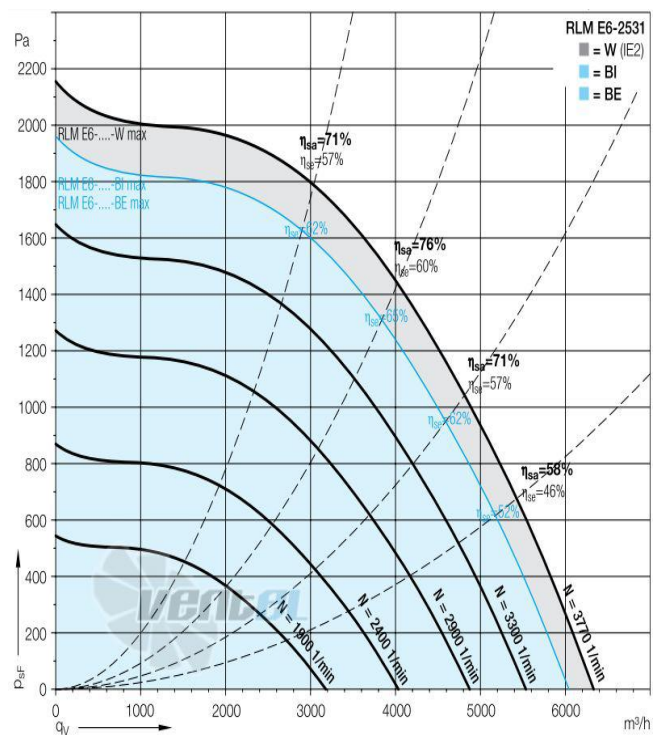


Методическое пособие.

Испытание вентиляторов.



Москва 2015

## Содержание.

1. Вводная часть.
2. Методика испытания вентиляторов.
  - 2.1 Подготовительные мероприятия.
  - 2.2 Испытание вентиляторов.
  - 2.3 Наладка вентиляторов.
3. Приборы и средства измерений.
4. Приложения.
  - 4.1 Программа испытаний вентиляторов.
  - 4.2 Протокол испытания вентиляторов.
  - 4.3 Паспорт вентиляционной системы.
5. Библиография.

## 1. Вводная часть.

Испытания вентиляторов проводят:

- для определения соответствия технических характеристик смонтированного оборудования проектным и каталожным значениям;
- для определения эффективности работы установленного оборудования;
- для мониторинга, контроля режима работы и исходящих технических параметров вентиляционного агрегата;
- при реконструкции вентиляционных систем.

Состав работ:

- 1) Определение технической характеристики (вентилятора и электродвигателя);
- 2) Определение фактического режима работы вентилятора и частоты вращения его рабочего колеса;
- 3) Сопоставление полученных результатов с каталожными данными;
- 4) Разработка мероприятий, обеспечивающих требуемые параметры работы агрегата, наладка после их осуществления.

## 2. Методика испытания вентиляторов.

### 2.1 Подготовительные мероприятия.

Перед испытаниями вентиляторов необходимо проведение следующего цикла подготовительных работ:

- ознакомиться с техническими параметрами вентилятора;
- проверить зазор между всасывающим конусом и рабочим колесом (не должен превышать 1% от диаметра колеса; зазор должен быть ровным; при необходимости зазор должен быть отрегулирован, либо заменен всасывающий конус вентилятора);
- проверить ручную вращение рабочего колеса вентилятора (не должно быть посторонних шумов, вибраций);
- проверить надежность крепления вала рабочего колеса, вентилятора, электродвигателя (при необходимости произвести протяжку болтовых соединений вентиляционного агрегата).

