

**ЭНЕРГЕТИКА ЖАНА УНАА
ЭНЕРГЕТИКА И ТРАНСПОРТ
ENERGY AND TRANSPORT**

УДК 621.47(575.2) (04)

**ИЧКИ КЕСИЛИШ АЯНТЫ ӨЗГӨРҮЛҮП ТУРУУЧУ
ТҮТҮКТӨГҮ ШАМАЛДЫН АГЫМЫНА
ЖЫЛУЛУКТУН ЫЛДАМДЫГЫНА КАНДАЙ
ТААСИРИН ТИЙГИЗЕРИН ИЗИЛДӨӨ**

**ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА
СКОРОСТЬ ВЕТРОВОГО ПОТОКА В ТРУБКЕ С
ПЕРЕМЕННЫМ СЕЧЕНИЕМ**

**INVESTIGATION OF THE STUDY OF THE
TEMPERATURE OF THE WIND FLOW VELOCITY IN
A TUBE WITH A VARIABLE CROSS SECTION**

А. Дж. Обозов, М. Т. Медетбеков
A. DJ.Obozov, M. T. Medetbekov

Бул илимий иште негизги максат катары шамал жок болуп калган учурда шамал энергиясын пайда кылуу үчүн шамалдын жылуулук кыймылын пайдаланууну көздөдүк. Мында Бернуллинин принцибин пайдаланып ага жылуулук факторду пайдаланууга туура келди. Ошолунун себебинен шамалдын кинетикалык энергиясын жана молекулярдык-кинетикалык энергиясын пайдаланып, жылуулук фактордун негизинде пайда болуучу шамалдын ылдамдыгын эсептөөчү теңдемени чыгардык. Бул багытыбыз туура болуп чыкты, жылуулук жогорулаган сайын шамал ылдамдыгы жогорулай турганын аныкталды.

В данной работе, используя существующую ветроэнергетическую систему, произведена модернизация, чтобы повысить мощность и коэффициент полезного действия (КПД) ветроэнергетических устройств. Для осуществления данной идеи в работе применен принцип неразрывности уравнения Бернулли, кинетическая и молекулярно-кинетическая теория тепловых движений потока ветра для повышения скорости ветра. Уравнения, выведенные с помощью молекулярно-кинетической теории, показали справедливость основной идеи данной работы, т.е. что ско-

рость потока ветра с переменным размером сечения трубки, где размер сечения меньше скорости потока ветра, увеличивается. Таким образом, для ветроэнергетики можно использовать такое устройство с учетом тепловых факторов, где ветровой поток не всегда возможен.

In this work, using a previously existing wind power system, we wanted to modernize in order to increase the power efficiency of wind power devices. To implement this idea, the principle of continuity of the Bernoulli equation, kinetic and molecular kinetic theory of thermal movements of wind flow to increase wind speed are applied in the work. The equation derived using molecular kinetic theory showed the validity of the main idea of this work. That is, that the wind flow velocity with a variable tube cross-section size where the cross-section size is less than the velocity increases. Thus, for wind power it is possible to use such a device using thermal factors where wind flow is not always possible.

Түйүн сөздөр: шамалдын ылдамдыгы, тура кесилиш аянты, аба жылуулугу, Бернуллинин принциби, кинетикалык энергия.

Ключевые слова: скорость ветра, поперечное сечение, температура воздуха, принцип Бернулли, кинетическая энергия.

Keywords: wind speed, cross section, air temperature, Bernoulli principle, kinetic energy.

Возобновляемая или регенеративная энергия, так называемая зеленая энергия — энергия из источников, которые, по человеческим масштабам, являются неисчерпаемыми. Возобновляемую энергию получают из природных ресурсов, таких как солнечный свет, водные потоки, ветер, приливы и геотермальная теплота, которая является возобновляемой (пополняется естественным путём). Вообще-то ветер возникает в атмосфере из-за разности температур воздушных масс, в одних из которых высокая температура, в других — низкая, при соприкосновении (холодный, теплый) воздушные массы между собой смешиваются и обмениваются температурой, холодная масса воздуха нагревается, повышается кинетическая энергия, и возникает воздушный ветер.

В связи с этим, если два тела, т.е. две воздушные массы, имеющие первоначально разные температуры, входят в соприкосновение друг с другом, движение частиц в одном из них замедляется, в другом, наоборот, ускоряется, в результате происходит уравнивание температуры, средняя кинетическая энергия частиц становится везде одинаковой. В этой системе в целом энергия стремится

прийти к состоянию полного теплового равновесия, но огромные воздушные массы (теплый, холодный) постоянным притоком не приводят до полного равновесия, в результате чего постоянно происходит воздушный ветер. В мировой практике эти явления стараются использовать как дешёвый ветроэнергетический генератор электроэнергии.

В данной работе, используя ранее существующую ветроэнергетическую систему, хотели произвести модернизацию с тем, чтобы повысить мощность и коэффициент полезного действия (КПД) ветроэнергетических устройств. Для осуществления данной идеи в работе применен принцип неразрывности уравнения Бернулли[1,2,3] для повышения скорости ветра.

