



**ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Общество с ограниченной

ответственностью

Российская Федерация, 117525, г. Москва,

Днепропетровская ул., д. 3, к. 5, оф.4-19

---

## **ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ**

### **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УСТРОЙСТА «ПОТОК» (SmartFan)**

Москва, 2019 г.

**СОДЕРЖАНИЕ**

№ n/n	Наименование	Стр.
1	Назначение	3
2	Технические характеристики ЭУ «ПОТОК»	4
3	Подтверждение характеристик на примере результатов испытаний ЭУ «ПОТОК» в составе АСУ ТП Алмаз-ВК (ВИ)	7
4	Основные критерии, обеспечивающие высокий экономический эффект	9

## 1. Назначение

1.1. Энергосберегающее устройство «ПОТОК» (далее ЭУ «ПОТОК») предназначено для автоматической коррекции рабочего режима преобразователя частоты вентилятора, в зависимости от изменений физических параметров воздушного потока, при обеспечении заданной скорости.

1.2. ЭУ «ПОТОК» рекомендуется использовать в системе приточной и вытяжной вентиляции, характеризуемых диапазоном средней скорости воздушного потока от 0 до 20,0 м/с.

1.3. На рис. 1.1. представлен общий вид ЭУ «ПОТОК»

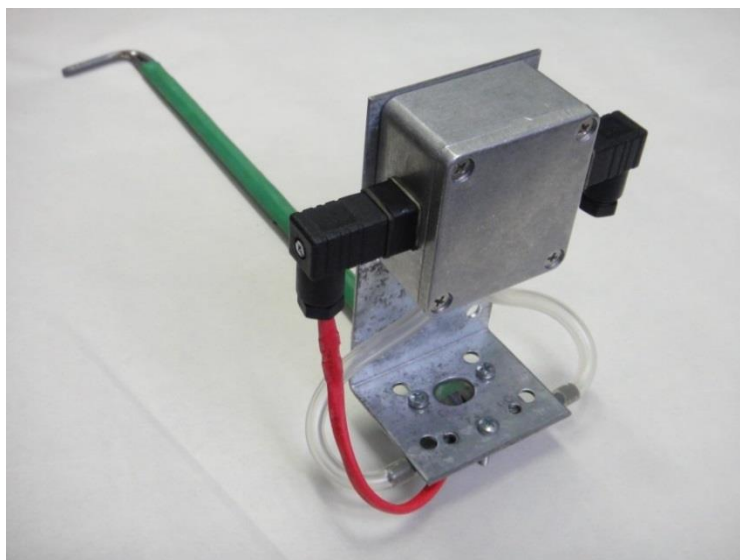


Рис. 1.1. Общий вид ЭУ «ПОТОК»

## 2. Технические характеристики ЭУ «ПОТОК»

2.1. Принцип действия ЭУ «ПОТОК» основан на формировании выходного электрического сигнала, связанного линейной зависимостью с массовым расходом воздуха, описываемого выражением:

$$Q_M = \rho V S, \quad (1)$$

где:  $Q_M$  — массовый расход воздуха, кг/с;  
 $\rho$  — плотность вещества, кг/м<sup>3</sup>;  
 $V$  — средняя скорость потока, м/с;  
 $S$  — площадь сечения потока, м<sup>2</sup>.

В качестве измерительной информации учитываются несколько параметров воздуха вентиляционной системы: температура, динамическое и статическое давление.

2.1.1. На рис. 2.1. приведена функциональная схема работы ЭУ «ПОТОК», на которой элементы, требующие пояснений, имеют следующие условные обозначения.

