

*И.Б. Рябова, к.т.н., доцент, НТУ „ХПИ”*

## **РАСЧЕТНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ТЕМПЕРАТУРУ ВАЛА ПОД ОПОРНЫМ ПОДШИПНИКОМ ВЕНТИЛЯТОРОВ ДЫМОУДАЛЕНИЯ**

(представлено д-ром техн. наук Кривцовой В.И.)

Данная работа является продолжением работы [1], в которой разработан алгоритм расчета температурного состояния валов термоventиляторов на основании решения задачи о распространении тепла в одномерном ограниченном стержне переменным по значению длине коэффициента теплоотдачи. Проведены варианты расчеты с целью анализа влияния различных конструктивных параметров на эффективность отвода тепла и даны конструкторские рекомендации по разработке охлаждающих устройств для обеспечения надежной работы вентилятора дымоудаления.

**Ключевые слова:** вентиляторы для дымоудаления, допустимые температуры вала.

**Постановка проблемы.** Для локализации зоны пожара и создания возможности проведения спасательных работ все системы противопожарной вытяжной вентиляции зданий оборудованы устройствами для дымоудаления, в состав которых входят специальные радиальные вентиляторы. Эти устройства рассчитаны на сохранение работоспособности в течении 120 мин. при температуре перемещаемой среды 400°C и 60 мин. при температуре дымовых газов 600°C. При этих условиях рабочее колесо вентилятора принимает температуру, близкую к температуре перемещаемых газов, а близкорасположенный к ним опорный подшипник термоventилятора выдерживает температуру 100 – 105°C. Отказ подшипника приводит к отказу вентилятора. Поэтому для его термозащиты необходимо принимать специальные конструктивные меры для охлаждения валов.

Целью данной работы является проведения расчётных исследований по определению эффективности различных конструктивных мероприятий, приводящих к снижению температур вала под опорными подшипниками до допустимых (применение выточек в валу, использование для изготовления валов сталей с низкими коэффициентами теплопроводности для снижения потока тепла вдоль вала и т.п., а также использование охлаждающих дисков выполненных из алюминия или стали).

**Анализ последних исследований и публикаций.** В работе [2] рассмотрена математическая модель задачи о распространении теплоты в системе вал теплоventилятора – охлаждающий диск в двухмер-

ной постановке. Некоторые результаты проведенных по этому алгоритму расчетов [3] показали, что температура вдоль радиуса вала изменяется незначительно, что позволяет перейти от двухмерной математической модели к задаче о распространении тепла в одномерном ограниченном стержне с переменным по длине значением коэффициента теплоотдачи. В работе [1] приведено сравнение результатов расчета по упрощенному алгоритму (на базе одномерной задачи) и по методу, основанному на решении данной задачи в двухмерной постановке. Для подшипника вентилятора и получено их достаточно близкое совпадение. На этом основании упрощенный алгоритм расчета можно рекомендовать для проведения численных исследований охлаждения валов всего типоразмерного ряда вентиляторов дымоудаления ВР-85-66 №№ 6,3; 8; 10; 12,5.

**Постановка задачи и ее решение.** Решение задачи о распространении тепла в одномерном ограниченном стержне с переменным по длине сечением и значением коэффициента теплоотдачи является базой для упрощения алгоритма расчета температурного состояния охлаждаемых валов вентиляторов для дымоудаления.

Расчетные исследования проводились для опорных узлов радиальных вентиляторов типа ВР-85-66 различных производительностей по воздуху. Принципиальная схема этих узлов представлена в работе [1] исходные данные для расчета в таблице 1. (Значения в скобках, приведенные в таблице 1, относятся к охлаждающим дискам толщиной 0,03 м, выполненным из стали).

