

**ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРОИТЕЛЬСТВА / CONSTRUCTION ENGINEERING**

DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2019.16.2>

**СРАВНЕНИЕ И ВЫБОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВОЗДУШНЫХ ЗАВЕС**

Научная статья

**Софронова У.А.<sup>1\*</sup>, Баишева Л.М.<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, Якутск, Россия

\* Корреспондирующий автор (suyaana@mail.ru)

**Аннотация**

Основным потребителем тепловой энергии является система отопления, а существенные теплопотери происходят через открытые наружные двери. В целях энергосбережения в данной статье сравниваются электрические тепловые завесы четырех разных производителей: «Тропик», «Тепломаш», «BALLU» и «FRICO», которые устанавливаются над дверным проемом с площадью  $A=1.47\text{ м}^2$ . При выборе необходимого оборудования рассматриваются такие критерии, как стоимость устройства, потребление электроэнергии и окупаемость. По результатам анализа было подобрано оборудование компании «FRICO».

**Ключевые слова:** энергосбережение, система отопления, тепловая завеса, тепловая мощность, затраты на электроэнергию, окупаемость.

**COMPARISON AND SELECTION OF ELECTRIC AIR CURTAINS**

Scientific article

**Sofronova U.A.<sup>1\*</sup>, Baisheva L.M.<sup>2</sup>,**

<sup>1,2</sup>North-Eastern Federal University named After M. K. Ammosov, Yakutsk, Russia

\* Corresponding author (suyaana@mail.ru)

**Abstract**

The main consumer of thermal energy is the heating system, and significant heat losses occur through open exterior doors. In order to save energy, this article compares the electric heat curtains of four different manufacturers: "tropic", "Teplomash", "BALLU" and "FRICO", which are installed above the doorway with an area of  $A=1.47\text{ m}^2$ . When choosing the necessary equipment, such criteria as the cost of the device, energy consumption and payback are considered. According to the results of the analysis, the equipment of the company "FRICO" was selected.

**Keywords:** energy saving, heating system, heat curtain, heat capacity, energy costs, payback

**Введение**

Из-за высокого теплового и ветрового напора воздух с низкой температурой проникает в отапливаемое помещение через наружные двери, снижая комфортные условия. В целях энергосбережения и повышения комфортности над наружными дверями устанавливают воздушные тепловые завесы. Мощность воздушного потока, создаваемый установкой сокращает порыв наружного воздуха и поддерживает микроклимат всего здания.

**Расчетная часть**

Воздушные и воздушно-тепловые завесы следует предусматривать согласно СНиП 41-01-2003 [1]. В статье рассматривается дверной проем, где необходимо установить воздушную завесу. Для выбора тепловой мощности завесы необходимо знать общее время, в течение которого входные двери будут открытыми, удельный поток холодного воздуха, габариты дверного проема.

Удельный поток холодного воздуха находим по формуле:

$$j_{\text{вх}} = \mu_{\text{вх}} \cdot (2\rho_{\text{н}} \cdot \Delta p_{\text{вх}})^{0,5} \quad (1)$$

где  $\mu_{\text{вх}}$  – коэффициент расхода воздуха во входе без учета действия воздушной завесы и влияния фигуры человека, проходящего через вход;

$\Delta p_{\text{вх}}$  – расчетная разность давления;

$Z_{\text{вх}}$  – эквивалентное время открывание дверей;

$\rho_{\text{н}}$  – плотность наружного воздуха;

расчетную разность давления определяют по следующей формуле:

$$p_{\text{вх}} = 0,5 \cdot (H_{\text{зд}} + 2h_{\text{эт}} - h_{\text{дв}}) \cdot (\gamma_{\text{н}} - \gamma_{\text{в}}) \quad (2)$$

где  $H_{зд}$  - высота здания от поверхности земли до верха лестничной клетки, м;

$\gamma_n$  и  $\gamma_{н}$  – удельный вес воздуха,  $\text{Н/м}^3$ , при расчетной температуре наружного и внутреннего воздуха.

Экспериментально установлено, что эквивалентное время  $z_3$  при одиночном проходе человека через одинарные двери составляет 2с, через двойные 1,5с и через тройные 1-1,2с.

Зная число людей, проходящих через вход в течение 1 ч, можно определить общее количество холодного воздуха  $G_{вх}$ :

$$G_{вх} = 0,9 \cdot j_{вх} \cdot A_{вх} \cdot z_{вх} \cdot N_{вх} \quad (3)$$

где  $j_{вх}$ -удельный поток холодного воздуха,  $\text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ ;

$A_{вх}$  – площадь двери,  $\text{м}^2$ ;

$Z_{вх}$  – эквивалентное время открывание дверей;

$N_{вх}$  – количество людей проходящих через вход в 1 час;

Теплозатраты на нагревание холодного воздуха находят по формуле:

$$Q_{вх} = G_{вх} \cdot c \cdot (t_{в} - t_{н}) \quad (4)$$

где  $c$  – теплоемкость воздуха,  $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$t_{в}$  – внутренняя температура,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{н}$  – наружная температура,  $^\circ\text{C}$ ;

Количество воздуха  $G_3$ ,  $\text{кг}/\text{ч}$ , нагретого до  $t_r$  для создания воздушно-тепловой завесы, определяют по формуле:

$$G_3 = Q_{вх}/c \cdot (t_r - t_{в}) \quad (5)$$

$t_r$  принимаем равной  $50^\circ\text{C}$ .