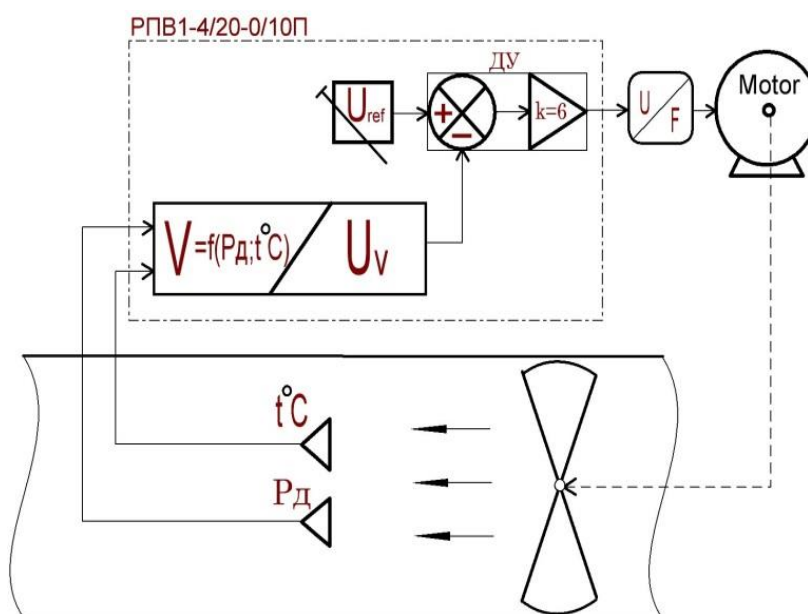


Рис.2.1. Функциональная схема работы ЭУ «ПОТОК»

$P_d$  – Напорная трубка (трубка Пито), формирующая динамическое (или скоростное) давление (мм вод.ст.)

$$P\delta = Pn - Pc, \quad (2)$$

где:  $Pn$  – полное давление;  
 $Pc$  – статическое давление.

$t^{\circ}C$  – датчик температуры (термометр сопротивления платиновый  $Rt = 1000 \text{ Ом}$ ).

$V=f(P\delta; t^{\circ}C)/Uv$  – преобразователь скорости потока воздуха в напряжение постоянного тока, (м/с  $\rightarrow$  В).

$Uref$  – источник образцового напряжения, задающий среднюю скорость потока воздуха.

$ДУ$  – дифференциальный усилитель разности двух напряжений постоянного тока с коэффициентом усиления  $k = 10$ .

$U/F$  – преобразователь постоянного напряжения в частоту управления и питания асинхронного двигателя.

$Motor$  – асинхронный двигатель вентилятора в воздуховоде.

1.1.2. Скорость воздушного потока  $V$  в измерительном канале блока преобразования регулятора потока воздуха БП РПВ1-4/20-0/10П рассчитывается по формуле:

$$V = (2 P\delta / \rho)^{1/2}, \quad (3)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха при рабочих условиях, кг/м<sup>3</sup>.

2.1.3. В ЭУ «ПОТОК» применяется принцип регулирования частоты питающего напряжения двигателя вентилятора при использовании двух параметров: задающего образцового напряжения  $Uref$ , устанавливаемого Пользователем, и выходного напряжения  $Uv$  измерительного канала, создаваемого БП РПВ1-4/20-0/10П.

*Напряжение  $Uref$  можно контролировать при его регулировке, подключив вольтметр к контактам 1 и 3 разъёма, к которому подсоединяется термодатчик.*

При этом измерительный канал настраивается таким образом, чтобы его выходное напряжение  $Uv$  соответствовало зависимости:

$$Uv = V/2 = 2,018 \cdot [Km \cdot P\delta \cdot (273 + t^{\circ})/293]^{1/2}, \quad (4)$$

где:  $V$  – скорость воздушного потока, м/с;

$Km$  – безразмерный коэффициент трубки Пито (он индивидуален для каждой трубки, но обычно,  $Kt \approx 1 \pm 0.1$ );

$Pd$  – динамическое (скоростное) давление, мм вод. ст.;

$t^\circ$  – температура потока воздуха, ( $^\circ\text{C}$ ).

Кроме этого, учитывая, что, как правило, температура воздуха в вентилируемом помещении приводится к «нормальной» (летом охлаждается, зимой подогревается) можно считать, что массовый расход воздуха должен быть стабилен. В этой связи согласно выражению (1) в выходном сигнале БП РПВ1-4/20-0/10П, учитывается изменение плотности воздуха  $\rho$  от его температуры с дополнительным множителем  $(273 + t^\circ)/293$ .