**Табл. 1 – Расчетные параметры для опорных узлов валов вентиляторов**

Типоразмер вентилятора	$L_1$ , м	$L_2$ , м	$L_3$ , м	$l_{31}$ , м
ВР-85-66-6,3	0,06	0,02 (0,03)	0,27	0,03 (0,02)
ВР-85-66- 8	0,09	0,02 (0,03)	0,35	0,04 (0,03)
ВР-85-66- 10	0,115	0,02 (0,03)	0,43	0,06 (0,05)
ВР-85-66-12,5	0,123	0,02 (0,03)	0,54	0,07 (0,06)

В табл. 1 приняты следующие обозначения:  $L_1$  – расстояние от корпуса вентилятора до охлаждающего диска;  $L_2$  – толщина охлаждающего диска;  $L_3$  – расстояние от охлаждающего диска до второго опорного подшипника;  $l_{31}$  – расстояние от охлаждающего диска до первого опорного подшипника.

По разработанному алгоритму были проведены вычислительные эксперименты по определению влияния различных конструктивных параметров на температуру вала под опорным подшипником и выбору наиболее эффективных вариантов охлаждения вала. В ходе этих вычислительных экспериментов варьировались наружные размеры охлаждающего диска и материал, из которого он изготовлен, радиусы

вала, выточки и материал, из которого изготовлен вал и угловые скорости вращения вала.

Анализ полученных расчетных результатов будем проводить, ориентируясь на допустимый температурный уровень работы подшипников качения, оговариваемый изготовителями подшипников, с учетом его 20 % превышения. Такая оценка является в определенном смысле условной и основывается на косвенных данных полученных в ходе натурных экспериментов. При указанном подходе условно-допустимый уровень температур вала в районе опорного подшипника находится в диапазоне 100-105°C.

Проанализируем вначале ситуацию, когда вал работает без каких – либо защитных тепловых устройств. Как показывают результаты расчетов, в этом случае температура вала в рассматриваемой зоне у переднего подшипника намного превышает условно допустимый уровень температур и находится в диапазоне 150 -200°C для всех рассматриваемых валов и условий эксплуатации.

Температура в опасной зоне может быть несколько снижена, если применить выточку вала с радиусом  $r$ , например, равным половине радиуса несущего вала. В этом случае средняя температура вала под подшипником вентилятора № 6,3 составляет около 180°C, т.е. снижается примерно 20°C.

Более существенное влияние на уровень температур оказывают материалы, из которых изготовлен вал. Так применение стали 12ХН2 с низким коэффициентом теплопроводности которой равен 24 Вт/(м·°С), позволяет снизить среднюю температуру вала в зоне опорного подшипника до 160°C. Одновременное действие двух указанных выше факторов дает возможность достичь температурного уровня 140°C, т.е. понизить его примерно на 60°C.

Более того, для двух вентиляторов, а именно № 10 и № 12,5 удастся с помощью указанных мероприятий достичь приемлемого уровня температур, лежащего в диапазоне 100 – 110°C.

Резкое снижение температуры вала на входе в первый подшипник ( $T(l_{31})$ ) достигается в случае применения охлаждающих дисков. Особенно эффективно использование алюминиевых дисков. Так, при применении диска с  $R_d = 0,15$ м и толщиной 0,02 м, температура вала в точке ( $T(l_{31})$ ) для вентилятора №6,3 составляет 102,1 °С. Еще более низкий уровень температуры ( $T(l_{31})$ ) имеет место в случае применения дисков с  $R_d = 0,20$ м для валов вентиляторов №8 – 87,8 °С; для валов вентиляторов №10 с  $R_d = 0,25$ м – 70,5 °С; для валов вентиляторов №12,5 с  $R_d = 0,30$ м – 71,5 С.

Приемлемый уровень температур может быть получен в вентиляторах №8 – № 12,5 с охлаждающим алюминиевым диском при  $R_d = 0,20$ м . В этом случае температура вала перед первым подшипником

составит соответственно для вентилятора №10 – 81,1 °С, а для вентилятора №12,5 – 89,9 °С.