### 2.2 Испытания вентиляторов.

Аэродинамическое испытание вентиляторов начинается с определения и сопоставления с проектными и каталожными данными фактического режима работы вентилятора (производительность, давление, скорость вращения) при полностью открытых регулирующих устройствах:

- после подключения вентилятора к электроснабжению необходимо проверить правильность вращения рабочего колеса (показатели неправильного вращения – небольшой напор, создаваемый вентилятором – требуется поменять местами любые два провода в трехфазной подводке);
- проверить нагрузку электродвигателя вентилятора (если нагревается, необходимо замерить потребляемый ток – если фактические показатели превышают табличные более чем на 10%, следует до или после вентилятора ввести дополнительное сопротивление с помощью дросселирующего устройства);

- измерить давления до и после вентилятора (в обоих случаях должны быть измерены полное, динамическое, статическое давления);
- определить общий расход воздуха до и после вентилятора (расхождения между объемами воздуха не должен превышать 5%; производительность вентилятора принимается равной половине суммы объемов воздуха на всасывании и нагнетании) – грамотные проектировщики обычно делают запас на наладку 20%:

$$L_{\text{фобщ}} = (L_{\text{фвс}} + L_{\text{фнаг}}) / 2, \text{ м}^3/\text{ч} ;$$

- полное давление, развиваемое вентилятором при его испытании в сети, определяется как разность полных давлений, измеренных на нагнетании и всасывании вентилятора:

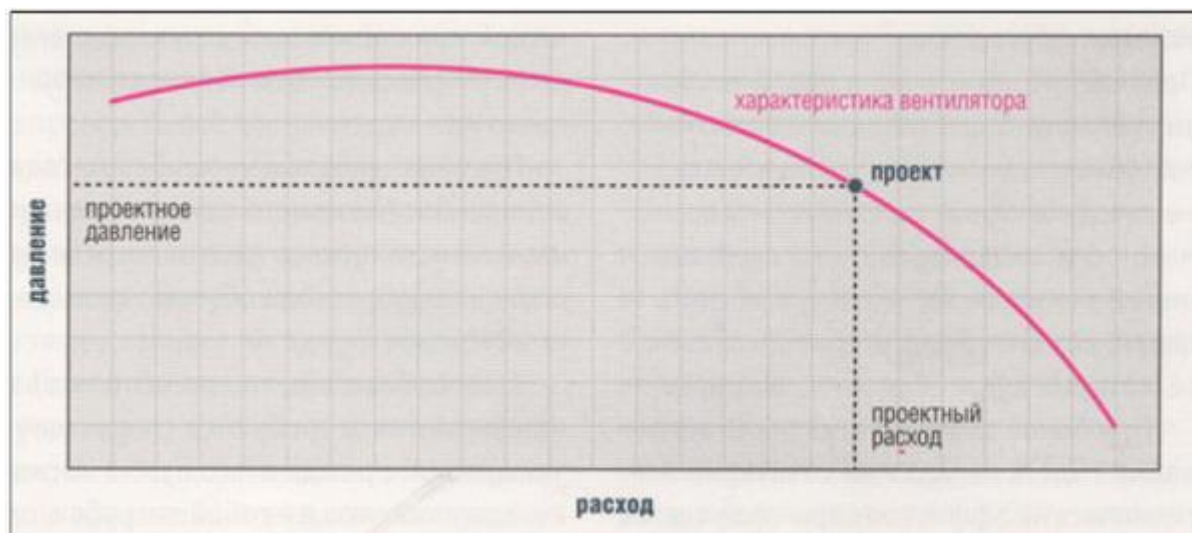
$$P_{\text{фполн(общ)}} = P_{\text{фполн(наг)}} - (- P_{\text{фполн(вс)}}), \text{ Па};$$

- измерить скорость вращения рабочего колеса вентилятора, об/мин.