Этот множитель приводит объёмный расход холодного или горячего воздуха к нормальной температуре  $20^\circ\text{C}$ .

Таким образом, измерительный канал БП РПВ1-4/20-0/10П формирует сигнал, стабилизирующий массовый расход воздушного потока, плотность которого изменяется от температуры.

2.1.4. Основные параметры ЭУ «ПОТОК» приведены в таблице.

Таблица

Основные параметры ЭУ «ПОТОК»

N n/n	Параметр	Значение
1	Диапазон преобразования скорости потока воздуха, V, м/с	0-20,0
2	Диапазон выходного сигнала, измерительного канала, В	0-10
3	Диапазон регулировки выходного сигнала для управления частотным приводом, В	0-10
4	Абсолютная погрешность скорости потока воздуха, м/с, не более	$\pm 1$
5	Диапазон компенсированных температур, $^\circ\text{C}$	-30...40
6	Время переходного процесса, с, не более	60
7	Питающее напряжение, В	22-26
8	Потребляемая мощность, В·А, не более	1,2
9	Рабочий диапазон температур, $^\circ\text{C}$	-40...+80
10	Габаритные размеры, мм, не более	85×70×80
11	Масса, кг, не более	0,35

### **3. Подтверждение характеристик на примере результатов испытаний ЭУ «ПОТОК» в составе АСУ ТП Алмаз-ВК (ВИ)\***

#### 3.1. Исходные данные

3.1.1. Дворец Спорта «Буртасы» г. Пенза, пр-т Строителей 96.

Сайт: <http://www.burtasy.ru/>

#### 3.2. Объект испытаний

3.2.1. Приточный вентилятор К-1;

3.2.2. Паспортные данные двигателя:  $N_{дв} = 7,5$  кВт;  $n = 1450$  об/мин;  
 $I = 15$  А;  $\cos \varphi = 0,86$

#### 3.3. Оборудование, использованное для тестирования

3.3.1. Инвертор FDU48-018 54CE 18А;

3.3.2. Контроллер А-9 компании ООО «ДЭП»;

3.3.3. Модуль аналогового ввода вывода АIN16-I20;

3.3.4. Датчик температуры СТЭК ПТ Датчик обратной связи «SmartFan»;

3.3.5. Коммутационная аппаратура.

3.3.6. SCADA платформа ICONICS (USA)

3.3.7. Цифровой анемометр «Актаком» АТЕ-1034

#### 3.4. Цель испытаний

Практическое подтверждение теоретических выкладок о возможности кардинального уменьшения энергопотребления с сохранением фактической производительности приточного вентилятора;

Демонстрация интеллектуальных возможностей программного комплекса, обеспечивающего:

- автоматический режим тестирования приточного вентилятора с ведением архивов;
- автоматическое выдерживание заданного параметра посредством использования собственных алгоритмов;

---

\* АСУ ТП «Алмаз-ВК (ВИ)» предназначена для обеспечения интеллектуального энергоэффективного комплексного («Алмаз-ВК») или индивидуального («Алмаз-ВИ») управления системами приточно-вытяжных вентиляций и дымососов посредством использования энергобезопасного и энергонезависимого оборудования, управляемого прикладным программным обеспечением, разработанным и реализованным ООО НПФ «Эверест» (г. Пенза).

- автоматическое переключение инвертора на работу с внешним аналоговым входом, с обеспечением телеизмерений и архивированием полученных данных;
- работа в составе Scada системы СУП (Система Управления Производством);
- демонстрация возможностей СУП системы.

### 3.5. Задачи

#### 3.5.1. Основными задачами испытаний являются:

- получение максимально точных исходных параметров работы приточного вентилятора К-1 на режимах дросселирования и с различными температурами рабочей среды (ТНВ);
- на основании полученных данных вычисление и реализация оптимальных эксплуатационных характеристик для приточного вентилятора К-1.

### 3.6. Краткое описание теста

После получения команды «Пуск», «Алмаз-ВК» на ограниченное время обеспечивает вывод электродвигателя вентилятора К-1 на максимальный, некорректируемый режим работы, а именно: - 50Гц, 1450 об/мин.