Объем подаваемого воздуха при температуре  $t_r$  нагретого воздуха [2]:

$$L_3 = G_3/\rho_r \quad (6)$$

Исходные данные для расчета и выбора воздушных завес:

Район строительства - г. Якутск, Республика Саха (Якутия);

Расчетная температура наружного воздуха  $t_{н} = -52^\circ\text{C}$  [3];

$\mu_{вх} = 0,4$ ;  $\rho_{н} = 1,597$  при  $t_{н} = -52^\circ\text{C}$ ;  $H_{зд} = 6,3\text{м}$ ;  $h_{эт} = 3\text{м}$ ;  $h_{дв} = 2,1\text{м}$ ;  $A_{вх} = 1,47\text{м}^2$ ;  $Z_{вх} = 2\text{с}$ ;  $N_{вх} = 25$ .

Результат расчета приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Ведомость расчета воздушно-тепловой завесы

	Удельный поток $j_{вх}$ , $\text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ ;	Разность давления, Па	Количество холодного воздуха $G_{вх}$ , $\text{кг}/\text{ч}$	Теплозатраты $Q_{вх}$ , Вт	Количество воздуха $G_3$ , $\text{кг}/\text{ч}$	Объем подаваемого воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$
Дверь	2,1	8,7	556	39563	1220	1117

По размерам проема и необходимого объема подаваемого воздуха для сравнения выбираем электрические воздушные завесы разных производителей близкие к расчетному значению.

Результаты подбора приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Характеристики воздушных завес

Тропик [4]		BALLU [5]	
Габариты:	1540x180x130;	Габариты:	1125x215x200;
Расход воздуха:	1350м <sup>3</sup> /час	Расход воздуха:	1100м <sup>3</sup> /час
Мощность:	9кВт	Мощность:	6кВт
Питание:	380В	Питание:	380В
Н установки:	2,3м	Н установки:	3м
Цена:	15192рб	Цена:	13490рб
Тепломаш [6]		FRICO [7]	
Габариты:	1030x200x210;	Габариты:	1050x355x210;
Расход воздуха:	1100м <sup>3</sup> /час	Расход воздуха:	1200м <sup>3</sup> /час
Мощность:	6кВт	Мощность:	3кВт
Питание:	380В	Питание:	220В
Н установки:	2,5м	Н установки:	2,2м
Цена:	13565 рб	Цена:	59522 рб

При выборе приборов одним из важных критериев является стоимость, но надо помнить, что экономия в этапе проектирования может привести к значительным убыткам во время эксплуатации.



Рис.1 - Диаграмма сравнения стоимости оборудования

По графику видно, что все тепловые завесы равноценны между собой кроме последней. Оборудование фирмы «Frico» в несколько раз дороже своих конкурентов.

Для объективного анализа подобранных оборудования рассчитываем потребление электроэнергии за отопительный период по следующей формуле [8]:

$$W = P \cdot T \tag{7}$$

где W – годовой расход электроэнергии;  
 P – расчетная активная нагрузка, кВт;  
 T - годовое число часов использования максимума.

Рассчитываем затраты на электроэнергию C<sub>эл</sub>, рб, по следующей формуле [9]:

$$C_{эл} = W \cdot C_0, \tag{8}$$

где C<sub>0</sub>=тарифная цена на электроэнергию, рб/кВт·ч [10];  
 - Продолжительность работы установки– 180сут;  
 - продолжительность работы оборудования в день – 2ч.

По этим расчетам выявлены затраты на электроэнергию рассматриваемых оборудования за 1 год:

1. Тропик:  $C_{эл} = 19116$  рб;
2. Ballu:  $C_{эл} = 12744$  рб;
3. Тепломаш:  $C_{эл} = 12744$  рб;
4. FRICO:  $C_{эл} = 6372$  рб.

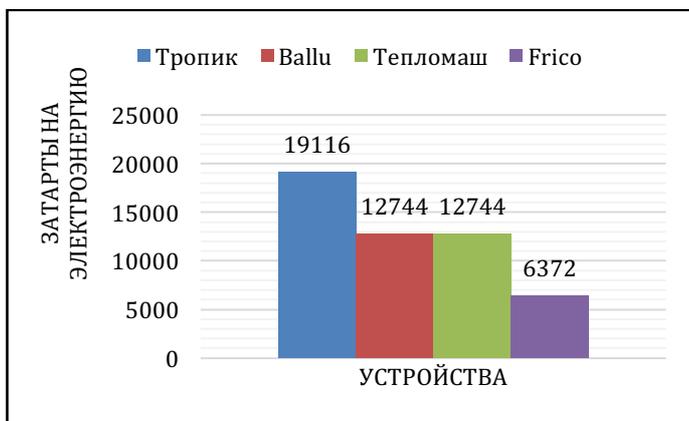


Рис.2 - Диаграмма затраты на электроэнергию каждого оборудования

Устройства производителей «Ballu» и «Тепломаш» имеют одинаковые показатели по цене и по энергопотреблению. Но их объем подаваемого воздуха не соответствует расчетному. Тепловая завеса «Тропик» потребляет значительно больше электричества из 4 подобранных установок, что является не экономичным в период эксплуатации. Самым подходящим оборудованием из рассмотренных вариантов исходя из данной диаграммы является тепловая завеса фирмы «Frico».

