

1 . . . . .

\_\_\_\_\_:

11 « »

1 . . . . .

(18.02.2008 .)

\_\_\_\_\_:

1 . . . . .

1 . . . . . (2025 .)



«Dawn», Starlink,  
-200 )



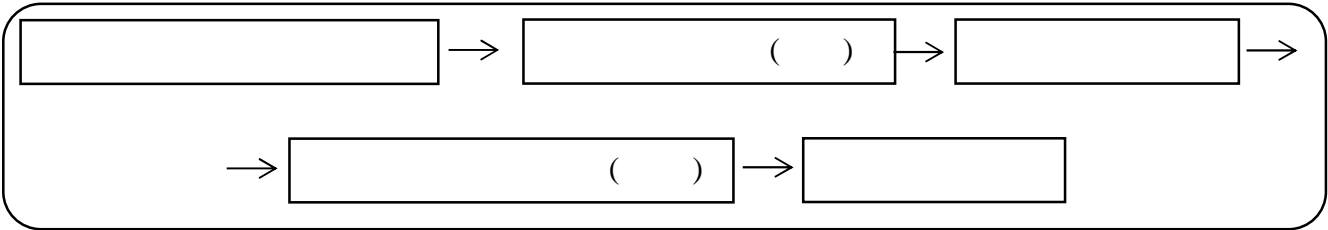
\_\_\_\_\_

( ) ( )  
( - ) ( )  
- , . , , .

\_\_\_\_\_

1.

· - , ,  
:



2.

\_\_\_\_\_

) :  
) : 30-70  
) : 3-6  
) : 7,2  
) :

\_\_\_\_\_ ( )

) :  
) : 1,5  
) :  
) :

\_\_\_\_\_ ( )

) :  
 ) : 30  
 ) : 150  
 ) :  
 ) :  
 ) :



3.

1: \_\_\_\_\_.

) : (2 ).  
 ) : (U , ; I , ).  
 (V, /)

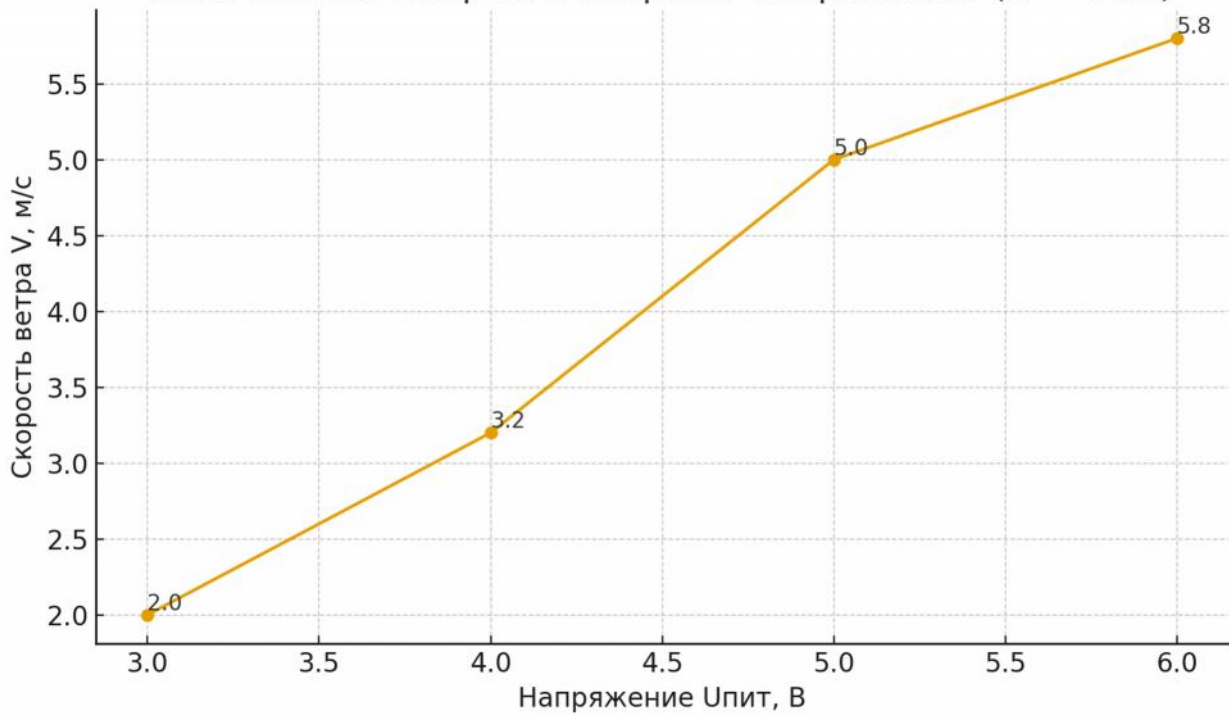
1. ( d = 2 )

