

УДК 532.526

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПУСКОВОГО РЕЖИМА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Володин Юрий Гурьянович¹, доцент, кандидат технических наук

e-mail: yu.g.volodin@mail.ru

Марфина Ольга Павловна², кандидат технических наук

e-mail: o.marfina@mail.ru

Матвеев Юрий Иванович³, профессор, доктор технических наук

e-mail: kaf_eseu@vsuwt.ru

¹ Институт морского и речного флота имени Героя Советского Союза М.П. Девятаева – Казанский филиал Волжского государственного университета водного транспорта, Казань, Республика Татарстан, Россия

² Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Казань, Республика Татарстан, Россия

³ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В работе представлена информация об экспериментальном стенде, на котором возможно моделировать различные режимы работы газотурбинного двигателя. Выполнено подробное описание конструкции экспериментального стенда, первичных средств измерения параметров газового потока. Скорость увеличения температуры газового потока составила 12000 К/с, а ускорение скорости потока достигало величины 700 м/с². Приведены величины среднеквадратичных погрешностей параметров в выполняемых экспериментах.

Ключевые слова: экспериментальный стенд, эксперимент, пусковой режим, газотурбинный двигатель, нестационарность, теплоотдача.

EXPERIMENTAL MODELING OF THE STARTING REGIME OF THE GAS TURBINE ENGINE

Volodin Yuriy Guryanovich¹, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences

e-mail: yu.g.volodin@mail.ru

Marfina Olga Pavlovna², Candidate of Technical Sciences

e-mail: o.marfina@mail.ru

Matveyev Yuriy Ivanovich³, Professor, Doctor of Technical Sciences

e-mail: kaf_eseu@vsuwt.ru

¹ Institute of Maritime and Inland Shipping named after Hero of the Soviet Union M.P. Devyataev – Kazan branch of Volga State University of Water Transport Kazan, Republic of Tatarstan, Russia

² Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia

³ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The work presents information about the experimental stand on which it is possible to simulate various modes of operation of the gas turbine engine. A detailed description of the design of the experimental stand was made, the primary instruments of measuring the gas flow parameters. The rate of increase in the temperature of the gas flow was 12,000 f/s, and the acceleration of the flow rate reached the size of 700 m/s². The values of the mid-circuit errors of the parameters in the experiments performed are given.

Key words: experimental stand, experiment, launch regime, gas turbine engine, unsteady-state, heat transfer.

В исследовательской практике наиболее достоверную информацию позволяют получить выполняемые экспериментальные исследования [1 – 4]. В тоже время, имеется целый ряд современных технических устройств, выполнение экспериментальных исследований в которых крайне затруднено. В особенности это относится к энергосиловым установкам, приводящим в движения транспортные средства, в частности, к газотурбинным двигателям. В целом, если говорить об энергосиловых установках, то здесь большой интерес вызывает рабочий процесс, т.е. вопросы, связанные с течением и теплообменом рабочего тела, в рабочем цикле установки. Выполнить такие исследования на работающем двигателе очень сложно. Но можно смоделировать тот или иной режим работы двигателя на экспериментальном стенде. С этой целью разработан и изготовлен экспериментальный стенд, схема которого приведена на рисунке 1. Стенд выполнен в виде аэродинамического