Достигнув максимальных параметров работы, алгоритм комплекса сохраняет максимальные значения крутящего момента и потребляемой электрической мощности с целью дальнейшего использования в качестве «опорных» величин.

Далее АСУ Алмаз ВК (ВИ) выполняет последовательно два теста с К-1 на режимах дросселирования тяги.

При этом алгоритм программного комплекса обеспечивает плавающую (задаваемую в зависимости от задачи теста) глубину и интервал режима дросселирования.

Средняя глубина составляет 40% от максимальных, полученных параметров.

Интервал (для получения квазиламинарного потока) не менее 60-120 секунд.

Краткие результаты тестирования приточного вентилятора К-1 представлены на рис. 3.1.



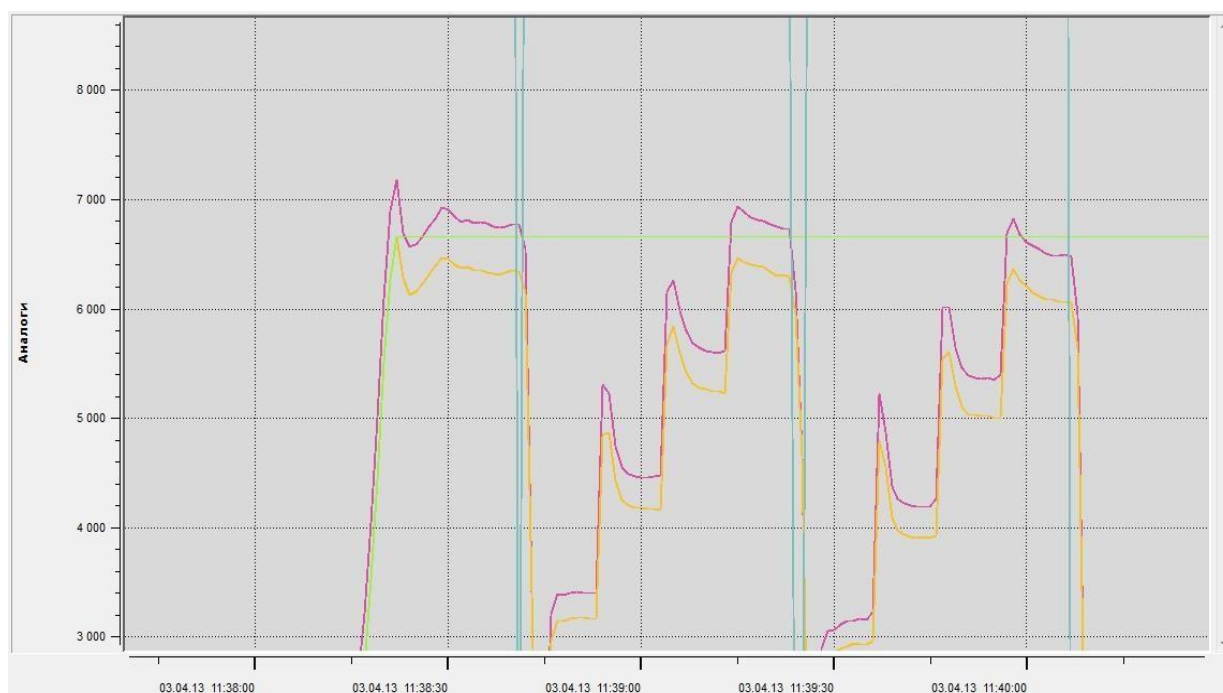


Рис. 3.1. Краткие результаты тестирования приточного вентилятора К-1

#### 4. Основные критерии, обеспечивающие высокий экономический эффект

##### 4.1. Пассивные критерии энергосбережения

###### 4.1.1. Уменьшение реактивной нагрузки:

Достигается использованием инвертора и составляет в среднем от 10 до 15% потребляемой мощности.

