

---

# ЖЫЛУ ФИЗИКАСЫ ЖӘНЕ ТЕОРИЯЛЫҚ ЖЫЛУ ТЕХНИКАСЫ ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА

УДК 533.682

А.Р.Алибекова<sup>1</sup>, К.К.Кусаиынов<sup>1</sup>, Ж.Т.Камбарова<sup>1</sup>, Н.К.Танашева<sup>1</sup>, М.Б.Карагаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова;

<sup>2</sup>Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза

(E-mail: asem.alibekova@bk.ru)

## Экспериментальные испытания опытной ветроэнергетической установки при различных климатических условиях

Статья посвящена исследованию ветроэнергетической установки с динамически изменяемой формой поверхности для малых скоростей ветра. Проведены экспериментальные испытания опытной установки ветротурбины в условиях естественного ветра при различных климатических условиях. Получены зависимости силы тяги ветротурбины от температуры воздуха при различных значениях скорости ветра. Результаты эксперимента показали, что при высоких скоростях ветра изменение плотности окружающей среды играет большую роль.

*Ключевые слова:* ветротурбина, аэродинамическая характеристика, сила тяги, температура воздуха, скорость потока ветра, парус.

### *Введение*

В настоящее время одним из приоритетных направлений развития электроэнергетики и решения экологических проблем Казахстана является использование возобновляемых энергетических ресурсов и реализация программ энерго- и ресурсосбережения. В Послании Президента Республики Казахстан — Лидера нации Н.А.Назарбаева народу Казахстана от 14 декабря 2012 г. «Стратегия «Казахстан–2050»: новый политический курс состоявшегося государства» указывается на необходимость развития производства альтернативных видов энергии и активного внедрения технологий, использующих энергию солнца и ветра. Потенциал возобновляемых энергетических ресурсов (гидроэнергия, ветровая и солнечная энергия) в Казахстане весьма значителен. Но, несмотря на это, процент выработки альтернативной энергии в Казахстане составляет только 0,4 % от общего количества [1].

Парусные ветродвигатели обладают уникальной особенностью — они одинаково эффективно работают как при малых значениях скорости ветра, так и при больших, за счет динамической изменяемой формы рабочей поверхности под воздействием потока ветра [2–5].

Основной идеей является эффективное использование энергии приземистых ветров малых скоростей путем использования многолопастных ветродвигателей с динамической изменяемой формой лопастей, выполненных в виде треугольного «паруса» с подвижным концом [6, 7].

### *Эксперимент*

Для экспериментальных исследований был создан опытный образец ветроэнергетической установки на основе ветродвигателей с лопастями динамической, изменяемой формы. На рисунке 1 показан общий вид изготовленного опытного образца ветроэнергетической установки с диаметром ветроколеса 3 м. Для обеспечения максимальной силы тяги лопастей паруса удлинение подвижной нити выбрано 15 см.

Опытный образец ветроустановки установлен на высоте 5 метров по розе ветров, по преимущественному направлению местного ветрового потока. Дополнительно установлена солнечная панель

для обеспечения электрической энергии при безветренной погоде, например, при штиле и тихом ветре, т.е. когда нет воздействия ветра на ветротурбину.

Испытания ветротурбины проводились при различных сезонах года. При данных экспериментах были выявлены аэродинамические характеристики ветроустановки в зависимости от скорости ветра и температуры воздуха для каждого месяца.

Например, по данным метеостанций в Карагандинской области на 2014 г., в центральной части Казахстана среднегодовая скорость ветра, измеряемая на высоте 10 м, равна 3,8 м / с, а в Караганде это 3,2 м/с (рис. 2).

