**Научно-исследовательский центр SiberCool**

**Протокол аэродинамических испытаний № 31032021**

Испытание проводил Поляков С.И.

Директор НИОКР, к.т.н. Арбатский А.А.

**Содержание протокола:**

1. Данные об испытываемом образце
2. Методика испытаний
3. Результаты измерений
4. Обработка результатов измерений
5. Аэродинамическая характеристика

**1. Данные об испытываемом образце**

1.1. Тип: Круглый канальный вентилятор

1.2. Назначение: Вентиляция помещений;

1.3. Марка: Shuft RFD-B EC 600-350

1.4. Внешний вид (либо чертеж):



**2. Методика испытаний**

Испытания и обработка результатов измерений проводились исходя из ГОСТ 10921 — 2017.

2.1. Данные об измерительном стенде

Измерительный стенд представляет из себя аэродинамическую трубу присоединенную к герметичной камере нулевого избыточного давления, где с помощью вспомогательного вентилятора компенсируется разряжение создаваемое испытываемым образцом. Cхема измерения соответствует схеме «Б» ГОСТ 10921 — 2017.



Рис.1 Принципиальная схема измерительного стенда: 1 – испытываемый образец, 2 – воздуховод, 3 – выравниватель потока, 4 – дросселирующее устройство, 5 – вспомогательный вентилятор

Выравниватель потока представляет из себя воздуховод с несколькими перфорированными листами перегораживающими поток расположенными друг за другом и обеспечивающими равномерное распределение потока по всему сечению. Для каждой серии типо-размеров используется необходимое сечение выравнивателя потока соответствующая требованиям п. 7.2. ГОСТ 10921 — 2017 по совокупному живому сечению отверстий перфорированных листов



Рис. 2 Выравниватель потока

Скорость воздуха в отверстиях перфорированного листа, по всему сечению выравнивателя потока различается не более чем на 25% при полном отсутствии застойных зон воздушного потока. Относительное отклонение скорости, представляющее собой разность максимальной и минимальной скоростей потока, отнесенное к удвоенной средней скорости, не должно превышать 0.2, что соответствуют требованию п. 9.5.1. ГОСТ 31273-2003.

2.2. Данные о средствах измерений:

Измерения всех необходимых показателей производились приборами указанными в таблице 1 и имеющими соответствующие приборные погрешности, указанные производителем:

Таблица 1 – Данные о средствах измерений

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Измерительный прибор** | **Марка** | **Измеряемая величина** | **Размерность** | **Диапазон измеряемой величины** | **Погрешность измеряемой величины** |
| Датчик температуры | Testo | Температура воздуха | ᵒС | -20 до +70 ᵒС | 0,3% |
| Амперметр | АМ-2 | Сила тока | А | 1 до 63 | 1% |
| Мультиметр | DT9205 | Сила тока | А | 1 до 10 | 2% |
| Напряжение | В | 0-220 | 3% |
| Трубка Пито | Testo | Статическое давление | Па | 0 - 2000 | 1% |
| Скорость воздуха | м/с | 1-100 | 1% |

Все измерительные приборы являются поверенными на момент составления протокола испытаний.

2.3. Замеры:

- Производится замер избыточного статического давления и скоростей воздуха по сечениям согласно рис.1;

- Замер скорости производится не менее чем в 15-ти точках по сечению выравнивателя потока (рис. 2) что удовлетворяет требованиям п. 9.5.3 ГОСТ 31273-2003. Разброс скоростей по сечению должен удовлетворять требованиям п. 9.5.1. ГОСТ 31273-2003, что определяется при тарировке каждого размера выпрямителя;

- Замер статического давления производится не менее чем в 3-х точках по сечению аэродинамической трубы, при этом разность давлений по точкам удовлетворяет требованию п.9.5.2. ГОСТ 31273-2003;

- Для построения аэродинамической характеристики производится измерение расхода и избыточного статического давления не менее чем для 10-ти положений дросселирующего устройства, что удовлетворяет требованиям п.10.1. ГОСТ 10921 — 2017;

- Все измерения происходят при установившемся режиме работы согласно п. 10.2 ГОСТ 10921 — 2017;

- Замеры мощности вентилятора производятся электрическим способом с соблюдением требований п. 10.3. ГОСТ 10921 — 2017 (измерение производится не менее 15 мин., при этом фиксируется отсутствие отклонений от измеряемой величины. Отклонения тока и напряжения составляют не более 10% от измеряемой величины)

- Температура и влажность в измерительном пространстве различаются незначительно (менее чем на 1% от общей величины), дополнительных поправок на изменение плотности воздуха согласно п.11.2. ГОСТ 10921 — 2017 вводить не требуется.