##### 4.2. Активные критерии энергосбережения (ноу-хау):

4.2.1. Уменьшение активной нагрузки на различных этапах работы приточно-вытяжной вентиляции:

Обеспечение работы вентилятора на расчетных режимах с максимальным КПД:

##### 1-й этап:

а) в соответствии с законами аэродинамики (см. рис. 3.2.) определяем порог минимальной потребляемой мощности  $N_{расч.}$  (соответствующей  $\alpha_{нв}$  - наивыгоднейшему углу атаки, и  $K_{max} = C_y/C_x$ ), сохраняя при этом расход воздуха, присущий для максимального режима (50Гц; 1476 об/мин).

Далее выполняем вычисления, преобразуя нижеприведенную формулу для расчета  $N$  слежения ( $N$  слез.). Полученная величина  $N$  слез. будет

использована в качестве опорной величины для вычислений алгоритмом текущего значения расчетной потребляемой мощности двигателем вентилятора К-1.

$$N_{расч.} = N_{слеж.} * \rho_2 / \rho_0;$$

где  $N_{слеж.}$  - вычисленная мощность слежения;

$n$  – частота электродвигателя вентилятора;

$\rho_2$  – плотность воздуха фактическая;

$\rho_0 = 1.2 \text{ кг/м}^3$  – плотность воздуха при стандартных условиях ( $t = 20^\circ\text{C}$ ,

$P = 760 \text{ мм.рт.ст.}$ ,  $\rho$ );

$$\rho_2 = \rho_0 * 293 \text{ В} / 101,3(273 + t);$$

$t$  – измеренная фактическая температура рабочей среды вентилятора).

$P$  – фактическое давление атмосферы (в расчетах приравнивается к атмосферному, вследствие незначительной флуктуации значений).

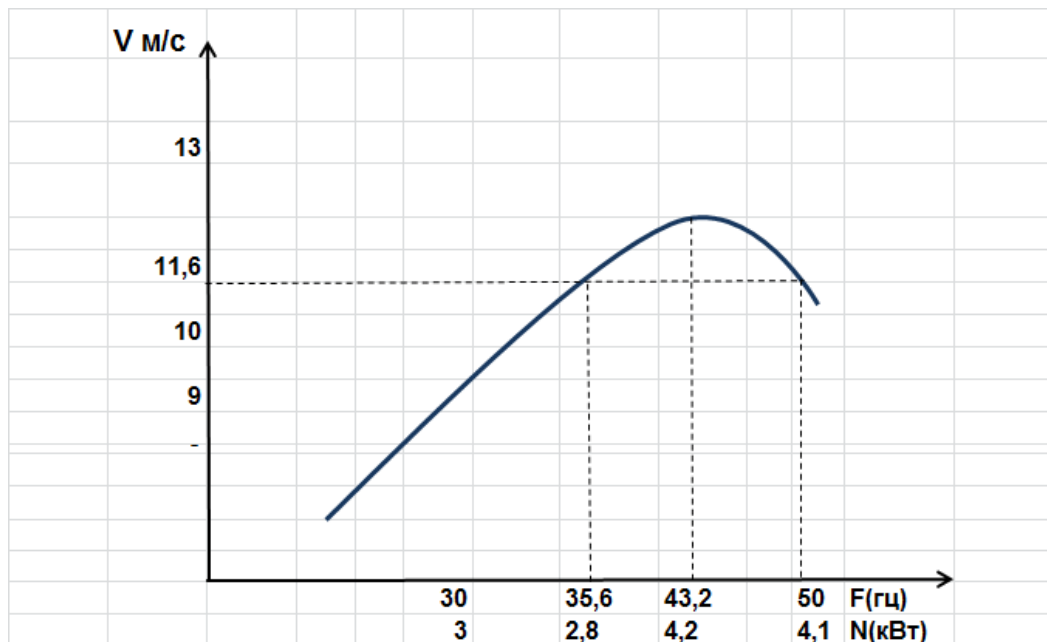


Рис. 3.2. Кривая Жуковского

Измерения выполнены при  $T_{НВ} = 12^\circ\text{C}$ .

Результаты испытаний в виде графического изображения выхода на энергосберегающий режим для Алмаз-ВК и Алмаз-ВИ представлены на рис. 3.3. и в таблице 3.1.