### Анализ работы вентилятора в сети.

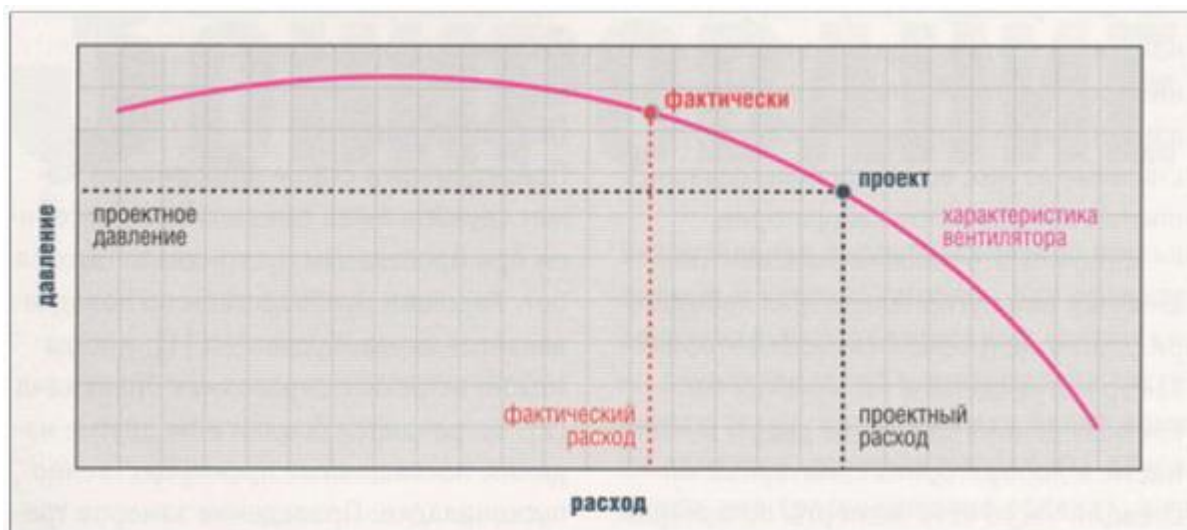
Если точка, определяемая фактической производительностью  $L_{\text{ф}}$  и фактическим полным давлением  $P_{\text{ф}}$ , ложится на кривую каталожной характеристики, построенную для измеренного числа оборотов, вентилятор соответствует каталожным данным (рис.1). Отклонения от каталожной характеристики по величине полного давления допускается в пределах 5%.

Рис.1



Если при этом фактическая производительность вентилятора  $L_{\text{ф}}$  окажется меньше проектной  $L_{\text{пр}}$  (рис.2), то причина несовпадения  $L_{\text{ф}}$  и  $L_{\text{пр}}$  заключается в неправильности расчета или монтажа сети. В таких случаях следует проверить состояние сети, соответствие ее геометрических размеров, выявить загрязнения и добиться приведения сети в исправное состояние.

Рис.2



Если точка, определяемая фактической производительностью и фактическим давлением, окажется ниже кривой каталожной характеристики (рис.3), вентилятор не соответствует каталожным данным.

Сначала следует проверить соответствие сети проекту, для этого надо построить характеристику сети, которая графически представляет квадратичную параболу и выражается формулой 1:

$$P = k \times L^2, \text{ Па (формула 1);}$$

где:

$P$  – полная потеря давления в сети, Па;

$k$  – постоянный для данной сети коэффициент, равный отношению полного давления, развиваемого вентилятором, на квадрат его производительности;

$L$  – расход воздуха, перемещаемого в сети,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Квадратичный закон изменения сопротивления нарушается при наличии в сети элементов, в которых воздушный поток движется с весьма малыми скоростями (теплообменники, фильтры и др.).

Для построения характеристики сети считают значение коэффициента  $k$  по известным производительности и полному давлению вентилятора.