U ,	U ( , )	I ,	(P=U*I),	(V), /
3,0	30	0,40	1,2	2,0

4,0	40	0,45	1,8	3,2
5,0	55	0,80	4,0	5,0
6,0	70	1,20	7,2	5,8

**1**

Зависимость скорости ветра от напряжения (d = 2 см)



**1**

:  
 2,0 5,8 / , 3,0 6,0 5,0 .  
 3,0-5,0 .

:  
 (3,0-5,0 )  
 . 5,0 " ' " :  
 :

1. ( )
- 2.
3. ,

:  
 (4,0-5,0 ),

5,0

2:

) : (55 ).  
) :  
( , 1, 2, 3, 4 ).

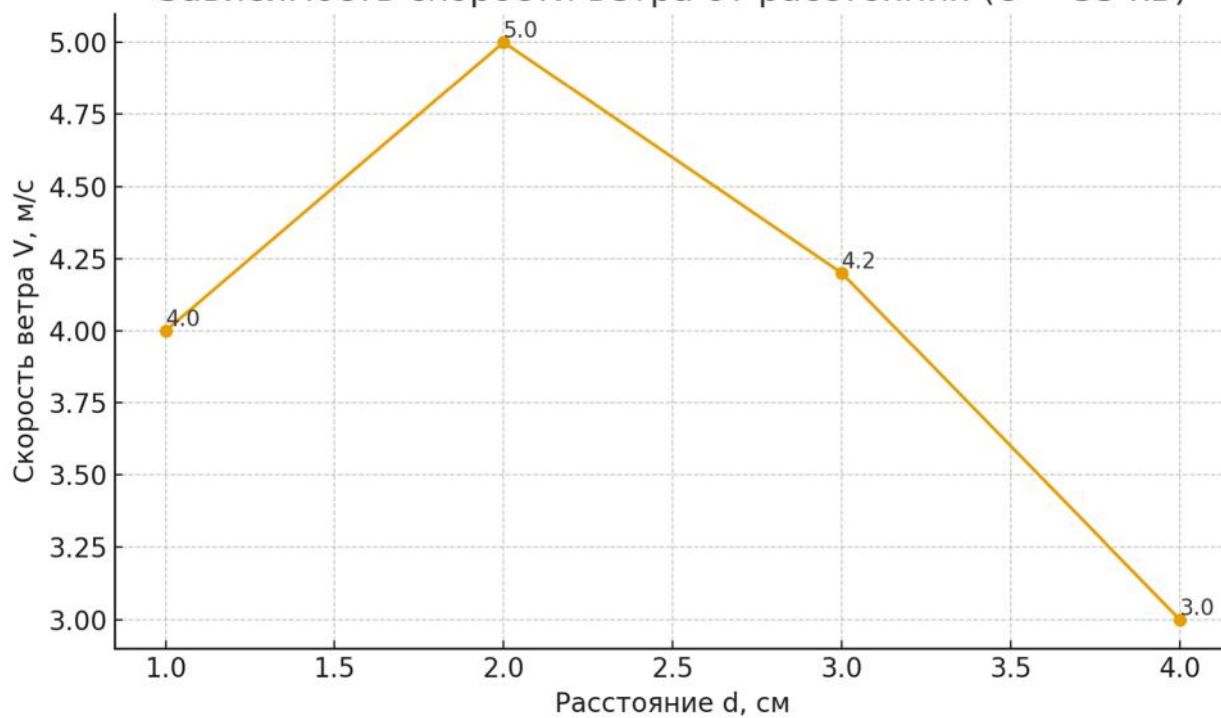
2.

( 55 )

(d),	(V), /
1,0	4,0
2,0	5,0
3,0	4,2
4,0	3,0

2

Зависимость скорости ветра от расстояния (U = 55 кВ)



2

:

, 2,0 5,0 / .  
1,0 4,0 / , 3,0 4,0  
4,2 / 3,0 / .

:

1. (1,0 ):

)

)

)

2. (2,0 ):

)

)

3. (3,0-4,0 ):

)

)

)

:

(2,0 )  
55 .

4.