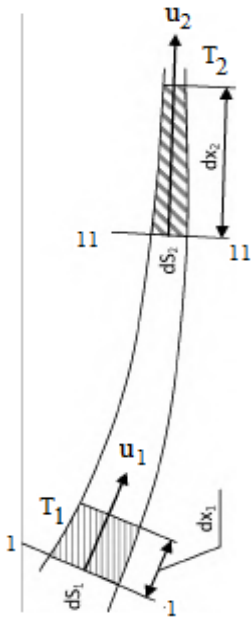


Рисунок 1 – Элементарная трубка тока воздуха

Уравнение неразрывности для элементарной трубки потока ветра можно наглядным образом показать по следующей схеме (рис. 1). В силу непроницаемости боковых стенок масса воздуха, поступившая через сечение I-I, равна массе жидкости, ушедшей через сечение II-II. При этом масса m воздуха в элементарной ячейке I-I с температурой T_1 с массой dm_1 и при передвижении с массой воздуха в конце трубы не переходит в положение с такой массой II-II с температурой T_2 dm_2 . Тогда массы воздуха будут равны $dm_1 = dm_2$.

Кинетическая энергия поступательного движения молекулы равна:

$$E_{\text{кинет.энерг.поступ.}} = \frac{1}{2}mv^2, \tag{1}$$

где m – масса молекулы воздуха, v – скорость потока воздуха движущегося по трубе.

С одной стороны, по молекулярно-кинетической теории тепловое движение рассматривается просто как одна из форм энергии, а именно – кинетическая энергия атомов или молекул передвигается за счет тепловой энергии.

Энергия молекулярно-кинетической теории движения равна:

$$E_{\text{кинет.энерг.тепл}} = \frac{3}{2}kT, \quad (2)$$

где $k = 1,38 \cdot 10^{-16}$ эрг/К – переводной коэффициент, определяющий, какая часть эрга содержится в градусе. Величина k называется постоянной Больцмана; T – температура молекулы совокупности воздушной массы.

В связи с этим можно приравнять две кинетические энергии поступательного и теплового движения:

$$E_{\text{кинет.поступ}} = E_{\text{кинет.тепл}}. \quad (3)$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}kT. \quad (4)$$

Основная цель данной работы заключается в том, чтобы использовать природные явления, такие, как ветер, в пользу «зеленой энергетики». Для этого воспользуемся идеей принципа уравнения Бернулли. Идея заключается в том, что из уравнения Бернулли для горизонтальной трубки тока и уравнения неразрывности ($S_1V_1\Delta t = S_2V_2\Delta t$) видно, что при течении жидкости (газ) по горизонтальной трубке, которая имеет переменное сечение, скорость жидкости больше в более узких местах (где площадь сечения S меньше), а статическое давление больше в широких местах, т.е. там, где скорость меньше. Используя идею принципа уравнения Бернулли, можно добавить температурный фактор для увеличения скорости потока воздуха. Допустим, в начале в широкой части трубы обозначим параметры: площадь поперечного сечения S_1 , скорость v_1 и температуру T_1 воздуха, а для конца трубы обозначим параметры S_2, v_2 и T_2 соответственно, тогда можно выводить уравнение для вычисления скорости воздуха на выходе, и на втором конце трубки T_2 . Воспользуемся равенством кинетических энергий.

В нашем устройстве неизвестна геометрическая размерность трубы, т.е. площадь поперечного сечения S , чтобы ее вывести, воспользуемся уравнением плотности вещества:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (5)$$

где m – масса воздуха, V – объем трубки, ρ – плотность воздуха единичного объёма.

Объем цилиндра можно записать как $V=S \cdot l$, тогда можно записать в таком виде кинетическую энергию:

$$\frac{1}{2} \rho S l v^2 = \frac{3}{2} k T \quad (6)$$

Таким образом, выведено общее рабочее уравнение вычисления скорости ветра при данной температуре. Для переменного сечения трубки S_1 и S_2 при температуре воздуха в сечениях T_1 и T_2 запишем два уравнения, взяв соотношения этих двух уравнений:

$$\frac{1}{2} \rho S_1 v_1^2 l = \frac{3}{2} k T_1, \quad (7)$$

$$\frac{1}{2} \rho S_2 v_2^2 l = \frac{3}{2} k T_2, \quad (8)$$

$$\frac{S_1 v_1^2 T_1}{S_2 v_2^2 T_2}, \quad (9)$$

и в результате можно определить скорость ветра узкой части потока ветра v_2 трубки.

$$v_2^2 = \frac{s_1 v_1^2 T_2}{s_2 T_1}, \quad (10)$$

$$v_2 = v_1 \sqrt{\frac{s_1 T_2}{s_2 T_1}}. \quad (11)$$

Если трубка находится в воздухе, температура воздуха вокруг нее приблизительно одинакова $T_1 \approx T_2 \approx T$, такое допущение удобно для решения задач.

