

УДК 621.61/63

ТЕПЛОВЫЕ РЕЖИМЫ ПЕЧНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВАЛОВ ИЗ РАЗНЫХ СТАЛЕЙ

Л. А. Зайнуллин¹, М. В. Калганов¹, Д. В. Калганов¹, Н. А. Спирин²

¹ ОАО «ВНИИМТ» (г. Екатеринбург, Россия),

² ФГАОУ ВО УрФУ (г. Екатеринбург, Россия)

Расчеты, выполненные в ОАО «ВНИИМТ» и ФГАОУ ВО УрФУ по разработанной методике, показали, что вращающийся вал печного вентилятора нагревается по длине неравномерно. Температура ступицы рабочего колеса при работе в печном объеме близка к температуре перекачиваемого газа, а температура конца вала в районе соединительной муфты приблизительно равна температуре окружающей среды. На примере печного вентилятора Ц9-55 № 10 приведены результаты расчета нагрева валов из сталей 45 и 12Х18Н10Т с разными теплофизическими свойствами. Представленные материалы могут быть использованы при разработке и проектировании высокотемпературных вентиляторов для нагревательных и термических печей.

Ключевые слова: высокотемпературный вентилятор, конвективный теплообмен, вал вентилятора.

Использование высокотемпературных вентиляторов в качестве побудителей движения газовой среды в печах с конвективным типом теплообмена [1 – 4] позволяет существенно повысить производительность таких агрегатов и качество получаемой продукции, организовать циркуляцию потока газовой среды в объеме печи для интенсивного переноса тепла от его источников, например электронагревателей, к садке [5 – 9]. Поскольку вентилятор — неотъемлемая часть печного агрегата, необходимо учитывать тепловое воздействие на его отдельные узлы: рабочее колесо, вал и подшипники. Напряженный температурный режим работы подшипников выше допустимого при-

водит к снижению надежности работы вентилятора и преждевременному выходу его из строя.

Как правило, вентиляторы, применяемые в печах с рабочей температурой до 600 °С [10], например, для нагрева алюминиевых заготовок под штамповку, оснащаются валами, которые выполнены из сталей 45 или 40Х. Исследования [11, 12] показали, что вращающийся вал печного вентилятора нагревается по длине весьма неравномерно: температура ступицы рабочего колеса на рабочих режимах близка к температуре перекачиваемого газа, а температура конца вала в районе соединительной муфты приблизительно равна температуре окружающего воздуха. В результате этого применение валов из сталей 45 или 40Х ограничивается их прочностными свойствами, которые существенно снижаются при температурах в печи более 600 °С.

Тепловые режимы работы вращающихся валов печных вентиляторов из жаропрочных материалов ранее не исследовались. Используя методику ОАО «ВНИИМТ» и ФГАОУ ВО УрФУ, основанную на решении системы уравнений балансов тепловых потоков, составленных для каждого из расчетных участков вала, рассчитали распределение температуры по его длине для печного вентилятора Ц9-55 № 10 при следующих параметрах работы вентилятора:

Производительность, м ³ /ч	10000 – 40000
Температура газа в печи, °С	600
Температура окружающего воздуха, °С	25
Частота вращения вала, мин ⁻¹	200 – 1200