---

:

$$\mathbf{F} = \quad \times \mathbf{v}$$

:

- )  $\mathbf{F}$  - ( )
- ) - ( / )
- )  $\mathbf{v}$  - ( / ),

:

$$= \quad \times \mathbf{A} \times \mathbf{v}$$

:

- ) - (1,2 / <sup>3</sup> 20°C)
- )  $\mathbf{A}$  - ( <sup>2</sup> )

,

:

$$\mathbf{F} = \quad \times \mathbf{A} \times \mathbf{v}^2$$

(A)

:

$$\mathbf{A} = \quad \times (\mathbf{d}/2)^2$$

:

- )  $\mathbf{d}$  -

10-20%

:

(40 ) :

(30 ),

- 1.
- 2.
- 3.

**(d)**

**55** (U = 5,0 ):

**1:**

) 5  
)

**2:**

) (0 ) 5  
)  
)

**55** :

0 ( )	5,0 /	
5	4,8 /	
10	4,5 /	
15	3,2 /	
20	0,5 /	

0,5 / (10% )

20

4:

) : 20  
 ) : 20 × 2 = 40

5:

) 30 : ~38  
 ) 70 : ~42  
 40 —

$$A = \pi \times (d/2)^2 = 3,14 \times (0,04/2)^2 = 0,001256 \text{ m}^2$$

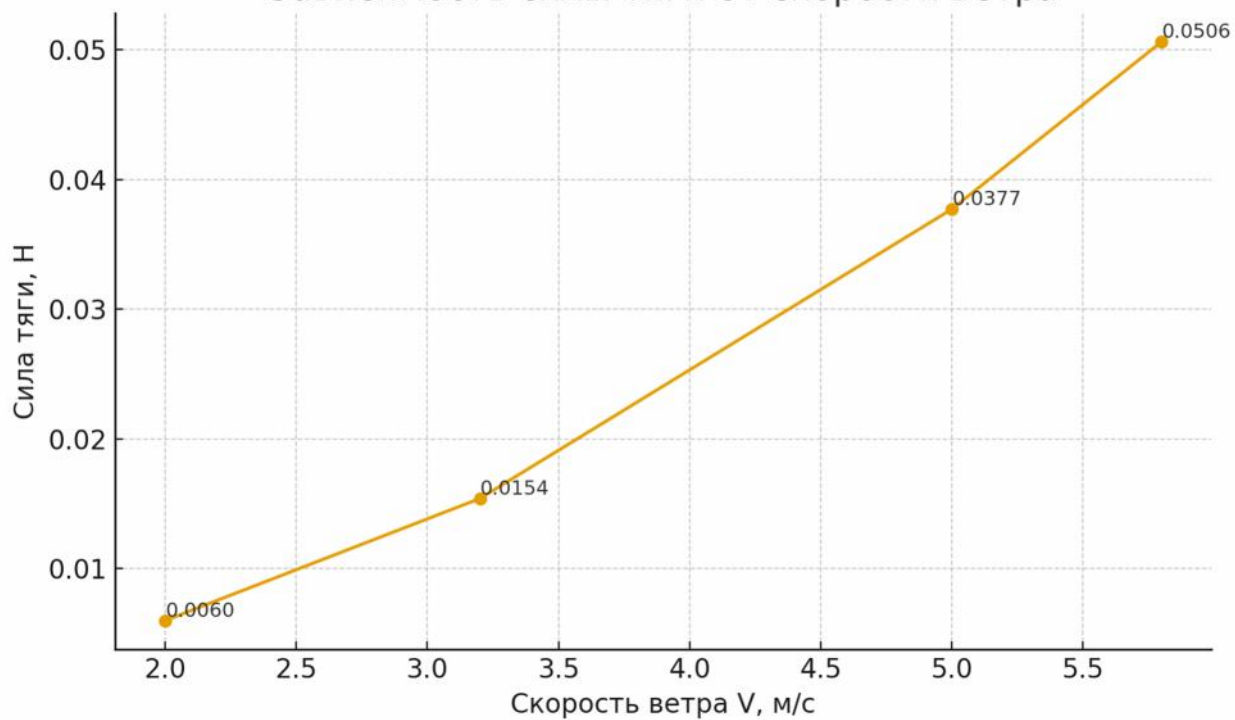
$$F = \rho \times A \times v^2 = 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 0,001256 \text{ m}^2 \times v^2$$

3.

d, /	A, m <sup>2</sup>	U, m/s	U, m/s
2,0	0,0060	30	3,0
3,2	0,0154	40	4,0
5,0	0,0377	55	5,0
5,8	0,0506	70	6,0

3

Зависимость силы тяги от скорости ветра



3

:

0,0506 ( 8,4 ). 2,0 5,8 / ( 2,9 ) 0,0060 3,2-5,0 / .

$$F \sim v^2.$$

:

1.

