

*И.Б. Рябова, канд. техн. наук, доцент НТУ "ХПИ",  
И.В. Сайчук, канд. техн. наук, доцент, ст. преп., УГЗУ*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗАДАЧИ ОБ ОХЛАЖДЕНИИ ВАЛОВ ВЕНТИЛЯТОРОВ ДЛЯ ДЫМОУДАЛЕНИЯ В ДВУМЕРНОЙ ПОСТАНОВКЕ**

(представлено доктором физ.–мат. наук А.П.Созником)

Рассмотрены различные конструктивные мероприятия по охлаждению валов вентиляторов для дымоудаления с помощью охлаждающих дисков. Расчетные результаты получены на базе двумерной математической модели для определения температурного состояния промежуточного вала термовентиляционного агрегата [1]. Обоснован переход к одномерной математической модели задачи охлаждения опорного узла трения термовентилятора.

**Постановка проблемы.** Современные системы противопожарной вентиляции зданий оборудуются устройствами для дымоудаления, в состав которых входят специальные радиальные вентиляторы. Эти вентиляторы рассчитаны на сохранение работоспособности в течение двух часов при температуре перемещаемых газов  $400^{\circ}\text{C}$  и в течение одного часа при температуре газов  $600^{\circ}\text{C}$ . Для отдельных объектов с температурой дымовых газов больше  $600^{\circ}\text{C}$  необходимо, чтобы вентиляторы дымоудаления работали свыше 60 мин. При этом обеспечивается локализация зоны пожара и создается возможность проведения работ по борьбе с пожаром и по спасению людей и оборудования.

Самым опасным звеном в системах дымоудаления являются опорные подшипники, для которых предельно допустимый уровень температуры в месте посадки составляет  $100\text{--}107^{\circ}\text{C}$ . Дело в том, что рабочее колесо и кожух вентилятора, соприкасаясь с дымовыми газами, принимают температуру, близкую к температуре газов ( $400\text{--}600^{\circ}\text{C}$ ). Далее вследствие теплопроводности вала тепловой поток распространяется от рабочего колеса по направлению к опорным подшипникам. Если не принимать специальных конструктивных мероприятий по охлаждению вала дымовентилятора, возможен перегрев опорных подшипников выше критических температур, что приведет к отказу подшипника и, следовательно, вентилятора и всей системы дымоудаления.

Одним из методов воздушного охлаждения валов термовентиляторов являются охлаждающие диски.

Целью данной работы является проведение численного анализа влияния конструктивных параметров дисков и их количества, а также материалов, из которых могут изготавливаться диски и вал вентилятора, и диаметра выточки вала для подсоса наружного воздуха на температурное состояние вала под опорой трения.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Данная работа является продолжением работы [1], в которой предложена математическая модель решения задачи распространения теплоты в системе "вал термовентилятора – охлаждающие диски" в двумерной постановке при сложных граничных условиях. При этом в месте расположения диска на валу сращивание тепловых потоков проводится в предположении, что теплота, отдаваемая охлаждающим диском в окружающую среду, равна подводу теплоты по валу на участке контакта диска и вала в процессе теплопроводности.

В данной работе приведены результаты расчета температурного состояния промежуточного вала вентилятора для дымоудаления типа ВР–85–66–6,3, позволяющие оценить влияние конструктивных и физических параметров вала и охлаждающего диска на уровень температур вала под опорным подшипником.

**Постановка задачи и ее решение.** Постановка задачи и ее решение с помощью метода конечных разностей описаны в работе авторов [1]. На базе этого решения реализована «Паскаль–программа». Варианты проведенных расчетов представлены в таблице 1.