Затем, задаваясь различными значениями расхода воздуха и подставляя

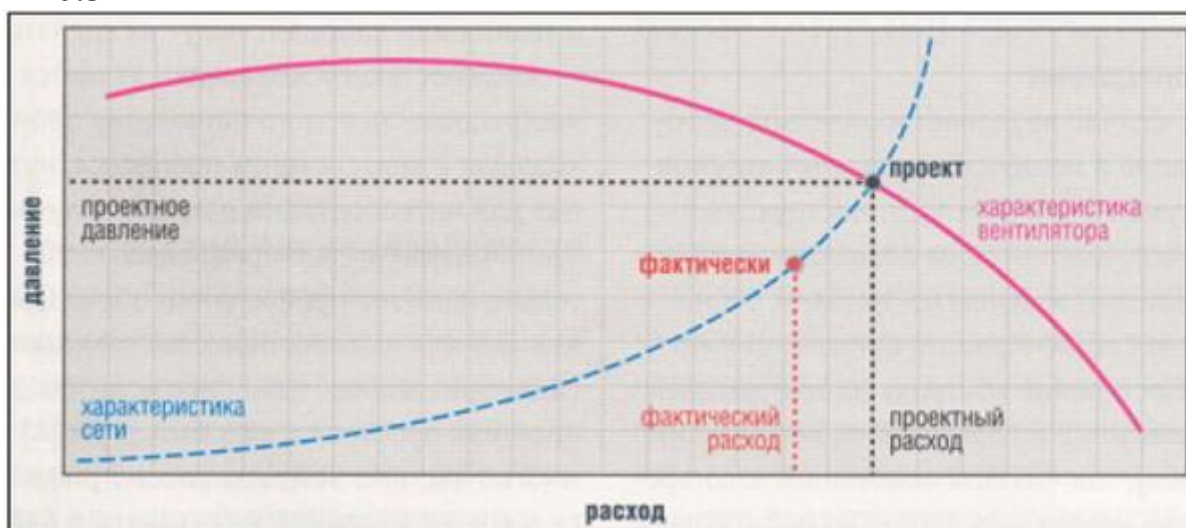
их в формулу 1, находят соответствующие им значения полной потери давления в сети.

Если получившаяся кривая пересекает характеристику сети в точке с проектным расходом, то она соответствует проекту, и причину недостаточной производительности надо искать в вентиляторе.

Следует проверить соответствие установленного рабочего колеса кожуху вентилятора, величину зазора между колесом и всасывающим патрубком (не должен превышать 1%) и устранить выявленные дефекты вентилятора.

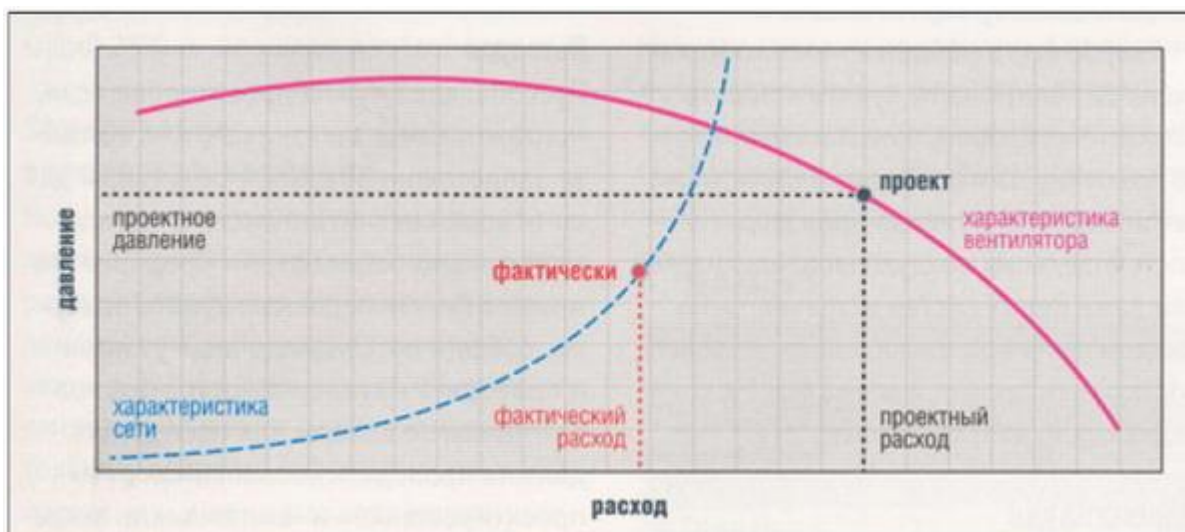
Если вентилятор старый, то причиной служит износ лопаток. Следует заменить вентилятор на новый или увеличить обороты существующего.

Рис.3



Если точка, определяемая фактической производительностью  $L_f$  и фактическим полным давлением  $P_f$ , не ложится на каталожную характеристику вентилятора (отклонения по величине полного давления составляет более 5%) и не совпадает с характеристикой сети (рис.4), то, помимо дефектов вентилятора, имеется несоответствие геометрических размеров сети, а значит необходимо выявить и устранить неисправности сети.