**3. Результаты измерений**

Результаты замеров скоростей и статических давлений по сечению выравнивателя потока представлены в таблицах 2 и 3:

Таблица 2 – Значения скоростей по сечению выравнивателя потока

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Положение заслонки** | **Скорости по точкам замера, м/с. № точки замера (координата согласно рис. 2 x/y)** | **Средняя скорость по сечению\*, м/c** |
| **1(2/3)** | **2(9/3)** | **3(15/3.)** | **4(3/15)** | **5(9/15)** | **6(15/15)** | **7(3/32)** | **8(9/32)** | **9(15/32)** | **10(3/50)** | **11(9/50)** | **12(15/50)** | **13(3/63)** | **14(9/63)** | **15(15/63)** |
| 1 | 20,9 | 20 | 20,2 | 21,9 | 22,2 | 21,7 | 21,8 | 22,4 | 22,2 | 22,1 | 22,3 | 20,2 | 21,3 | 19,8 | 19,5 | 21,2 |
| 2 | 20,7 | 19,4 | 20,4 | 22 | 21,9 | 21,5 | 21,9 | 22,6 | 22,2 | 21 | 21,4 | 20,5 | 17,4 | 18 | 19,5 | 20,7 |
| 3 | 20,7 | 19,3 | 20,5 | 21,2 | 22,5 | 22 | 21,4 | 22,7 | 22,3 | 21,8 | 22 | 21,1 | 19,9 | 18 | 18,5 | 20,9 |
| 4 | 20,1 | 18,9 | 19,8 | 21,5 | 21,9 | 21,6 | 21,5 | 21,2 | 21,9 | 21,6 | 20,1 | 21 | 19,7 | 17,7 | 18,9 | 20,5 |
| 5 | 19,4 | 18,2 | 19,4 | 21,4 | 21,5 | 21,2 | 21,5 | 21,2 | 21,9 | 21,4 | 20 | 18,7 | 19,4 | 17,7 | 18,9 | 20,1 |
| 6 | 19 | 17,6 | 17,9 | 19,9 | 20,3 | 20,1 | 19,4 | 20,7 | 20,4 | 20,4 | 20,3 | 19,6 | 18,9 | 17 | 18,3 | 19,3 |
| 7 | 17 | 15,1 | 16 | 18,2 | 20,6 | 18,3 | 18,3 | 18,9 | 18,2 | 18 | 17,5 | 18,1 | 16,1 | 14,4 | 15,8 | 17,4 |
| 8 | 13,5 | 12,4 | 12,8 | 14,7 | 14,7 | 14,4 | 15,3 | 15 | 14,4 | 14,6 | 14,7 | 14 | 12,8 | 11 | 11,2 | 13,7 |
| 9 | 9,5 | 8,7 | 9,4 | 10,5 | 10,3 | 10,1 | 11,2 | 10,9 | 10,3 | 9,5 | 10,4 | 9,9 | 9,5 | 7,5 | 8,5 | 9,7 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |

\* - определяется с использованием тарировочного алгоритма выравнивателя потока, т.е. с поправкой на отклонения скоростей от измеренных, в точках где измерения не производились (тарировочный алгоритм описывается в технических условиях на проведение испытаний).

Таблица 3 – Значения статического давления по сечению воздуховода

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Положение заслонки** | **P1, Па** | **P2, Па** | **P3, Па** | **Среднее значение статического давления, Па** |
| 1 | 842 | 825 | 828 | 832 |
| 2 | 852 | 836 | 835 | 841 |
| 3 | 891 | 880 | 876 | 882 |
| 4 | 902 | 886 | 889 | 892 |
| 5 | 904 | 892 | 893 | 896 |
| 6 | 963 | 950 | 943 | 952 |
| 7 | 1060 | 1053 | 1051 | 1055 |
| 8 | 1352 | 1344 | 1343 | 1346 |
| 9 | 1544 | 1537 | 1540 | 1540 |
| 10 | 1722 | 1717 | 1730 | 1723 |