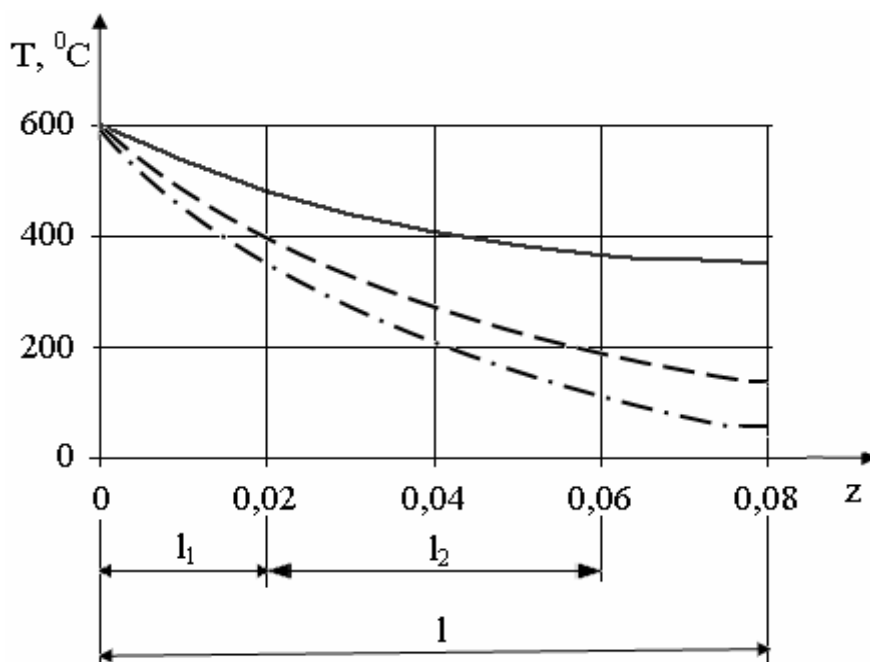
**Таблица 1 – Варианты и результаты расчета**

№	Наименование параметра, единицы измерения	Варианты					
		1	2	3	4	5	6
1	Радиус диска, $R_d$ , м	0,15	0,15	0,15	0,15	0,175	0,15
2	Материал диска	сталь	Al	Al	Al	Al	Al
3	Материал вала	12ХН	сталь	сталь	12ХН	12ХН	12ХН
4	Радиус выточки, $r_{вт}$ , м	0,012	0	0,012	0,012	0,012	0,012
5	Число дисков, $k$	1	1	1	1	1	2
6	Минимальная температура вала, $T_{min}$ , °C	354	183	150	83,4	71,1	50,8

Во всех рассмотренных вариантах, см. табл. 1, приняты одинаковыми радиус вала  $R_0=0,025$  м; длина вала от корпуса вентилятора до первого опорного подшипника  $L=0,08$  м; температура перемещаемой среды  $T_0=600$ °C; температура охлаждающей среды  $t_0=30$ °C; скорость вращения вала  $n=900$  об/мин; длина втулки диска  $l_2=0,04$  м; толщина диска  $\delta_d=0,008$  м. В число варьируемых параметров входили коэффициенты теплопроводности материала вала (для обычной конструктивной стали, варианты 2, 3 табл. 1, коэффициент теплопровод-