Применение алюминиевых охлаждающих дисков указанной толщины совместно с выточками в вале, изготовленном из стали 12ХН2, позволяет ограничиться величинами  $R_d = 0,10$  м для всех типоразмеров вентиляторов. При этом уровень температур в опасной точке не будет превышать величин порядка 80 °С.

Наряду с охлаждающими дисками из алюминия рассматривались стальные диски толщиной 0,03 м с коэффициентом теплопроводности равным 51,7 Вт/(м·°С). Проведенные расчеты показывают, что все закономерности изменения температур при использовании рассматриваемых конструктивных мероприятий качественно не отличаются от соответствующих закономерностей, имеющих место при использовании алюминиевых дисков, но отличаются количественными показателями.

Как показывают расчеты, использование стальных дисков без дополнительных мероприятий позволяет обеспечить расчетный уровень температур в опасных точках для всех вентиляторов, кроме вентилятора №6,3. Так, например, температуры вала в точках ( $T(l_{31})$ ) и для различных типоразмеров вентиляторов и различных величинах  $R_d$  составляют: для вентилятора №8 при  $R_d = 0,20$  м – 99 °С; для вентилятора №10 при  $R_d = 0,2$  м – 89,7 °С; для вентилятора №12,5 при  $R_d = 0,25$  – 89,4 °С.

Для вентилятора №6,3 при  $R_d = 0,15$  м температура вала в точках ( $T(l_{31})$ ) составляет 110,3 °С, что превышает расчетные допускаемые значения. Поэтому в этом случае, наряду со стальным охлаждающим диском необходимо сделать выточку в валу радиусом 0,0125 м, что позволит снизить температуру в опасном месте до значения 91,3 °С.

**Выводы.** Проведены численные эксперименты по определению влияния различных конструктивных мероприятий (применение выточек в валу, использование для изготовления валов сталей с низкими коэффициентами теплопроводности, использование охлаждающих дисков, выполненных из алюминия или стали) на снижение температур вала под опорными подшипниками.

Показано, что с помощью охлаждающих дисков может быть достигнут значительный охлаждающий эффект. Учитывая принятую при проведении расчетов систему допущений, для обеспечения коэффициентов запаса целесообразно для всех рассматриваемых вентиляторов наряду с охлаждающими стальными дисками применять выточки в валах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рябова И.Б. Упрощенная математическая модель процессов теплопереноса в охлаждаемых валах вентиляторов для дымоудале-

ния / И.Б. Рябова, И.В. Сайчук // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: НУГЗУ, 2010. – Вып. 27. – С.179-186.

2. Рябова И.Б. Математическое моделирование процессов воздушного охлаждения валов вентиляторов для дымоудаления / И.Б. Рябова, И.В. Сайчук // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: УГЗУ, 2007. – Вып. 21. – С. 221-227.

3. Рябова И.Б. Математические Результаты расчета задачи об охлаждении валов вентиляторов для дымоудаления в двумерной постановке / И.Б. Рябова, И.В.Сайчук // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: УГЗУ, 2008. – Вып. 24. – С. 150-154.

I.B. Ryabova

**Розрахунковий аналіз впливу конструктивних параметрів на температуру вала під опорними підшипником вентиляторів димовидалення**

Проведено чисельний аналіз розподілення температур у валах вентиляторів для димовидалення при використанні різноманітних заходів щодо зниження температур опорного підшипника для забезпечення надійної роботи обладнання.

**Ключові слова:** вентилятори для димовидалення, допустимі температури вала.

I.V. Riabova

**Current analysis of the impact of structural parameters on the temperature of the shaft support bearing fans in smoke**

The numerical analysis of temperature distribution in the shafts of fans for smoke removal using various measures to reduce the tempera-round bearings to ensure reliable operation of the equipment.

**Keywords:** fans for smoke exhaust, permissible temperature of the shaft.