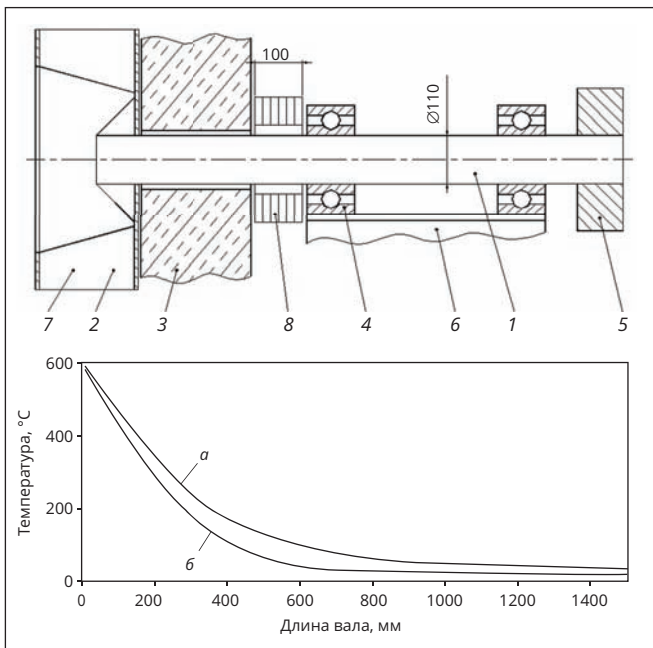


Рис. 1. Распределение температуры по длине вала печного вентилятора Ц9-55 № 10 при частоте вращения 600 мин⁻¹. Устройство охлаждения вала отсутствует. Материал вала: а — сталь 45; б — сталь 12Х18Н10Т; 1 — вал; 2 — ступица; 3 теплоизоляция; 4 — первый подшипник (ближний к печи); 5 — полумуфта (шквив); 6 — рама; 7 — рабочее колесо; 8 — устройство охлаждения (может отсутствовать)

На рис. 1 представлено распределение температуры валов по их длине из стали 45 и 12Х18Н10Т с разными теплофизическими свойствами. В условиях эксплуатации в печах коэффициент теплопроводности стали 12Х18Н10Т в 1,5 – 2,0 раза меньше, чем стали 45. Согласно результатам расчетов, температура на некоторых участках вала из стали 12Х18Н10Т на 40 – 60 °С ниже, чем в случае применения стали 45. Такое снижение температуры вала способствует повышению на-

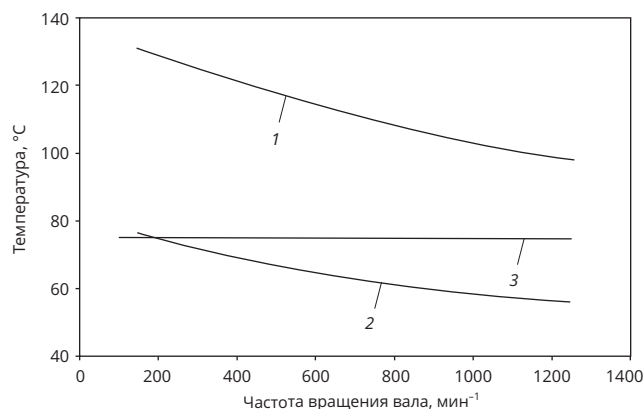


Рис. 2. Зависимости температуры вала из сталей 45 (1), 12X18H10T (2) в районе первого подшипника от частоты его вращения при использовании различных материалов; 3 — максимально допустимая температура вала. Температура в печи 600 °C

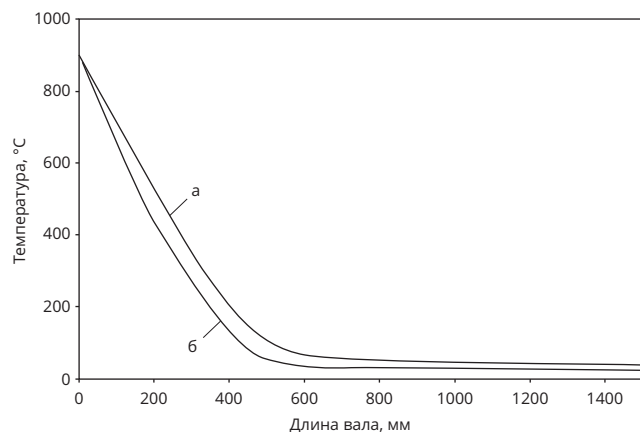


Рис. 3. Распределение температуры по длине вала из стали 20X23H18 при частоте вращения 600 мин⁻¹ (температура в печи 900 °C): а — без устройства охлаждения вала; б — с многодисковым охлаждающим устройством диам. 290 мм (см. рис. 1)

дежности работы вала вентилятора. Расчеты показали также, что температура вала в районе рабочего колеса близка к температуре печи 600 °C, вследствие этого запас прочности стали 45 в этом месте практически отсутствует, вал из стали 12X18H10T в этих условиях достаточно прочен.