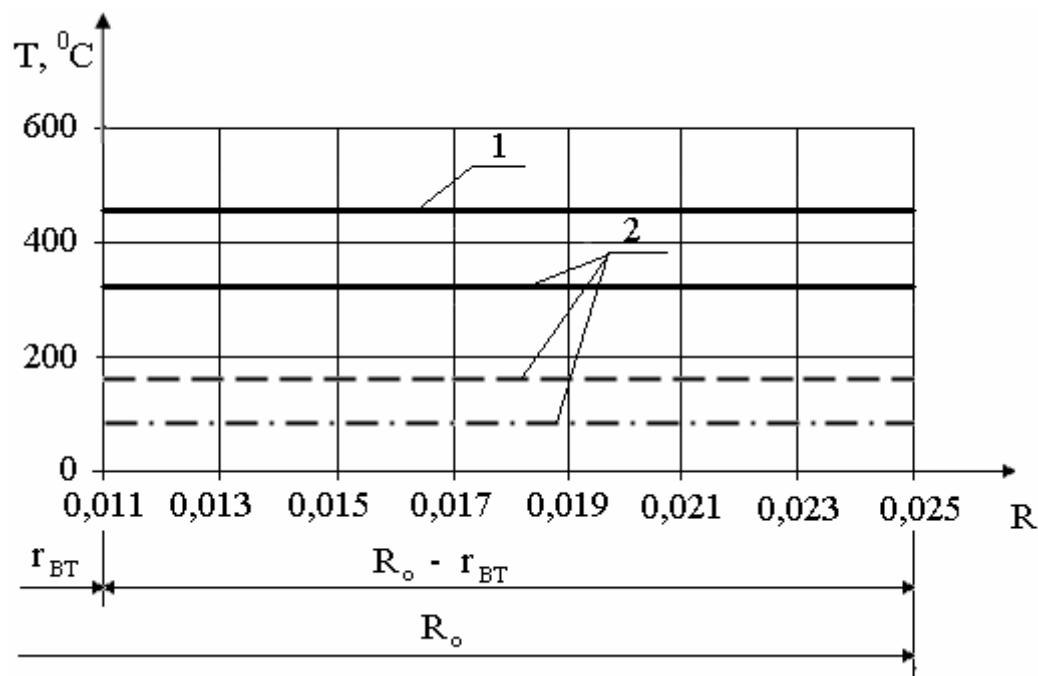
ности принимался  $\lambda=51,7$  Вт/(м К); для специальных хромистоникелевых сталей 12ХН2, характеризующихся существенно более низкими, чем обычные стали, коэффициентами теплопроводности  $\lambda=25,6$  Вт/(м К), варианты 1, 4, 5, 6 табл. 1). В расчетах рассмотрены диски двух видов – выполненные из конструкционной стали, вариант 1 табл. 1, и из алюминия, имеющего высокий коэффициент теплопроводности  $\lambda=232,6$  Вт/(м К), варианты 2–6 табл. 1. Расчеты проводились для одного ( $k=1$ ), варианты 1–5 табл. 1, и для двух ( $k=2$ ), вариант 2, охлаждающих дисков. Варьировался также диаметр охлаждающего диска  $R_d=0,15$  м, варианты 1, 4–6 табл. 1, и  $R_d=0,175$  м, вариант 5 табл. 1. Расчеты проводились с учетом наличия выточки в валу,  $r_{вт}=0,012$  м, варианты 1, 3–6 табл. 1, и при ее отсутствии, вариант 2 табл. 1. Для всех этих вариантов рассчитывалось двумерное поле температур и определялась величина минимальной температуры вала,  $T_{\min}$ , под первым опорным подшипником, см. табл. 1 и рисунки 1, 2.

На рис. 1 приведено распределение температур по длине вала на его поверхности  $T(z)$  для следующих вариантов, приведенных в таблице 1: сплошная линия – вариант 1; штриховая линия – вариант 3; штрихпунктирная линия – вариант 4. Сечение  $z=0$  соответствует наружной поверхности корпуса термовентильатора,  $z=L$  – сечение вала на входе в опорные подшипники.



**Рисунок 1 – Распределение температур по длине вала на его поверхности ( – – материал диска – сталь обыкновенная, вала – сталь 12ХН2; — – материал диска – алюминий, вала – сталь обыкновенная; -·- – материал диска – алюминий, вала – сталь 12ХН2)**

На рис. 2 представлено распределение температур по радиусу вала в сечении  $z=L/2$  (1) и перед опорными подшипниками при  $z=L$  (2). Сплошные линии, как и на рис. 1, соответствуют варианту 1 табл. 1, штрихованная – варианту 3 табл. 1, штрихпунктирная – варианту 4 табл. 1.



