-1	429
Лаптева Е.А., Тактамышева Р.Р., Тюклина К.В. Технико-экономическое обоснование эффективности модернизации Казанской ТЭЦ-1	432
Местников Н.П., Нуруллин Э.Г. Исследование и моделирование процесса генерации ветровой и солнечной электростанции мощностью 650 Вт	436
Михайлов В.В., Чесноков А.В., Долматов И.В. Совершенствование методики статического анализа упругодеформируемых конструкций навесов, предназначенных для временного укрытия зон производства ремонтных и монтажных работ	440
Мусина Ф.А., Харитонов О.С., Бронская В.В., Игнашина Т.В., Володченко Т.В., Бальзамов Д.С. Увеличение эффективности тепло - и массообмена на поверхности вращающегося диска	444

УДК 620.92

ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГЕНЕРАЦИИ ВЕТРОВОЙ И СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ МОЩНОСТЬЮ 650 ВТ

Местников Николай Петрович¹, Нуруллин Эльмас Габбасович²
sakhacase@bk.ru¹, nureg@mail.ru²
ФГБОУ ВО «КГЭУ»¹, ФГБОУ ВО «КГАУ»²

Аннотация: В данной статье описывается процедура исследования процесса генерации ветровой и солнечной электростанции мощностью 650 Вт с помощью стандартных лабораторных испытаний и оценкой полученных данных с последующим расчетом методом наименьших квадратов для определения зависимости объема мощности от скорости ветра, тока, напряжения и других технических параметров.

Abstract: This article describes the procedure for investigating the process of generating a 650 W wind and solar power plant using standard laboratory tests and evaluating the obtained data, followed by least squares method calculation to determine the dependence of power volume on wind speed, current, voltage and other technical parameters.

Ключевые слова: ветрогенератор, солнечные панели, среднегодовая скорость ветра, показатель солнечной инсоляции.

Цель исследования: Определить точную формулу расчета объема генерации ветрогенератора 500 Вт и солнечной панели 150 Вт с учетом основных технических параметров и требований эксплуатации.

Материалы и методы: Для составления подробного определения формулы расчета объема генерации ветрогенератора и солнечной панели следует рассмотреть карты солнечной активности, продолжительности солнечных дней в году, среднегодовой скорости ветра по России, выбор дня испытаний при безоблачной погоде и скорости ветра от 4 м/с. Внедрение ветро-солнечных станций на основе параллельной работы энергии ветра и солнца возможен вдоль северной части Якутии вдоль реки Лена и побережья Охотского моря Магаданской области и Хабаровского края, где отмечено на рисунке 1.



Рис. 1. Карта возможного внедрения гибридных станций в ДФО.

В рамках НИР была разработана математическая модель по расчету основных технических параметров ветро-солнечной электростанции с учетом на основе программы MathCad 14: географического положения, погодных

условий, объема солнечной инсоляции, $\text{kВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, средней скорости ветра, м/с, технические параметры выбранного оборудования, вспомогательные данные.

В итоге данная модель выдает необходимое количество солнечных панелей, аккумуляторов, инверторов, контроллеров и ветровых генераторов с указанием периода автономной работы гибридной станции. Для проверки данных полученных от математического моделирования гибридной станции была разработана и собрана гибридная станция в рисунке 2.

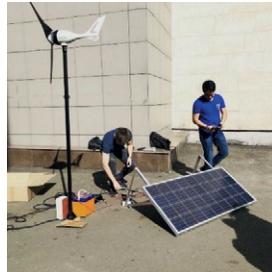


Рис. 2. Гибридная станция мощностью 650 Вт.

В виде места проведения лабораторных испытаний был выбран участок в г. Казани на месте Казанского энергетического университета у арки между корпусами «В» и «Д», так как в данном месте скорость ветра достигает от 4 м/с на осенний период. Испытания были проведены отдельно для солнечной панели 150 Вт (далее – ФЭП) и ветрогенератора 500 Вт (далее – ВЭУ). Эксперименты №1 и №2 с ФЭП был проведен в солнечный день с 12:00 по 14:40 часов, где измерены:

1. Освещенность E [лк];
2. Напряжение U [В];
3. Ток I [А];
4. Коэффициент пульсации K_n [%].
5. Вид погоды;
6. Количество малых фотоэлектрических преобразователей n [шт].

Таблица 1.

Эксперимент №1 ФЭП от 12.09.2019.

Время	E [лк]	U [В]	I [А]	K_n [%]	Вид погоды
12:00	7790	14,8	7,14	0	Солнце
12:20	7850	14,4	7,42	0	Солнце
12:40	8300	14,23	7,38	0	Солнце
13:00	7800	14,88	7,38	0	Солнце

В ходе изучения параметров эксперимента №1 были установлены следующие зависимости.