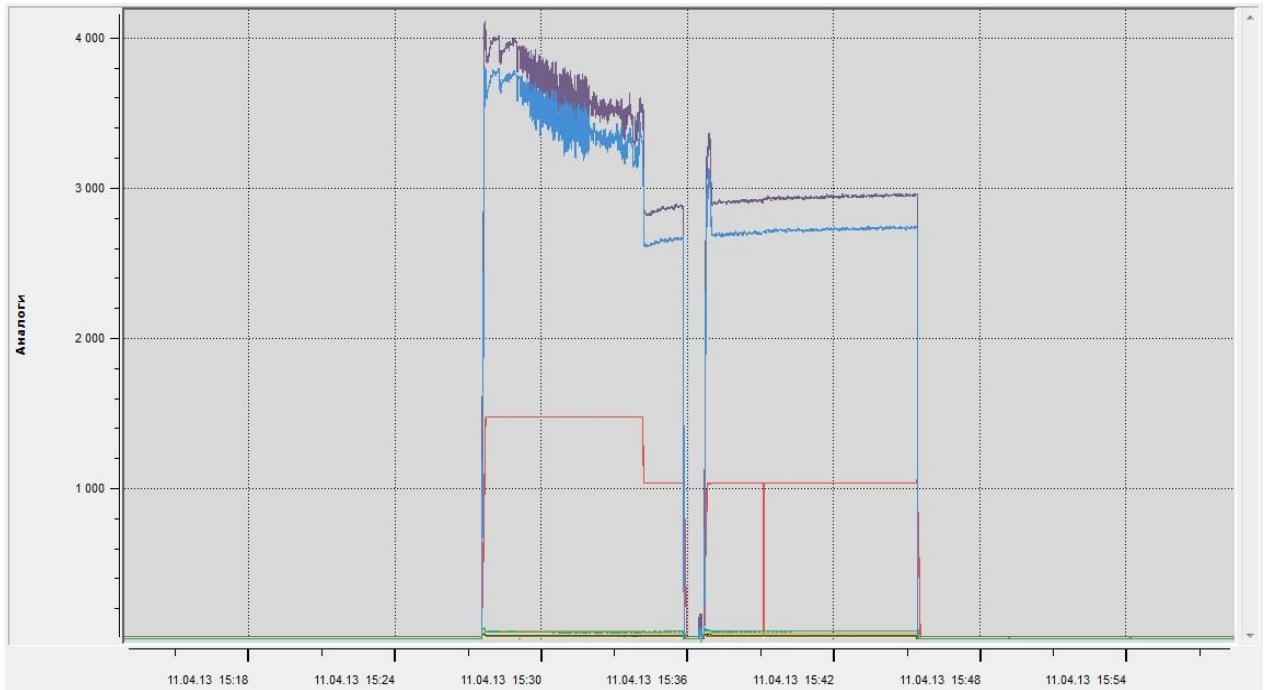


Рис. 3.3. Графическое изображение выхода на энергосберегающий режим для Алмаз-ВК и Алмаз-ВИ.

Таблица 3.1

Выборка из архива статистических текущих измерений с интервалом 80 секунд.

Измерения выполнены 09.04.2013г в 16.00 мск.

Дата и время	Скорость потока (м/с)	Температура Наружного воздуха	Скорость вращения (об/мин)	Частота (Гц)	Ток	N Факт. электр (Вт)	N Факт. на валу (Вт)	Крутящий Момент на валу (нм)	Крутящий Момент на валу (%)
09.04.2013	11,6	12,5	1474	50	9,2	4095	3810	24	48
16.00 мск	11,3	12,5	1042	35,5	9	2838	2620	23,7	48
	11,5	12,5	1047	35,7	9,1	2896	2670	23,9	47
	11,5	12,5	1051	35,8	9,2	2920	2714	24,1	48
	11,6	12,5	1044	35,6	9,1	2880	2675	23,9	48
	12,6	12,5	1267	43,2	10,2	4220	3986	29,5	59

**Вывод:** На основании статистических данных, представленных в таблице 3.1., можно сделать вывод, что на первом этапе, при незначительном отклонении значения фактической температуры воздуха от условий МСА ( $t=20^{\circ}\text{C}$ ,  $P=760$  мм.рт.ст,  $\rho=1.2$  кгс/м<sup>3</sup>) и сохранении скорости потока ( $V=11,6$  м/с), получена экономия электроэнергии в размере 26-29%.