**Рисунок 2 – Распределение температур по радиусу вала. 1 – в сечении вала на длине  $z=L/2$ , 2 – в сечении вала перед опорным подшипником при  $z=L$  для вариантов 1 (сплошная линия), 3 (штрихованная линия), 4 (штрихпунктирная линия) табл. 1, соответственно**

Из анализа данных рис. 1 следует, что применение стального диска толщиной 0,008 м при исполнении вала из легированной стали (сплошная линия) не позволяет эффективно (до  $107^{\circ}\text{C}$ ) снизить температуру перед опорным подшипником, она продолжает оставаться на недопустимо высоком уровне  $T_{\min}=354^{\circ}\text{C}$  (см. табл.1). Использование алюминиевого диска вместо стального позволяет снизить  $T_{\min}$  до  $83,4^{\circ}\text{C}$  (штрихпунктирная линия). Из сравнения последнего варианта с вариантом, в котором вал выполнен из обыкновенной стали, а диск из алюминия (штриховая линия), следует, что замена материала вала с обычной конструктивной стали ( $\lambda=51,7 \text{ Вт}/(\text{м К})$ ) на легированную сталь 12ХН2 ( $\lambda=25,6 \text{ Вт}/(\text{м К})$ ) приводит к снижению минимальной температуры почти на 45% (со  $150^{\circ}\text{C}$  до  $83,4^{\circ}\text{C}$ ). Это объясняется снижением теплового потока вдоль вала при уменьшении его теплопроводности.

Из данных рис. 2 видно, что температура вдоль радиуса вала практически остается постоянной, что позволяет перейти от двумерной математической модели к одномерной задаче о распространении тепло-

---

---

ты в вале термовентилятора. Такое упрощение позволяет провести численный анализ влияния геометрических и физических факторов на температурные состояния вала у опорного узла для всего типоразмерного ряда радиальных вентиляторов для дымоудаления №№ 6,3; 8; 10; 12,5.

Из анализа данных табл.1 следует, что наличие выточки в валу снижает  $T_{\min}$  примерно на 12%, что следует из сравнения расчетных вариантов 2 и 3 табл.1. Сравнивая данные вариантов 4 и 5 табл.1, получаем, что увеличение диаметра диска с 300 до 350 мм для рассматриваемого радиального вентилятора позволяет уменьшить температуру перед опорой трения  $T_{\min}$  еще на 14%. Применение двух одинаковых охлаждающих дисков вместо одного (см. варианты 5 и 6 табл. 1) позволяет дополнительно снизить температуру  $T_{\min}$  примерно на 28%.

**Выводы.** Для предотвращения отказа систем противопожарной вентиляции зданий необходимо принимать конструктивные меры по охлаждению до предельно допустимых температур (100–107°C) валов термовентиляторов в месте посадки опорных подшипников.

Расчетные результаты, полученные на базе двумерной математической модели для расчета температурного состояния промежуточного вала вентилятора для дымоудаления [1] для термовентилятора типа ВР–85–66–6, 3, позволили оценить влияние конструктивных и физических параметров вала и охлаждающих дисков на уровень температур вала под опорным подшипником.

Так, замена материала промежуточного вала с обычной конструкционной стали на легированную хромисто–никелевую 12ХН2, изготовление охлаждающих дисков из алюминия, увеличение диаметра диска, применение двух одинаковых дисков вместо одного, позволяют снизить температуру вала перед узлом трения  $T_{\min}$  ниже допустимых величин.

Учитывая малость градиента температур по радиусу вала, можно от двумерной математической модели перейти к одномерной модели задачи об охлаждении валов термовентиляторов и на ее основе провести численный анализ конструктивных мероприятий по снижению  $T_{\min}$  для всего типоразмерного ряда радиальных вентиляторов для дымоудаления.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рябова И.Б., Сайчук И.В. Математическое моделирование процессов воздушного охлаждения валов вентиляторов для дымоудаления. // Проблемы пожарной безопасности. – Х.: УГЗУ, 2007. – Вып.21.– С.221–227.  
nuczu.edu.ua

Статья поступила в редакцию 14.09.2008 г.