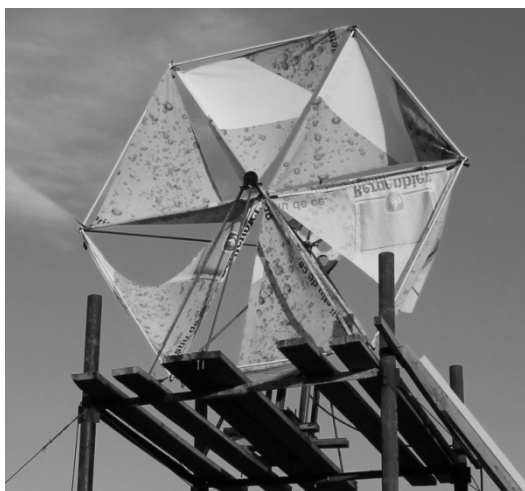


Рисунок 1. Общий вид опытного образца ветроэнергетической установки

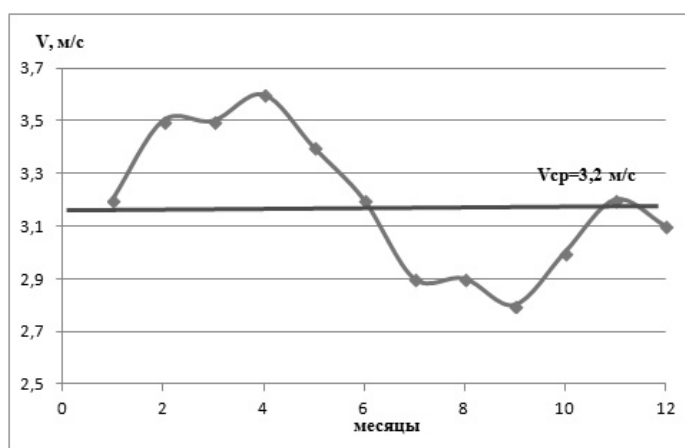


Рисунок 2. Схема ежемесячного изменения средней скорости ветра в Караганде в 2014 г.

Согласно информации источника [8] данные по температурам сухого воздуха в Караганде приведены в таблице.

Т а б л и ц а

**Среднемесячные данные по температуре воздуха в г. Караганде**

Климат Караганды													
Показатель	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб.	Дек.	Год
Абсолютный максимум, °С	6,2	6	22,1	30,6	35,6	39,1	39,6	40,2	37,4	27,6	18,9	11,5	40,2
Средний максимум, °С	-8,7	-7,7	-1,4	12	20,1	25,6	26,8	25,4	19,2	10,5	-0,2	-6,8	9,6
Средняя температура, °С	-12,9	-12,7	-6,2	5,6	13,3	18,9	20,4	18,6	12,2	4,4	-4,8	-11	3,8
Средний минимум, °С	-17,1	-17,2	-10,4	0,1	6,9	12,3	14,3	12,3	6,1	-0,3	-8,6	-15,1	-1,4
Абсолютный минимум, °С	-41,7	-41	-34,7	-24	-9,5	-2,3	1,7	-0,8	-7,4	-19,3	-38	-42,9	-42,9
Норма осадков, мм	21	19	18	22	36	36	41	28	22	35	27	22	332

На рисунке 3 показаны направления ветра для четырех сезонов города Караганды.

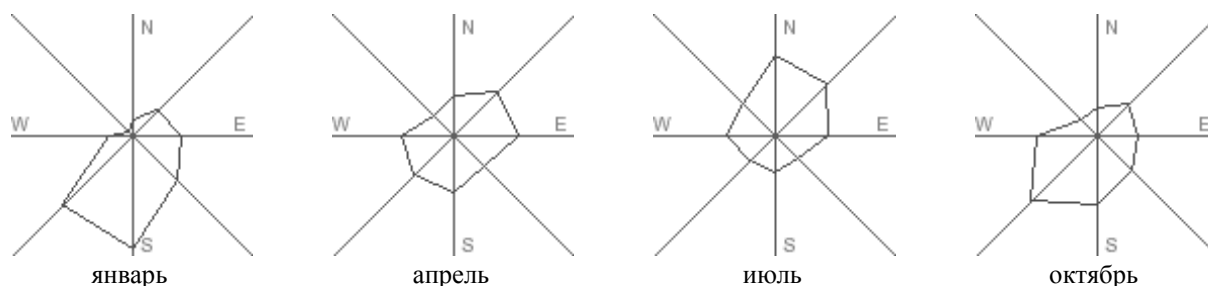


Рисунок 3. Направления ветра для различных времен года г. Караганды

Исследованы зависимости силы тяги ветротурбины от температуры воздуха.

На рисунке 4 представлены графики зависимостей силы тяги ветротурбины от температуры воздуха при различных значениях скорости ветра.