Регулирование частоты вращения вала изменяет теплообменные параметры ходовой части вентилятора [13]. Увеличение, например, частоты вращения приводит к повышению скорости обдувки окружающим воздухом открытой поверхности вала, способствуя снижению его температуры.

На рис. 2 представлены зависимости температуры вала в районе первого подшипника от частоты вращения при использовании сталей 45 и 12X18H10T. При частоте вращения 600 мин⁻¹ применение стали 12X18H10T вместо стали 45 приводит к существенному снижению температуры вала в районе первого подшипника с 111 до 66 °C (на 45 °C). Допустимая температура подшипников по данным эксплуатационных служб завода превышает 75 °C, вал из стали 12X18H10T

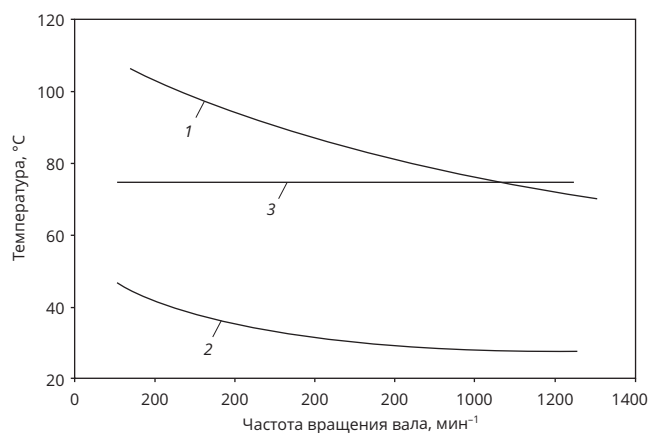


Рис. 4. Зависимость температуры вала из стали 20X23H18 в районе первого подшипника от частоты вращения вала (температура в печи 900 °C): 1 — без устройства охлаждения; 2 — с многодисковым устройством охлаждения диам. 290 мм (см. рис. 1); 3 — максимально допустимая температура вала

(в отличие от вала из стали 45) обеспечивает удовлетворительный тепловой режим работы всей ходовой части в исследованном диапазоне частот вращения от 200 до 1200 мин⁻¹.

При температуре перекачиваемого газа в печи 900 °C применение сталей 45 и 12X18H10T для вала не представляется возможным из-за их недостаточных прочностных свойств при данных температурных условиях [4]. На рис. 3 приведены данные расчетов нагрева вала рассматриваемого вентилятора в случае применения жаропрочной стали 20X23H18.

Кривая рис. 1, а соответствует распределению температуры по длине вала, который не оснащен устройством охлаждения (рис. 1, позиция 8 отсутствует). Применение, например, многодискового устройства охлаждения 8 диаметром 290 мм (МД 290) [14] способствует уменьшению нагрева вала в сопоставимых условиях на некоторых его участках примерно на 80 — 100 °C.

Из данных рис. 4, полученных в ходе тепловых расчетов, следует, что при 900 °C — температуре перекачиваемого газа в печи — нагрев вала вентилятора из стали 20X23H18 при отсутствии устройства воздушного охлаждения (кривая 1) приводит к перегреву первого подшипника во всем исследованном диапазоне изменения частоты его вращения от 200 до 1200 мин⁻¹. Нормальный температурный режим работы вентилятора (кривая 2) соблюдается в случае применения на открытой части вала устройства охлаждения МД 290. Температура вала в районе первого подшипника при этом составляет от 42 до 30 °C в зависимости от частоты вращения, что соответствует удовлетворительным условиям его эксплуатации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе разработанной методики проведены сравнительные расчеты нагрева вала, выполненного из разных сталей, по его длине. Для печей с температурой до 600 °C в случае применения в конструкции вентилятора вала из сталей 45 или 40X наблюдается

перегрев (выше 75 °С) подшипника, ближнего к наружной стенке печи. Для снижения теплового потока, распространяющегося вдоль вала, в этом случае рекомендуется увеличивать длину вала или применять устройство воздушного охлаждения [11]. Вал из стали 12X18H10T обеспечивает удовлетворительные температурные условия эксплуатации вентилятора независимо от чистоты его вращения.

