

Е.А. Тиунов, М.Л. Хазин

ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рассмотрен перегрев как одна из основных причин выхода из строя газотурбинных двигателей, применяемых в горной и нефтегазовой промышленности. Проанализированы известные модели перегрева двигателей. Предложена новая модель теплового поля и движения газоздушных масс внутри блока двигателя. На основе анализа модели предложено новое устройство охлаждения.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель; модель; охлаждение; устройство; перегрев.

Одной из основных проблем газотурбинных двигателей является перегрев внутренней зоны двигателя из-за нагрева корпуса собственно двигателя за время его работы. Нагрев этой зоны усиливается при изнашивании уплотнений и утечке отработанного (окисленного) газа из газовыпускной части двигателя. Температура нагрева зоны может достигать 100 °С, что создает дополнительное тепловое воздействие на системы газотурбинных установок и является прямым источником высокой степени пожарной опасности.

Для оптимизации конструкции системы вентиляции и повышения ее эффективности необходимо разработать соответствующую математическую модель. Рассмотрим возможную модернизацию на примере агрегата типа ГПА-Ц-16 [1].

Предложенная система охлаждения основывается на комплексном учете движения конвекционных потоков внутри блока двигателя. Для описания движения конвекционных потоков внутри блока двигателя была разработана математическая модель движения воздушной среды и распределения температуры внутри блока двигателя [2].

Изучение процессов распространения тепла внутри корпуса ГТУ проводили на основе уравнения диффузии [3]. Задача не может быть решена для исследуемого объема аналитическими методами, поэтому использовали численное решение на ЭВМ с помощью программных комплексов MATLAB и FLOW-3D.

Изучение процессов движения воздуха внутри корпуса ГТУ выполняли на основе уравнения Навье–Стокса с учетом уравнений состояния и теплопроводности:

$$p \left(\frac{\partial v_i}{\partial t} + v_k \frac{\partial v_i}{\partial x_k} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_k} \left\{ \mu \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_k} + v_k \frac{\partial v_k}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{i,k} \frac{\partial v_l}{\partial x_l} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial x_l} \left(\zeta \frac{\partial v_l}{\partial x_l} \delta_{i,k} \right),$$

где μ – коэффициент динамической вязкости (сдвиговая вязкость); ζ – «вторая вязкость», или объемная вязкость; $\delta_{i,k}$ – дельта Кронекера.

Для решения уравнения были приняты следующие граничные условия:

Для уравнения Навье–Стокса:

- скорости движения воздуха на границе эжектора 12 м/с;
- давление воздуха на границе диффузора вентилятора 2000 Па.

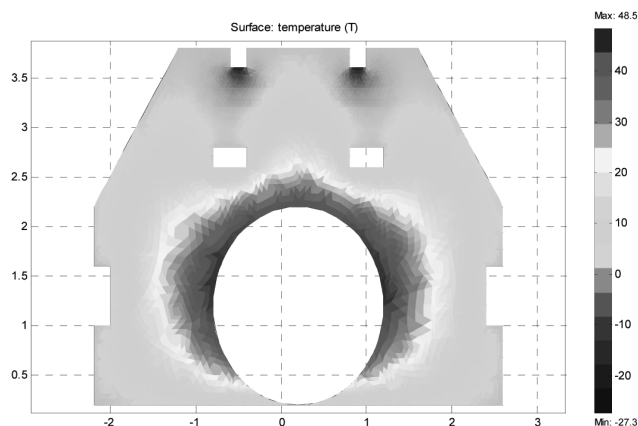


Рис. 1. Распределение температуры воздуха внутри корпуса ГТУ стандартной конструкции

Для уравнения теплопроводности:

- температура поверхности двигателя 95 °С;
- температура внешней среды 10 °С.

На основании исследования были получены:

1. Модель распределения воздушных тепловых потоков в блоке двигателя;
2. Распределение скоростей воздуха и градиента теплового поля внутри корпуса ГТУ (рис. 1).

Анализ модели показал, что снижение температуры воздуха корпуса ГТУ может быть получено за счет совместного включения потолочного вентилятора и открытия заслонок корпуса [4].

Моделирование систем охлаждения позволило определить рациональные параметры конструкции блока и диффузора вентилятора, позволяющих значительно снизить температуру воздуха внутри корпуса ГТУ (рис. 2).