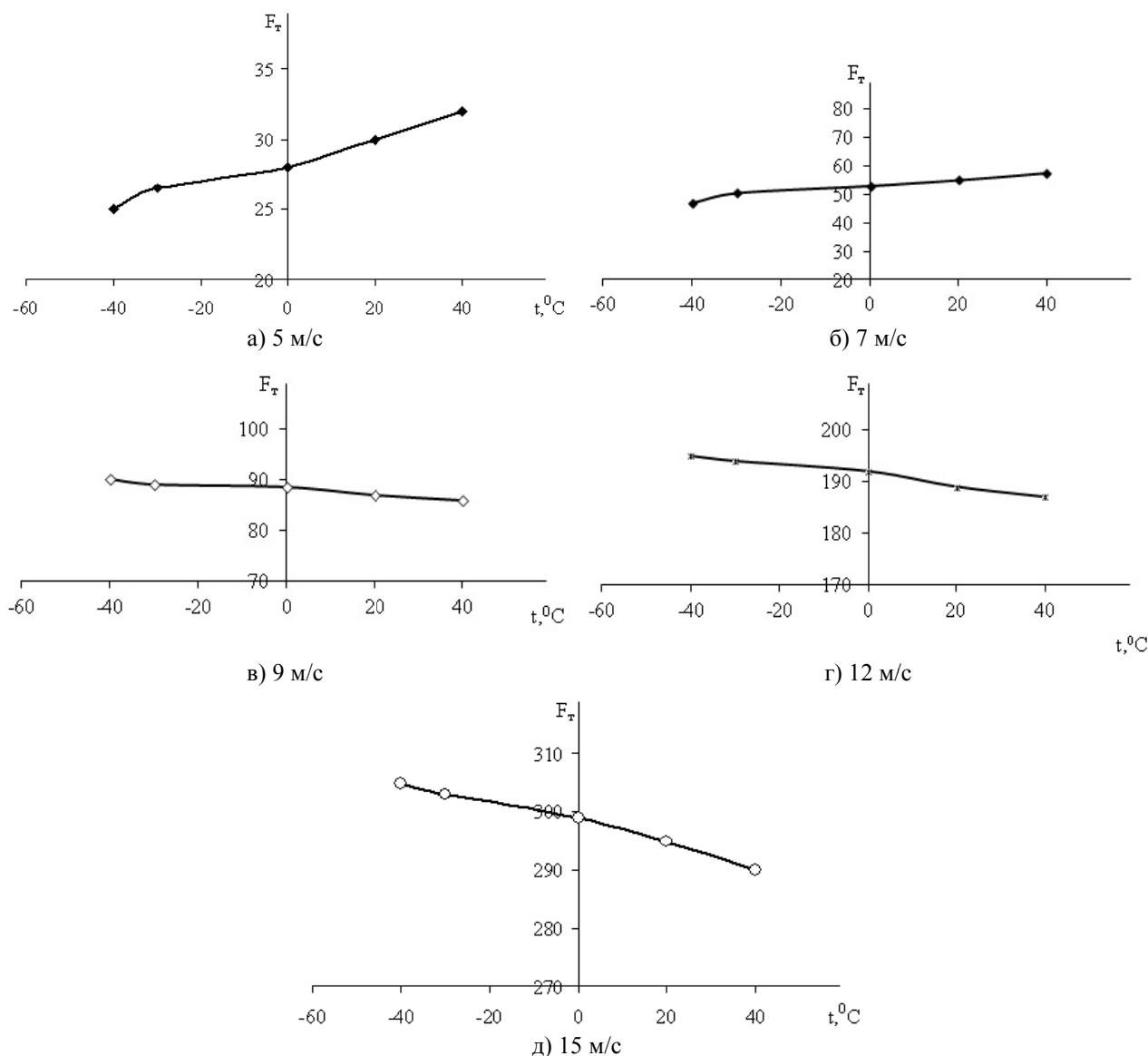


Рисунок 4. Зависимость силы тяги ветротурбины от температуры воздуха при разных скоростях ветра

#### Заключение

Таким образом, получены следующие результаты:

– уменьшение силы тяги ветротурбины при понижении температуры для малых скоростей ветра (5–7 м/с) объясняется тем, что ветроколесо замедляется из-за сгущения смазочного материала на подшипниках и увеличения трения между деталями ветротурбины;

– при скорости ветра 9 м/с влияние силы трения на подшипниках на работу ветроколеса остается, однако в дальнейшем на значение силы тяги ветроколеса будет влиять, кроме скорости потока, плотность окружающей среды. При таких условиях, т.е. постоянной скорости потока ветра с понижением температуры, увеличивается плотность среды, соответственно увеличивается напорное давление, действующее на поверхность лопасти. С повышением напорного давления увеличивается сила тяги ветротурбины;

– при высоких скоростях ветра (9–15 м/с) изменение плотности окружающей среды играет большую роль. В таких условиях увеличение силы тяги с понижением температуры будет больше, чем при средних скоростях (8–9 м/с).