Рис.4



## 2.3 Наладка вентиляторов.

Основные причины, снижающие давление вентилятора при определенной частоте вращения колеса вентилятора, и рекомендации по их устранению:

- зазор между всасывающим колесом и конусом вентилятора превышает допустимую величину (необходима замена установленного всасывающего конуса новым, большим по высоте);
- большой прогиб в мягкой вставке на входе в вентилятор (в мягкую вставку вставляют двойное распорное кольцо диаметром 2-3 мм);
- перекосы в мягких вставках (перекосы устраняют);
- отвод и другие местные сопротивления расположены вблизи всасывающего патрубка вентилятора (при установке отвода на расстоянии одного диаметра от всасывающего патрубка полное давление, развиваемое вентилятором, снижается против каталога до 35% - вентилятор устанавливают так, чтобы прямой участок перед всасывающим патрубком имел длину не менее 4 диаметров, либо ставят в отвод направляющие лопатки);
- отложение солей, грязи на лопатках колеса и кожухе вентилятора (колесо и кожух очищают от загрязнений);
- вмятины или неплотности в кожухе вентилятора устраняют;
- вращение колеса в обратном направлении (переключают провода у электродвигателя, поменяв местами любые два провода в трехфазной подводке).

В тех случаях, когда фактическая производительность вентилятора больше или равна проектируемой, приступают к регулировке сети.

Если же фактическая производительность вентилятора меньше проектируемой, необходимо предварительно определить давление  $P_{\text{необх}}$ , которое должен развивать вентилятор, работая в данной сети, для обеспечения требуемой производительности. Это давление определяется по формуле 2:

$$P_{\text{необх}} = P_{\text{ф}} \times (L_{\text{пр}} / L_{\text{ф}})^2, \text{ Па (формула 2);}$$

где:

$P_{\text{ф}}$  – фактическое давление, Па;

$L_{\text{ф}}$  – фактическая производительность, м<sup>3</sup>/ч;

$L_{\text{пр}}$  – проектная производительность, м<sup>3</sup>/ч.

Если величина  $P_{\text{необх}}$  существенно превышает требуемое давление и при этом режим работы соответствует коэффициенту полезного действия вентилятора, меньшему, чем  $0,85\text{КПД}_{\text{макс.катал.}}$  (где  $\text{КПД}_{\text{макс.катал.}}$  - максимальное каталожное значение КПД вентилятора, следует проверить соответствие проекту геометрических размеров сети и добиться переделки отдельных участков сети с целью повышения её пропускной способности.

Регулировка объемов воздуха, перемещаемых по сети, осуществляется с помощью дросселирующих устройств.

Требуемая производительность вентилятора после окончания регулировки сети достигается изменением степени открытия дросселирующего устройства на магистральном воздуховоде или изменением числа оборотов вентилятора. В отдельных случаях для достижения требуемой производительности приходится увеличивать частоту вращения колеса вентилятора (при условии соблюдения допустимой окружной скорости рабочего колеса и достаточной мощности установленного электродвигателя) или его заменяют на другой размер.

При изменении скорости вращения вентилятора, расход воздуха изменяется пропорционально числам оборотов, давление – пропорционально квадратам числа оборотов и мощность – пропорционально кубам числа оборотов, т.е.:

$$L_{\text{ф}} / L_{\text{пр}} = n_{\text{ф}} / n_{\text{пр}}; \quad P_{\text{ф}} / P_{\text{пр}} = (n_{\text{ф}} / n_{\text{пр}})^2; \quad N_{\text{ф}} / N_{\text{пр}} = (n_{\text{ф}} / n_{\text{пр}})^3.$$

Вентилятор необходимо заменить, если нельзя повысить частоту вращения рабочего колеса.

Также замена вентилятора рекомендуется, когда необходимый режим его работы соответствует значению коэффициента полезного действия ниже  $0,85\text{КПД}_{\text{макс.катал.}}$ .

Если режим работы вентилятора оказывается по каталожной диаграмме в области низких значений коэффициента полезного действия, вправо от области экономичного режима работы, для замены выбирают больший размер с меньшим числом оборотов.