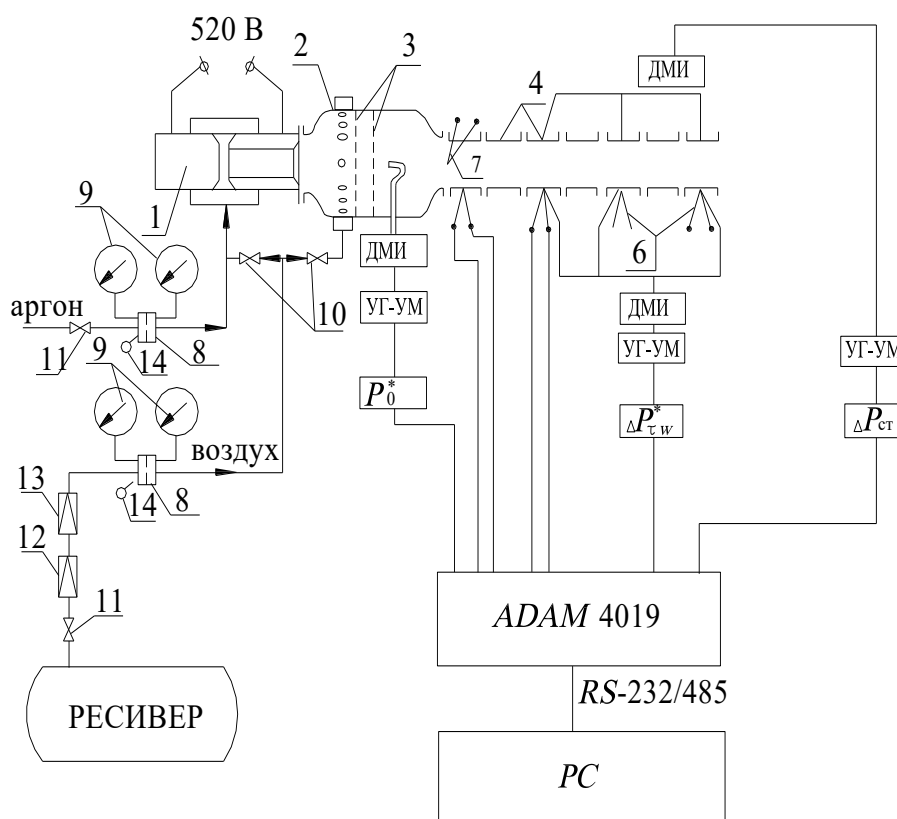


Рисунок 1 – Принципиальная схема экспериментального стенда:

- 1 – плазмотрон; 2 – форкамера; 3 – выравнивающие решетки; 4 – секции экспериментального канала; 6 – ХК микротермопары; 7 – ХА микротермопара; 8 – расходомерная диафрагма; 9 – образцовые манометры; 10 – регулировочные краны; 11 – запорный кран; 12, 13 – фильтры грубой и тонкой очистки; 14 – термометр

контура разомкнутого типа. Для моделирования пускового режима используется техническое устройство, называемое плазмотроном, который позволяет за короткий промежуток времени достичь высоких значений температуры рабочего тела, т.е. в момент включения. При этом температура газового потока увеличивается с производной 12000 градусов в секунду и более, а скорость потока – 700 м/с². Изучение теплообменных процессов проводилось в экспериментальном канале, который представляет собой короткую (длиной семь калибров) тонкостенную (толщина стенки 0,08 мм) трубу диаметром 45 мм (рис. 2). Малая толщина стенки при критерии Био много меньше единицы позволяет размещать микротермопары на внешней поверхности трубы. Для получения информации о стремительно изменяющейся обстановке в канале также измерялась температура газового потока на входе в экспериментальный канал и, кроме того, полное давление в форкамере, распределение статических давлений и касательных напряжений трения по длине канала и во времени. Продолжительность эксперимента составляла 0,5 секунды. Вся получаемая от датчиков информация в реальном масштабе времени поступала в компьютер, сохранялась там и обрабатывалась. В середине секции находилось измерительное сечение, в котором располагались ХК микротермопары [5 – 7], отборные устройства для измерения статических давлений и датчики трения «трубка-выступ» [7 – 8]. Эти сечения присутствовали на 3-ей, 5-ой и 7-ой секциях экспериментального канала. Кроме этого, на первой секции канала имелась ХК микротермопара.