### Список литературы

- 1 Мукашева А.А., Шарпатов Г.С. Проблемы использования возобновляемых источников энергии в Республике Казахстан (в рамках ЕХРО 2017) // Евразийский юрид. журнал. — 2013. — № 4(59). — С. 96–99.
- 2 Andris Jakovics, Sakipova S., Kussaiynov K., Kussaiynov E., Kambarova Zh. Development of an autonomous energy supply system using a sailing type wind turbine // *Advances in Environmental Sciences, Development and Chemistry: Proceedinds of the 2014 International Conference on Energy, Environment, Development and Economics*. (17–19 July, 2014). — Santorini Island, Greece. — P. 62–66.
- 3 Хозяинов Б.П. Вычисление угловой скорости вращения ветротурбины с вертикальной осью // *Энергетик*. — 2011. — № 5. — С. 28–30.
- 4 Яковлев А.И., Затучная М.А. Учеб. пособие по курсовому проектированию. — Харьков: Нац. аэрокосмический ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2002. — 61 с.
- 5 Досаев М.З., Климина Л.А., Локиин Б.Я., Селюцкий Ю.Д. Об оптимизации формы лопасти ветротурбины // *Изв. Российской академии наук. Теория и системы управления*. — 2014. — № 3. — С. 104.
- 6 Камбарова Ж.Т., Тургунов М.М., Алибекова А.Р., Ранова Г.А., Кусаиынов Е.К. Исследование лобового сопротивления треугольной лопасти ветротурбины для малых скоростей ветра // *Вестн. Томского гос. ун-та. Сер. Математика и механика*. — 2014. — № 3(29). — С. 75–82.
- 7 Kussaiynov K., Sakipova S., Kambarova Zh., Kussaiynova A., Alibekova A. Development of a sail type wind turbine with dynamic varying shape surface blades // *Proceedings of Eleventh International Conference on Flow Dynamics* (October 8–10, 2014) Sendai International Center Sendai, Japan. — P. 194–195.
- 8 [ЭР]. Режим доступа: <https://klimatipogoda.ru/>

А.Р.Әлібекова, Қ.Қ.Құсайынов, Ж.Т.Қамбарова, Н.Қ.Танашева, М.Б.Қарағаева

### Әр түрлі климаттық жағдайда табиғи жел кезіндегі тәжірибелік желэнергетикалық қондырғыны эксперименттік сынақтан өткізу

Мақала желдің аз жылдамдығы үшін динамикалық өзгермелі пішінмен желэнергетикалық қондырғыны зерттеуге арналған. Әр түрлі климаттық жағдайда табиғи жел кезіндегі тәжірибелік желэнергетикалық қондырғының эксперименттік сынамалары келтірілген. Жел жылдамдығының әр түрлі мәні кезінде ауа температурасынан жел турбинасының тартылыс күшінің тәуелділігі алынды. Тәжірибе нәтижелері желдің жоғары жылдамдығы кезінде қоршаған орта тығыздығының өзгеруі үлкен рөл ойнайтынын көрсетті.

A.R.Alibekova, K.K.Kusaiynov, Z.T.Kambarova, N.K.Tanasheva, M.B.Karagaeva

### Experimental tests of an experimental wind power plant in natural wind under different climatic conditions

The article investigates the wind energy plant with a dynamically variable shape surface for low wind speeds. The experimental test pilot installation of the wind turbine are made in a natural wind under different climatic conditions. The dependences of the thrust of the wind turbine on the air temperature at different wind speeds. The experimental results showed that, at high wind speeds change the density of the environment plays an important role.

### References

- 1 Mukasheva A.A., Sharapatova G.S. *Eurasian Law Journal*, 2013, No. 4(59), p. 96–99.
- 2 Andris Jakovics, Sakipova S., Kussaiynov K., Kussaiynov E., Kambarova Zh. *Advances in Environmental Sciences, Development and Chemistry: Proceedinds of the 2014 International Conference on Energy, Environment, Development and Economics* (17–19 July, 2014), Santorini Island, Greece, p. 62–66.
- 3 Khozyainov B.P. *Energetik*, 2011, 5, p. 28–30.

- 4 Yakovlev A.I., Zatuchnaya M.A. *Textbook on course design*, Kharkov: Nat. Aerospace Univ «Kharkiv aviation. Inst., 2002, 61 p.
- 5 Dosaev M.Z., Klimina L.A., Lokshin B.J., Selyutsky Yu.D. *Bull. of the Russian Academy of Sciences. Theory and control systems*, 2014, 3, p. 104.
- 6 Kambarova Zh.T., Turgunov M.M., Alibekova A.R., Ranova G.A., Kusaiynov E.K. *Bulletin of Tomsk State University, Ser. mathematics and mechanics*, 2014, 3(29), p. 75–82.
- 7 Kussaiynov K., Sakipova S., Kambarova Zh., Kussaiynova A., Alibekova A. *Proceedings of Eleventh International Conference on Flow Dynamics* (October 8 — 10, 2014), Sendai International Center Sendai, Japan, p. 194–195.
- 8 <https://klimatipogoda.ru/>