Испытания, проведенные в условиях ООО «Уралтрансгаз», подтвердили результаты моделирования по снижению температуры внутри блока двигателя за

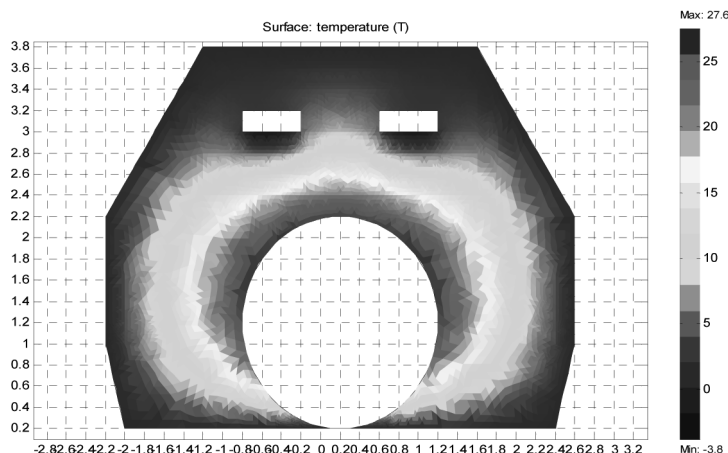


Рис. 2. Распределение температуры воздуха внутри корпуса ГТУ после модернизации

счет предложенной системы вентиляции. Кроме того, оптимизация конвекционных потоков внутри блока двигателя ГТУ позволила повысить продуктивность установки на 50–60% за счет улучшения режима работы: сокращения простоев на охлаждение и ремонт.

Таким образом, снижение температуры внутри блока двигателя позволяет значительно повысить как эффективность вспомогательных систем (смазки, КИПиА), так и надежность газотурбинных двигателей в целом.

С учетом высокой стоимости двигателей представляется возможность получения существенного экономического эффекта и снижения эксплуатационных затрат на единицу перекачиваемого объема за счет применения предложенного метода охлаждения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шуровский В.А., Зайцев Ю.А. Газотурбинные газоперекачивающие агрегаты. – М.: Недра, 1994. – 192 с.
2. Тиунов Е.А., Хазин М.Л. Моделирование воздушной среды реконструированного образца блока двигателя ГПА-Ц-16 / Математическое моделирование механических явлений: материалы Всероссийской научно-технической конференции. – Екатеринбург: УГГУ, 2011. – С. 63–66.
3. Варгафтик Н.Б., Филиппов Л.П., Тарзиманов Ф.А., Тощкий Е.Е. Справочник по теплопроводности жидкостей и газов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.
4. Тиунов Е.А., Хазин М.Л. Исследование системы охлаждения газотурбинных двигателей горных и нефтегазовых машин // Известия вузов. Горный журнал. – 2012. – № 7. – С. 67–71. **ПИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Тиунов Егор Александрович – аспирант, e-mail: egor.tiunov@m.ursmu.ru,
Хазин Марк Леонтьевич – доктор технических наук, профессор, e-mail: Khasin@ursmu.ru,
Уральский государственный горный университет.

UDC 621.438.001.4

THE MODERN TECHNIQUES OF THE OF GAS TURBINE COOLING SYSTEM DESIGN ENGINES IN THE MINING INDUSTRY IS APPLICATION

Tiunov E.A.¹, Graduate Student, e-mail: egor.tiunov@m.ursmu.ru,
Khazin M.L.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: Khasin@ursmu.ru,
¹ Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.

Overheating is a major cause of failure of gas turbine engines used in the mining and petroleum industries. The known models overheating engines was analyzed and new model of the thermal field and motion-gas mass inside the engine block was proposed. The model of a new cooling device suggested.

Key words: gas turbine engine, model, cool, device, overheating.

REFERENCES

1. Shurovskii V.A., Zaitsev Yu.A. *Gazoturbinnye gazoperekachivayushchie agregaty* (Gas-turbine pumping plants), Moscow, Nedra, 1994, 192 p.
2. Tiunov E.A., Khazin M.L. *Matematicheskoe modelirovanie mekhanicheskikh yavlenii: materialy Vserossiiskoi nauchno-tekhnikeskoi konferentsii* (Mathematical modeling of mechanical phenomena: All-Russian Scientific Conference Proceedings), Ekaterinburg, UGGU, 2011, pp. 63–66.
3. Vargaftik N.B., Filippov L.P., Tarzimanov F.A., Totskii E.E. *Spravochnik po teploprovodnosti zhidkosti i gazov* (Reference book on heat conduction of liquids and gases), Moscow, Energoatomizdat, 1990, 352 p.
4. Tiunov E.A., Khazin M.L. *Izvestiya vuzov. Gornyi zhurnal*. 2012, no 7, pp. 67–71.