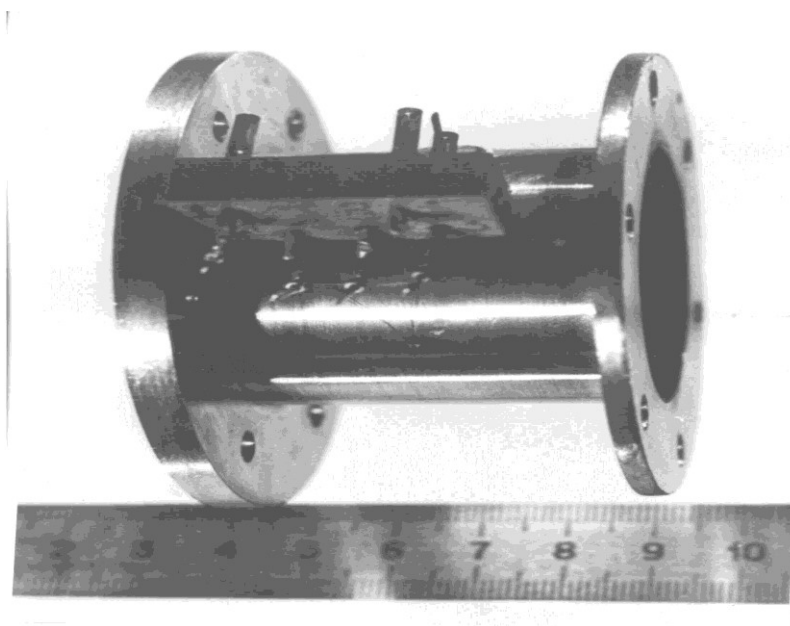


Рисунок 2 – Секция экспериментального канала

Проводимые экспериментальные исследования позволяют получать информацию со среднеквадратичной погрешностью [9]: 0,75% для температуры газового потока, 1,6% для скорости газового потока, 9,2% для коэффициента трения и 9,5% для коэффициента теплоотдачи.

Список литературы:

1. [Volodin, Y.](#) Nonsteady transfer of heat in the initial segment of a cylindrical tube // Journal of Engineering Physics. – 1989 – № 57(4) – p. 1166 – 1168.
2. [Volodin, Y.](#) Unsteady effects and heat-transfer when starting up power plant // Thermal Engineering – 2007 – № 54(5) – p. 399 – 402.

3. Володин, Ю.Г. Исследование теплообмена при пуске энергоустановки // Теплоэнергетика. – 2007. – № 5. – С. 61 – 63.
4. Володин Ю.Г., Матвеев Ю.И., Храмов М.Ю. Теплообмен и трение в каналах судовых газотурбинных энергетических установок при изменении динамики увеличения температуры рабочего тела // Вестник Астраханского государственного технического университета. – № 3. – 2018. – С. 50 – 57.
5. Ярышев Н. А. Теоретические основы измерения нестационарных температур. Л. "Энергия", 1990. – 256 с.
6. Володин Ю.Г. Исследование тепловой инерционности микротермопар / Ю.Г. Володин, И.Ф. Закиров, К.С. Федоров, М.В. Яковлев // Датчики и системы. – 2007. – № 6. – С. 33 – 35.
7. Володин Ю.Г., Федоров К.С. Теплоотдача и трение в пусковых режимах энергетических установок. – Санкт-Петербург. Изд. «Инфо-да». 2009. – 132 с.
8. Володин, Ю.Г., Марфина, О.П., Богданов, А.Н., Цветкович, М.С., Кузнецов, А.Б. Измерение касательных напряжений трения в нестационарном газовом потоке/ Ю.Г. Володин, О.П. Марфина, А.Н. Богданов, М.С. Цветкович, А.Б. Кузнецов // Датчики и системы. – 2009. – № 2. – С. 34 – 36.
9. Володин Ю.Г. Об определении погрешностей в нестационарном теплофизическом эксперименте. – Казань., 1986. – 7 С. – Деп. в ОНИИТЭХИМ г. Черкассы. 16.01 1986. – № 201 хп – 86.