Результаты замеров тока и напряжения представлены в таблице 4:

Таблица 4 – Результаты замера тока и напряжения

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Положение заслонки | Ток, А (через дробь указываются значения по фазам) | Напряжение, В (через дробь указываются значения по фазам) |
| 1 | 3,1/3,0/3,1 | 230/230/230 |
| 2 | 3,1/3,0/3,1 | 229/230/230 |
| 3 | 3,1/3,0/3,1 | 231/230/229 |
| 4 | 3,1/3,0/3,1 | 229/230/230 |
| 5 | 3,1/3,0/3,1 | 230/230/230 |
| 6 | 3,1/3,0/3,1 | 231/231/231 |
| 7 | 3,1/3,0/3,1 | 228/229/230 |
| 8 | 3,1/3,0/3,1 | 230/230/230 |
| 9 | 3,1/3,0/3,1 | 229/230/230 |
| 10 | 3,1/3,0/3,1 | 229/230/231 |

**4. Обработка результатов измерений**

4.1. Расчет расхода воздуха

Расчет расхода воздуха производится исходя из значений измеренной средней скорости согласно таблице 2 и живого сечения выравнивателя потока:

$G=3600v\_{ср}F$(1)

Где:

$G$ *–* расход воздуха, м3/ч;

$v\_{ср}$ – средняя по сечению скорость согласно таблице 2;

$F$ – площадь живого сечения выравнивателя потока, м2.

4.2. Расчет мощности вентилятора

Для однофазных вентиляторов, Вт:

$W=UIcosφ$ (2.1)

Для трехфазных вентиляторов, Вт:

$W=3U\_{ф}I\_{ф}cosφ$ (2.2)

Где:

U – измеренное значение напряжения, В;

I – измеренное значение тока, А;

$cosφ$ – отношение активной мощности двигателя к полной (согласно характеристикам эл. Двигателя);

$U\_{ф}$ – измеренное фазное напряжение, В;

$I\_{ф}-измеренный фазный ток, А.$

4.3. Расчет мощности потока воздуха

$L=GP$(3)

Где:

L – значение мощности потока воздуха, Вт;

P – среднее значение статического давления по сечению согласно таблице 3, Па;

G – расход воздуха, м3/с.

4.4. Расчет КПД вентиляторной группы

$η=\frac{L}{W}$ (4)

4.5. Погрешность измерений

Не превышает 5% в размерности каждой измеренной или рассчитанной, на основании измерений, величины. Расчет погрешностей для всех типо-размеров измерительных стендов представлен в технических условиях на измерения.

**5. Аэродинамическая характеристика**

Аэродинамическая характеристика испытываемого образца представлена на рис. 3:

Рис. 2 Аэродинамическая характеристика установки

Значение КПД вентилятора приведено в таблице 5 (если измеряются аэродинамические характеристики установки содержащей дополнительные элементы, **то рассматривать данный параметр следует как общий КПД при создании движения воздуха, с учетом потерь в самой установке, а не «чистый» КПД вентиляторной группы**):

Таблица 5 – Основные характеристики вентилятора или вентиляционной установки

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Положение заслонки | Расход воздуха, м3/ч | Давление, Па | Мощность Потока, Вт | Мощность подаваемая на двигатель установки, Вт | КПД |
| 1 | 7407 | 831,7 | 1711,2 | 2037 | 0,84 |
| 2 | 7219 | 841,0 | 1686,4 | 2046 | 0,82 |
| 3 | 7300 | 882,3 | 1789,2 | 2055 | 0,87 |
| 4 | 7149 | 892,3 | 1772,0 | 2037 | 0,87 |
| 5 | 7019 | 896,3 | 1747,5 | 2055 | 0,85 |
| 6 | 6740 | 952,0 | 1782,2 | 2046 | 0,87 |
| 7 | 6058 | 1054,7 | 1774,8 | 2065 | 0,86 |
| 8 | 4779 | 1346,3 | 1787,3 | 2027 | 0,88 |
| 9 | 3400 | 1540,3 | 1454,8 | 2037 | 0,71 |
| 10 | 0 | 1723,0 | 0,0 | 2037 | 0,00 |

Наблюдается снижение КПД начиная с расхода 3000 – 3400 м3/ч, что говорит о начале срыва потока в этом диапазоне расходов воздуха.