По техническим характеристикам для проекта подходят «Тропик» и «Frico», так как устанавливать воздушные завесы не отвечающим расчетным данным не целесообразно. По энергопотреблению выбираем второй вариант и сравним через сколько лет окупятся затраты на приобретение воздушно-тепловой завесы «Frico», чем на приобретение оборудования фирмы «Тропик».

Необходимо знать разницу цены оборудования и их затраты на электроэнергию.

1.  $\Delta C = 59522 - 15192 = 44330$  рб;
2.  $\Delta C_{эл} = 19116 - 6372 = 12744$  рб;

$$\Delta C / \Delta C_{эл} = \frac{44330}{12744} = 3,5$$

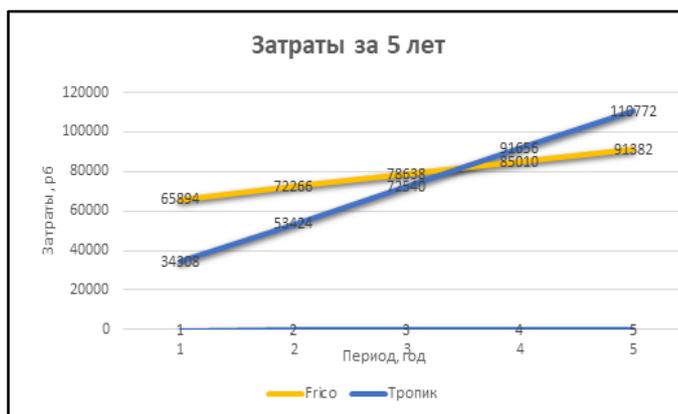


Рис.3 - Сравнительный анализ устройств «Тропик» и «Frico»

Если выбрать устройство «Тропик», то примерно через 4 года будет затрачивать больше средств, чем производитель воздушно-тепловых завес «Frico». Что касается второго варианта, то через 3,5 года будет работать на экономии, окупив свою цену.

### Список литературы/ References

1. СНиП-41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. - М.: Госстрой РФ, 2004.
2. Сканави А.Н., Отопление/ А.Н.Сканави, Л.М.Махов – Издательство АСВ: Москва, 2002.
3. Свод правил: СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*. – Москва, 2012. – 4 с.
4. Каталог тепловых завес [электронный ресурс]//<https://www.alsera.ru/catalog/teplovye-zavesy/?make=tropic>
5. Каталог тепловых завес [электронный ресурс]//<https://www.alsera.ru/catalog/teplovye-zavesy/?make=Ballu>
6. Каталог тепловых завес [электронный ресурс]//<https://www.alsera.ru/catalog/teplovye-zavesy/?make=teplomash>
7. Каталог тепловых завес [электронный ресурс]//<https://www.alsera.ru/catalog/teplovye-zavesy/?make=Frico>
8. [Электронный ресурс] // <https://infourok.ru>
9. [Электронный ресурс] // <https://lucheeotoplenie.ru/raschet-otopleniya/raschet-potrebleniya-elektroenergii>
10. Постановление №223 от 28.12.2018 г. Государственного комитета по ценовой политике Республики Саха (Якутия) «Об установлении тарифов на электрическую энергию для населения и приравненных к нему категориям потребителей по Республике Саха (Якутия)»

### Список литературы на английском / References in English

1. SNiP-41-01-2003. Heating, ventilation and air conditioning. - M.: Gosstroy of the Russian Federation, 2004.
  2. Skanavi A. N., Heating/ A. N. Skanavi, L. M. Makhov-publishing ASV: Moscow, 2002.
  3. A set of rules: SP 131.13330.2012. Building climatology. Updated version of SNiP 23-01-99\*. - Moscow, 2012. - 4.
  4. Catalog of thermal curtains [electronic resource]// <https://www.alsera.ru/catalog/teplovye-zavesy/?make=tropic>
  5. Catalog of thermal curtains [electronic resource]// <https://www.alsera.ru/catalog/teplovye-zavesy/?make=Ballu>
  6. Catalog of thermal curtains [electronic resource]// <https://www.alsera.ru/catalog/teplovye-zavesy/?make=teplomash>
  7. Catalog of thermal curtains [electronic resource]// <https://www.alsera.ru/catalog/teplovye-zavesy/?make=Frico>
  8. [Electronic resource] // <https://infourok.ru>
  9. [Electronic resource] // <https://lucheeotoplenie.ru/raschet-heating/calculation-consumption-electricity>
  10. Resolution No. 223 of 28.12.2018 Of the state Committee on pricing policy of the Republic of Sakha
- 
-