Используемые в печах с температурой до 900 °С вентиляторы должны оснащаться валами из жаропрочной стали 20X23H18. Удовлетворительный температурный режим подшипников в этом случае реализуется при использовании устройств воздушного охлаждения [12, 14], интенсифицирующих теплоотвод от поверхности вращающегося вала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аптерман В. Н., Тымчак В. М. Протяжные печи. — М. : Metallurgy, 1960. — 320 с.
2. Дружинин Г. М., Ашимхин А. А., Маслов П. В. и др. Термическая печь с комбинированной системой отопления // Сталь. 2015. № 3. С. 70 — 74.
3. Зайнуллин Л. А., Калганов М. В., Калганов Д. В. и др. Создание печных электронагревателей с радиационно-конвективным способом теплообмена // Сталь. 2015. № 3. С. 75 — 77.
4. Казанцев Е. И. Промышленные печи. — М. : Metallurgy, 1975. — 367 с.
5. Bloom W. Jet heat reparation of waste furnace gases on strip lines // Iron and Steel Engineer. 1979. Vol. 12, P. 32 — 37.
6. Martin H. Heat and mass transfer between imprinting gas jets and surfaces // Advances in Heat Transfer. 1977. Vol. 13. P. 1 — 60.
7. Launder B. E., Rodi W. The turbulent wall jet // Prog. Aerospace Science. 1981. Vol. 19. P. 81 — 128.
8. Кузьмин И. И., Зубков С. В., Лыжин Ю. А. Совершенствование конструкции циркуляционного вентилятора колпаковых печей // Сталь. 2007. № 8. С. 89 — 91.
9. Султанов Н. Л., Мироненков Е. И., Жиркин Ю. В. Управление тепловым состоянием подшипниковых опор на стане-тандеме 2000 холодной прокатки ОМО ММК // Сталь. 2014. № 4. С. 71 — 73.
10. Зайнуллин Л. А., Калганов М. В., Калганов Д. В. Исследование эффективности охлаждения вращающегося вала печного высокотемпературного вентилятора // Изв. вузов. Черная металлургия. 2015. № 9. С. 662 — 666.
11. Зайнуллин Л. А., Калганов М. В., Калганов Д. В., Спири Н. А. Исследование эффективности охлаждения вала печного вентилятора, оснащенного устройствами стержневого типа // Изв. вузов. Черная металлургия. 2017. № 8. С. 651 — 655.
12. Зайнуллин Л. А., Калганов М. В., Калганов Д. В., Спири Н. А. Исследование эффективности охлаждения вращающегося вала печного вентилятора при использовании устройств однодискового типа // Изв. вузов. Черная металлургия. 2018. № 2 (1418). С. 73 — 77.
13. Зайнуллин Л. А., Калганов М. В., Калганов Д. В., Спири Н. А. Исследование тепловых режимов работы ходовой части печного вентилятора // Сталь. 2018. № 5. С. 37 — 39.
14. Зайнуллин Л. А., Калганов М. В., Калганов Д. В., Спири Н. А. Разработка и исследование устройств воздушного охлаждения вращающегося вала печного высокотемпературного вентилятора многодискового типа // Изв. вузов. Черная металлургия. 2017. № 6. С. 451 — 456.

Статья поступила 23.03.2020

Контактная информация

Данная статья опубликована в журнале Сталь № 5, 2020 г., посвященном 90 летнему юбилею научно-исследовательского института металлургической теплотехники ОАО «ВНИИМТ». Институт ВНИИМТ предлагает эффективные технологии переработки металлургического сырья и энергоэффективные печные агрегаты, горелочные устройства для металлургии и машиностроения.

Если Вас заинтересовала информация, представленная в данной статье, Вы можете обратиться по следующим координатам.

ОАО «Научно-исследовательский институт металлургической теплотехники»
(ОАО «ВНИИМТ»).

620137, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Студенческая, д. 16

Генеральный директор

Зайнуллин Лик Анварович

Тел. +7 (343) 374-03-80

Факс.: +7 (343) 374-29-23

Email: aup@vniimt.ru

www.vniimt.ru