Если режим работы вентилятора оказывается влево от области экономичного режима, то выбирают для замены меньший размер с большим числом оборотов.

### 3. Приборы и средства измерений.

Производительность вентилятора, скорость поступающего воздуха через всасывающий или нагнетательный воздуховод вентилятора измеряется анемометрами класса точности не ниже 1,0.

Например: анемометр Омега НН-30А, Testo-417;  
термоанемометр Testo-416.

Напор вентилятора, статическое, динамическое давление вентилятора измеряется дифференциальным манометром класса точности не ниже 1,0, с приемником давления – трубкой напорной.

Например: ДМЦ-01М; Testo-512;  
Трубка напорная модификации Пито, НИИОГАЗ.

Число оборотов рабочего колеса вентилятора измеряется тахометром класса точности не ниже 1,0.

Например: Testo-460.

Все измерительные приборы и средства измерений (дифференциальные манометры, анемометры, термоанемометры, трубки напорные, тахометры), применяемые при испытаниях, должны быть зарегистрированы в Государственном реестре средств измерений и иметь свидетельства о Государственной поверке.

## 4. Приложения.

### 4.1 Программа испытаний вентиляторов.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ 15\_\_ г.

\_\_\_\_\_  
(наименование ведомства, наладочной организации)

#### ПРОГРАММА ИСПЫТАНИЙ ВЕНТИЛЯТОРОВ

СОСТАВЛЕНА:

Подрядчик:

СОГЛАСОВАНО:

Заказчик:

\_\_\_\_\_/Ф.И.О/  
(подпись)

\_\_\_\_\_/Ф.И.О./  
(подпись)

М.П.

М.П.

Наименование объекта/зоны: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Программа испытаний вентиляторов включает в себя следующие этапы:

1. Проверка соответствия технических параметров вентилятора с проектными и каталожными данными;
2. Проверка зазора между конусом и рабочим колесом, надежности крепления вала рабочего колеса, вентилятора, электродвигателя, качества вращения вентилятора;
3. Запуск, проверка направления вращения рабочего колеса вентилятора, фактической нагрузки электродвигателя;
4. Проведение замеров давлений (полного, статического, динамического) на всасывающей и нагнетательной стороне вентилятора;
5. Проведение замеров скорости воздуха и определение фактической производительности вентилятора;
6. Проведение замеров фактической скорости вращения рабочего колеса вентилятора;
7. Сопоставление и анализ полученных результатов с проектными и каталожными данными;
8. Разработка мероприятий, обеспечивающих требуемые параметры работы вентилятора, наладка после их осуществления;
9. Составление протокола о проведении испытания вентилятора.

## 4.2 Протокол испытания вентилятора.

Форма А.1 - Протокол испытаний

Лист 1. Всего листов 1

\_\_\_\_\_  
(наименование ведомства, наладочной организации)

УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор

\_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г. Ф.И.О

Протокол  
испытаний вентиляторов  
№ \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2015г.

1. Объект/зона: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. Наименование и назначение системы: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. Фактический напор развиваемый вентилятором ( $P_f = P_a$ ): \_\_\_\_\_
4. Фактическая производительность вентилятора  
( $L_f = \text{м}^3/\text{ч}$ ): \_\_\_\_\_
5. Фактическое число оборотов вентилятора ( $n_f = \text{об}/\text{мин}$ ): \_\_\_\_\_
6. Фактический потребляемый ток электродвигателя вентилятора ( $I_f = \text{А}$ ): \_\_\_\_\_
7. Фактический КПД вентилятора ( $\eta_f = \%$ ): \_\_\_\_\_

Заключение и разработка мероприятий : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Протокол составил: \_\_\_\_\_ /Ф.И.О./

### 4.3 Паспорт вентиляционной системы (форма).

\_\_\_\_\_  
(наименование ведомства, наладочной организации)

#### ПАСПОРТ вентиляционной системы

\_\_\_\_\_  
дата.