$F = \rho \cdot v^3 \cdot A$  (where  $\rho$  is air density,  $v$  is wind speed,  $A$  is area)
   
 $F = \rho \cdot A \cdot v^3$

2.

4

)

)

)

:

F(v)

1.

2.

21%

—

10%

3.

5.

( )

, , ,  
:

$$= \frac{P_{\text{Полезн}}}{P_{\text{Затр}}} \times 100\%$$

:

) — ( ) (%)  
 )  $P_{\text{Полезн}}$  — ( )  
 )  $P_{\text{Затр}}$  — ( )

1.

:

$$P_{\text{Затр}} = U \times I$$

:

) U — ( )  
 ) I — ( )

2.

:

$$P_{\text{полезн}} = F \times v$$

:

) F — ( )  
 ) v — ( / )

3. :

$$F = \rho \times A \times v^2$$

4. :

$$\eta = \frac{P_{\text{полезн}}}{P_{\text{эл}}} \times 100\%$$

4.

U ,	U ,	v, /	I ,	P ,	F,	P ,	% , ,
3,0	30	2,0	0,40	1,20	0,0060	0,0120	1,00
4,0	40	3,2	0,45	1,80	0,0154	0,0493	2,74
5,0	55	5,0	0,80	4,00	0,0377	0,1885	4,71
6,0	70	5,8	1,20	7,20	0,0506	0,2935	4,08

) :  
 ) 4,71% : 55  
 ) , (1-5%)

( 55 ):

/	, %	
( )	<b>4,71</b>	
	~65-70	,
	~15-20	,
	~8-12	
( ) ,	~3-5	

---

1. **4,71%**

55

2. :

3. (55 ),

4.

(4-6%)

5. — ,

I. :

II.

$$: U = 4-5, d = 2$$

$$(4.7\%),$$

III.

$$(F = \times A \times v^2),$$

IV.

)  
)  
)  
)

$$(5)$$

$$(F \sqrt{2F \sqrt{2}})^2$$

55

V.

$$(, )$$

$$(, )$$

( )

— , . . . : / . . . , . . .  
 .— .: , 2018.  
 — , . . / . . . — .: , 2015.  
 — , . . / . . . — .: , . . . — .: ,  
 2010.

— , . . . . 10–11 / . . . , . . . — .: ,  
 2022.  
 — , . . . / . . . — .: , 2021.  
 — , . . . / . . . — .: , . . .  
 .— .: , 2019.

— , . . . / . . . — .: ,  
 2017.  
 — , . . . / . . . , . . . — .: , 2016.  
 — .— .: , 2020.

— , . . . / . . . — .: -  
 . . . , 2019.  
 — NASA Technical Reports on Ion Propulsion Systems ( NASA).  
 — ESA publications on electric propulsion for satellites (European Space Agency).

— - - :  
 — NASA «Dawn» ( ).  
 — « » ( « »).  
 — - « » ( )

## Рецензия

на исследовательскую работу:  
«Создание и исследование модели  
ионного двигателя в школьных условиях»

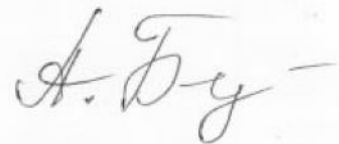
Научная работа посвящена актуальной и недостаточно изученной научной проблеме. Привлекает внимание продуманный план, ясная формулировка объекта и предмета, цели и задачи исследования, рабочей гипотезы, определение основных понятий. Важно, что автор использует разнообразные источники, литературу, значительный статистический материал, четко определил хронологические рамки исследования и структуру научной работы.

Несомненное достоинство работы – в изучении конкретных статистических материалов, их аналитической обработке, что позволило автору выявить основные направления, которые позволят воплотить данный проект. Логика изложения фактов, их систематизация наглядно раскрывают динамику сложных процессов.

Автор научной работы успешно справился с поставленными задачами и проведенная им работа заслуживает самой высокой оценки. Желательно продолжить работу над развитием данного проекта. Рекомендую данную работу для публикации в сборнике научных статей либо материалах научной конференции.

Бояров Андрей Александрович,

Руководитель проектной деятельности



22 декабря 2025 года.