**2 этап:**

а) Для режимов работы вентилятора при температуре наружного воздуха ( $T_{НВ}$ )  $< T_{расч.} = 20^{\circ}C$ .

Как известно, в России период с  $T_{НВ} < 0^{\circ}C$  (см. табл. 3.2) составляет более 6 месяцев в году. Данное обстоятельство приводит к увеличению плотности воздуха относительно параметров Стандартной атмосферы, ориентировочно на  $8 \div 20\%$ , что дополнительно позволяет обеспечивать экономию потребляемой энергии в размере  $10 \div 30\%$ .

Таблица 3.2

Зависимость плотности воздуха от температуры наружного воздуха

№ п/п	Температура, $^{\circ}C$	Плотность воздуха (в соответствии с уравнением Клапейрона), $кг/м^3$
1	+ 20	1,20
2	0	1,29
3	- 20	1,39

Для решения этой задачи на втором этапе испытаний был обеспечен постоянный массовый расход воздуха

$$Q_{\text{воздуха}} = \rho v = const,$$

поступающий в помещение через нагнетательное сопло вентилятора.

Как видно из рис. 3, моделирование процесса дополнительно приводит к экономии энергоресурсов, расходуемых ранее на отопление вентилируемых помещений.

б) Для режимов работы вентилятора при температуре наружного воздуха ( $T_{НВ}$ )  $> T_{расч.} = 20^{\circ}C$ :

В России период с  $T_{НВ} > 0^{\circ}C$  составляет менее 6 месяцев, поэтому для недопущения повышения потребляемой мощности на нерасчетных режимах работы вентилятора в алгоритме работы автоматики применено ограничение потребляемой мощности.

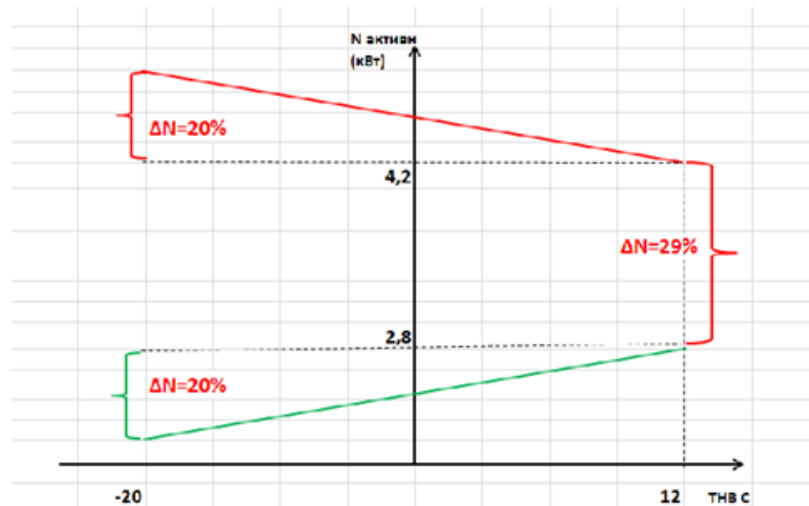


Рис. 3.4. Фактическая зависимость потребляемой активной мощности ( $N_{акт.}$ ) от температуры наружного воздуха ( $ТНВ$ ) для объекта управления двигателя вентилятора К-1.

#### 4.3. Интеллектуальный алгоритм работы приточной вентиляции

Интеллектуальный алгоритм работы приточной вентиляции обеспечивает поддержание массового расхода воздуха внутри вентилируемых помещений на заданном постоянном значении.

Эти требования реализуются благодаря решению следующей зависимости:

$$Q \text{ воздуха вентилятора} = \rho v = const = f(V \text{ помещения})$$

где  $\rho$  – плотность воздуха;

$v$  – объем поступающего через вентилятор воздуха в секунду;

$V$  помещения – объем вентилируемого помещения  $м^3$ .