Объект: \_\_\_\_\_

Зона (цех) \_\_\_\_\_

##### А. Общие сведения

1. Назначение системы \_\_\_\_\_

2. Местонахождение оборудования системы \_\_\_\_\_

##### Б. Основные технические характеристики оборудования системы

###### 1. Вентилятор

| Данные     | Тип | № | Диаметр<br>колеса<br>D <sub>ном</sub> , мм | Расход,<br>м <sup>3</sup> /ч | Полное<br>давление,<br>Па | Диаметр<br>шкива,<br>мм | Частота<br>вращения,<br>об/мин |
|------------|-----|---|--------------------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| По проекту |     |   |                                            |                              |                           |                         |                                |
| Фактически |     |   |                                            |                              |                           |                         |                                |

Примечание. \_\_\_\_\_

###### 2. Электродвигатель

| Данные     | Тип | Мощность,<br>кВт | Частота<br>вращения,<br>об/мин | Диаметр<br>шкива,<br>мм | Вид<br>передачи |
|------------|-----|------------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------|
| По проекту |     |                  |                                |                         |                 |
| Фактически |     |                  |                                |                         |                 |

Примечание. \_\_\_\_\_

### 3. Воздухонагреватели, воздухоохладители, в том числе зональные, рекуператоры

| Данные     | Тип или модель | Кол-во, шт. | Схема                         |                         | Вид и параметры теплохладоносителя | Параметры воздуха | Сопротивление по воздуху, Па | Тепло-холодо-производительность, кВт |
|------------|----------------|-------------|-------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------|------------------------------|--------------------------------------|
|            |                |             | обвязки по теплохладоносителю | расположения по воздуху |                                    |                   |                              |                                      |
| По проекту |                |             |                               |                         |                                    |                   |                              |                                      |
| Фактически |                |             |                               |                         |                                    |                   |                              |                                      |
| По проекту |                |             |                               |                         |                                    |                   |                              |                                      |
| Фактически |                |             |                               |                         |                                    |                   |                              |                                      |

Примечания \*выполняется монтажной организацией

### 4. Пылегазоулавливающее устройство

| Данные     | Наименование | N | Кол-во, шт | Расход воздуха, м <sup>3</sup> /час | % подсоса (выбив) | Сопротивление, Па |
|------------|--------------|---|------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------|
| По проекту |              |   |            |                                     |                   |                   |
| Фактически |              |   |            |                                     |                   |                   |

Примечания

### 5. Увлажнитель воздуха.

| Данные     | Насос |                                  |                                |                          | Электродвигатель |               |                          | Характеристика увлажнения |
|------------|-------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|------------------|---------------|--------------------------|---------------------------|
|            | тип   | расход воды, м <sup>3</sup> /час | давление перед форсунками, кПа | частота вращения, об/мин | тип              | мощность, кВт | частота вращения, об/мин |                           |
| По проекту |       |                                  |                                |                          |                  |               |                          |                           |
| Фактически |       |                                  |                                |                          |                  |               |                          |                           |

Примечания

**В. Расход воздуха по обслуживаемым помещениям (по сети)**

[illegible]

### Заключение по системе:

---

Представитель заказчика \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
(подпись, инициалы, фамилия)

Представитель проектной организации \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
(подпись, инициалы, фамилия)

Представитель монтажной организации \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
(подпись, инициалы, фамилия)

Представитель испытательной организации \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
(подпись, инициалы, фамилия)

## 5. Библиография.

- 5.1 Справочник по специальным работам. Наладка, регулировка и эксплуатация систем промышленной вентиляции. Автор: Эрлихман С.Я.
- 5.2 Наладка и регулирование систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Автор: Журавлев Б.А. и другие.
- 5.3 Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Под редакцией Староверова И.Г.
- 5.4 СП 60. 13330. 2012      Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
- 5.5 СП 73.13330. 2012      Внутренние санитарно-технические системы зданий.
- 5.5 СНиП 3.01.04-87      Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения.
- 5.6 ГОСТ 12.3.018-79      ССБТ. Системы вентиляционные. Методы аэродинамических испытаний.
- 5.7 ГОСТ 5976-90      Вентиляторы радиальные общего назначения.
- 5.4 ГОСТ 11442-90      Вентиляторы осевые общего назначения.