1. Зависимость тока [I] от освещенности [E] при эксперименте №1.

$$I = 10.2961 - 0.00346 * E$$

2. Зависимость тока [I] от напряжения [U] и освещенности [E] при эксперименте №1.

$$I = 2.8089 - 0.00363 * E + 0.6145 * U$$

Далее проведен эксперимент №2 ФЭП с изменением на 4 ед. количества фотоэлектрических преобразователей на каждый шаг эксперимента. В испытуемом ФЭП содержится 36 ед. преобразователей с общей площадью $1,5*0,5 \text{ м}^2$.

Таблица 2.

Эксперимент №2 ФЭП от 13.09.2019.

n [шт]	U [В]	I [А]	P, Вт
36	14,8	7,14	105,7
32	13,31	0,43	5,72
28	13,05	0,07	0,91
24	13,03	0,07	0,91

В ходе изучения параметров эксперимента №1 были установлены следующие зависимости.

3. Зависимость мощности [P] от количество малых фотоэлектрических преобразователей [N] освещенности [E] при эксперименте №2.

$$P = 37.956 + 0.01829 * N - 2.9634 * U + 15.5379 * I$$

Эксперимент №3 ВЭУ был проведен в ветреный день с 10:00 по 12:00 часов, где измерены:

1. Скорость ветра V [м/с];
2. Напряжение U [В];
3. Ток I [А];

Таблица 3.

Эксперимент №3 ВЭУ от 11.10.2019.

Время	V [м/с]	U [В]	I [А]
10:00	5,30	8,06	2,02
10:15	3,20	7,06	1,52
10:30	7,58	10,58	3,81
10:45	7,69	12,10	3,87

На основе данных показателей были рассчитаны показатели мощности ВЭУ по двум формулам:

$$P_{взу} = U_{взу} * I_{взу} * \cos\varphi(1)$$

, где $U_{взу}$ – напряжение [В], $I_{взу}$ – ток ВЭУ [А], $\cos\varphi$ – коэффициент мощности равный 0,9.

Формула 1 основана на показании напряжения и тока ВЭУ, полученных из эксперимента и имеют высокую точность с учетом погрешности измерительных устройств.

$$N_{взу} = 0,185 * D^2 * V^3$$

, где $N_{вэу}$ – мощность ВЭУ [Вт], D – диаметр ротора [м], V – скорость ветра у ротора [м/с].

Далее сравнены две мощности из формул на рис. 1.

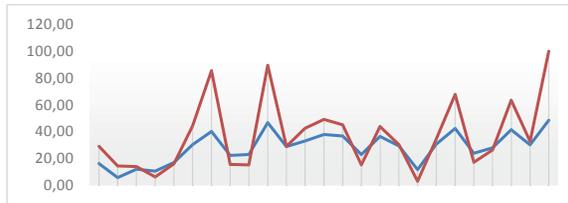


Рис. 3. Сравнение показателей мощности по току и скорости ветра.

, где синим цветом изображена величина мощности по формуле 1, а оранжевым цветом изображена величина мощности по формуле 2.

С учетом абсолютной погрешности, которая при формуле 1 равна 28,8% и формуле 2 равна 17,9 % было рассчитано отличие [Кстаб] (далее – коэффициент стабилизации) этих двух мощностей:

$$K_{стаб} = \frac{P_{ср.вэу}}{N_{ср.вэу}} = 0,76 \quad (3)$$

, где $P_{ср.вэу}$ – средняя установленная мощность ВЭУ за все время эксперимента по формуле 1, $N_{ср.вэу}$ – средняя установленная мощность ВЭУ за все время эксперимента по формуле 2.

Таким образом, вследствие проведенных расчетов и эксперимента №3 установлено, что для расчета мощности маломощных ВЭУ до 1 кВт в диапазоне ветров от 3 до 10 м/с формула 2 должна быть изменена в следующем виде:

$$N = 0,185 * K_{стаб} * D^2 * V^3 \quad (4)$$

, где N – мощность ВЭУ [Вт], D – диаметр ротора [м], V – скорость ветра у ротора [м/с], $K_{стаб}$ – коэффициент стабилизации.

Выводы: По итогам статьи были получены новые формулы расчета генерации ФЭП и ВЭУ малой мощности до 1-2 кВт с учетом основных технических параметров. Разброс данных математического моделирования на MathCaf 14 и лабораторных данных от ветро-солнечной станции мощностью 650 Вт составляет до $\pm 15\%$.

Источники

1. Воронков Э.Н. (2017), «Солнечная энергетика может стать одним из ключевых факторов формирования нового технологического цикла», В сборнике: Промышленная энергетика. 2017. № 4. с. 48-53.

2. Константинов А.Ф., Нетрадиционные энергоисточники Якутии/ Отв.ред.: Бурянина Н.С. – Якутск: Изд-во ЯНЦ СО РАН, 2006. – с. 121-123.

3. Хэ Кай, Су Линь, Воронков Э.Н. (2018), «Вклад возобновляемой энергетики Китая в формирование глобального технологического цикла», В сборнике: Вестник МЭИ. 2018. № 6. С. 43—50.