**Научно-исследовательский центр SiberCool**

**Протокол аэродинамических испытаний № 01062021**

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: РАСП-Н-5-Б10-2,2х1500-N-4-ПР0-У2

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 – участок стабилизации входящего потока (для снятия краевых эффектов)

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)** |
| 1 | 4,3 | 4,7 | 4,7 | 4,1 | 4,8 | 4,3 | 4,1 | 4,8 | 4,0 | 4,4 |
| 2 | 4,0 | 4,7 | 4,3 | 3,9 | 4,7 | 4,1 | 4,5 | 4,7 | 2,8 | 4,2 |
| 3 | 4,3 | 4,6 | 3,8 | 4,2 | 4,4 | 4,0 | 3,4 | 4,5 | 2,9 | 4,0 |
| 4 | 4,0 | 4,5 | 3,9 | 3,8 | 4,5 | 3,5 | 3,3 | 4,2 | 2,3 | 3,8 |
| 5 | 3,8 | 4,2 | 3,5 | 3,6 | 4,2 | 3,8 | 3,0 | 4,1 | 1,9 | 3,6 |
| 6 | 3,4 | 4,0 | 3,6 | 3,5 | 3,9 | 3,6 | 2,6 | 3,7 | 2,5 | 3,4 |
| 7 | 3,1 | 3,5 | 3,2 | 3,1 | 3,5 | 3,4 | 2,2 | 3,3 | 1,9 | 3,0 |
| 8 | 2,5 | 2,9 | 2,6 | 2,8 | 3,1 | 2,4 | 2,2 | 2,7 | 1,8 | 2,6 |
| 9 | 2,0 | 2,1 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 1,9 | 1,5 | 2,0 | 1,4 | 1,9 |
| 10 | 0,6 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,4 | 0,6 |

\* - 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 | 388 | 385 | 393 | 389 |
| 2 | 393 | 393 | 401 | 396 |
| 3 | 424 | 420 | 430 | 425 |
| 4 | 465 | 461 | 474 | 467 |
| 5 | 551 | 550 | 560 | 554 |
| 6 | 619 | 623 | 623 | 622 |
| 7 | 719 | 725 | 727 | 724 |
| 8 | 850 | 848 | 858 | 852 |
| 9 | 942 | 938 | 939 | 940 |
| 10 | 989 | 981 | 988 | 986 |

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 | 2,2/2,2/2,2 | 220/220/220 |
| 2 | 2,2/2,2/2,2 | 220/220/220 |
| 3 | 2,2/2,2/2,2 | 220/220/220 |
| 4 | 2,2/2,2/2,2 | 220/220/220 |
| 5 | 2,2/2,2/2,2 | 220/220/220 |
| 6 | 2,2/2,2/2,2 | 220/220/220 |
| 7 | 2,2/2,2/2,2 | 220/220/220 |
| 8 | 2,2/2,2/2,2 | 220/220/220 |
| 9 | 2,2/2,2/2,2 | 220/220/220 |
| 10 | 2,2/2,2/2,2 | 220/220/220 |

**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. 3 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 | 7940 | 388,7 | 857,2 | 1452 | 0,59 |
| 2 | 7537 | 395,7 | 828,3 | 1452 | 0,57 |
| 3 | 7258 | 424,7 | 856,2 | 1452 | 0,59 |
| 4 | 6817 | 466,7 | 883,7 | 1452 | 0,61 |
| 5 | 6402 | 553,7 | 984,7 | 1452 | 0,68 |
| 6 | 6153 | 621,7 | 1062,5 | 1452 | 0,73 |
| 7 | 5437 | 723,7 | 1092,9 | 1452 | 0,75 |
| 8 | 4621 | 852,0 | 1093,6 | 1452 | 0,75 |
| 9 | 3372 | 939,7 | 880,0 | 1452 | 0,61 |
| 10 | 1163 | 986,0 | 318,6 | 1452 | 0,22 |

Наблюдается снижение КПД начиная с расхода 1500 – 2500 м3/ч, что говорит о начале срыва потока в этом диапазоне расходов воздуха.