С другой стороны, когда широкая часть трубки установлена над поверхностью земли, а узкая часть направлена вверх, как мы знаем, что всегда над поверхностью земли нагревается сильнее, чем

верхняя часть трубки, и в результате чего воздух над поверхностью земли нагрет сильнее, кинетическая энергия воздуха при этом выше, чем верхняя часть трубки, за счет разности этих температур. Поток воздуха при этом устремится вверх, создавая скорость потока воздуха.

Обычно воздушное пространство всегда имеет штилевой ветер, который может наряду с температурным фактором создавать аэродинамический потенциал в ветроэнергетике.

В связи с этим была исследована скорость ветра на этой конической трубе при различных температурах окружающего воздуха, результаты исследования приведены в таблице 1, и построена зависимость скорости ветра в трубке от температуры окружающего воздуха (рис. 2). На зависимости видно, что при повышении температуры окружающего воздуха повышается скорость потока ветра в узкой части трубки.

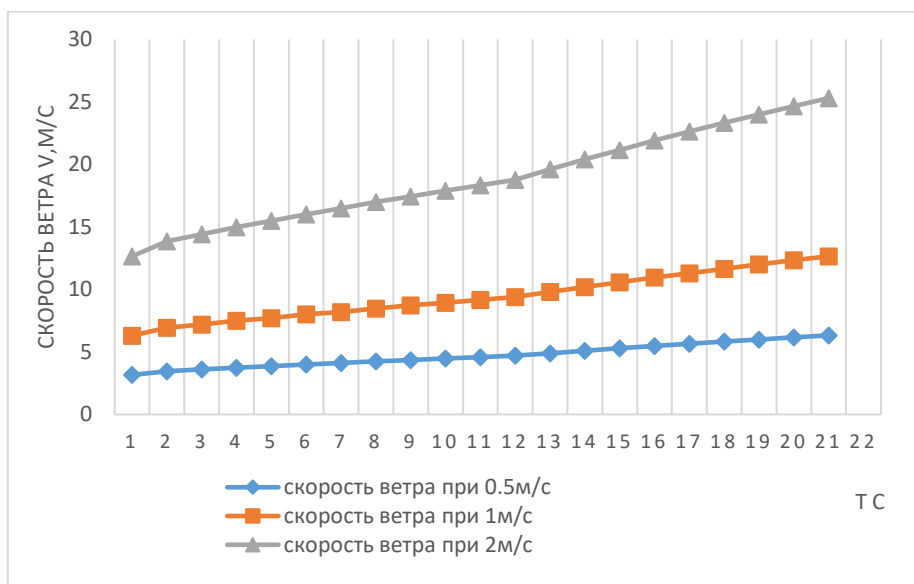


Рисунок 2 –Зависимость скорости потока ветра в узкой части трубки от различных тепловых скоростей ветра

Таблица 1 – Скорость потока ветра в узкой части трубки при различных тепловых скоростях ветра

T ₁ , °C	T ₂ , °C	V ₂ , м/с		
		При 0,5 м/с скорости ветра воздуха	При 1 м/с скорости ветра воздуха	При 2 м/с скорости ветра воздуха
10	10	3,16	6,3	12,65
12	10	3,46	6,93	13,85
13	10	3,6	7,2	14,42
14	10	3,74	7,5	14,97
15	10	3,87	7,7	15,5
16	10	4	8	16
17	10	4,12	8,2	16,5
18	10	4,24	8,48	17
19	10	4,36	8,72	17,43
20	10	4,47	8,94	17,89
21	10	4,58	9,16	18,33
22	10	4,7	9,4	18,76
24	10	4,9	9,8	19,6
26	10	5,1	10,2	20,4
28	10	5,3	10,58	21,16
30	10	5,47	10,95	21,91
32	10	5,66	11,3	22,63
34	10	5,83	11,66	23,32
36	10	6	12	24
38	10	6,16	12,33	24,66
40	10	6,32	12,65	25,3

Из этого можно сделать вывод, что уравнения, выведенные с помощью молекулярно-кинетической теории, показали справедливость основной идеи данной работы, т.е. что скорость потока ветра с переменным размером сечения трубки различна, там, где меньше размер сечения, скорость увеличивается.

Таким образом для ветроэнергетики можно использовать такое устройство с учетом тепловых факторов, при отсутствии ветра большой скорости в окружающей среде.

Литература:

1. Медетбеков М.Т., Шукуров У.Ш., Бараталиев К. Б., Кальков Ч. К., Толукбаев Ш. К. Ветроэнергетическое устройство. Патент КР № 221, 31.03.2017.
2. Медетбеков М. Т., Эсенгелдиев Ч. Ветряные энергетические установки по принципу Бернулли. // Известия КГТУ им. Раззакова. – №4 (44). – Бишкек: Изд. «Техник», 2017. – С.191–195.
3. Байшагиров Х. Ж., Есдавлетова К. Д., Казиева Д. Б. О разработке малых ветроустановок в Казахстане // Региональный вестник Востока. № 3 (59). –2013. – С.14–22.