

---

УДК 621.452.32

## УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ МАЛОРАЗМЕРНОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

**Сидоренко А.В.**, студент 4 курса факультета авиационных двигателей, энергетики и транспорта, **Сенюшкин Н.С.**, зам. декана факультета авиационных двигателей, энергетики и транспорта  
**Научный руководитель – Сенюшкин Н.С.**, кандидат технических наук, доцент, зам. декана факультета авиационных двигателей, энергетики и транспорта  
**ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»**

***Ключевые слова:** малоразмерный газотурбинный двигатель, датчик, измеряемые параметры, диапазоны измерения, схема подключения.*

*Работа посвящена разработке экспериментальной установки для проведения приемо-сдаточных испытания воздушно-реактивных двигателей малой тяги. При помощи данной установки можно определить основные параметры и характеристики малоразмерного ГТД на различных режимах его работы.*

**Введение.** В СКБ Прикладной теплотехники кафедры АТиТ Уфимского университета (до ноября 2022 – УГАТУ) был разработан малоразмерный ГТД. Работа выполняется в рамках гранта «Студенческий стартап». В работе [1] приведен термогазодинамический расчет двигателя в системе математического моделирования DWIGwT 7.12c, на основе которого разработан отечественный малоразмерный ГТД. Важным этапом является проверка фактической работы двигателя и его характеристик на различных режимах. Поэтому целью данной работы является разработка стенда для проведения приемо-сдаточных испытаний малоразмерного газотурбинного двигателя тягой до 25 кг.

На первом этапе необходимо определиться с основными при испытании параметрами двигателя. В нашем случае это:

- 1) тяга;
- 2) удельная тяга;
- 3) удельный расход топлива;
- 4) степень повышения давления в компрессоре;
- 5) температура газов за камерой сгорания;
- 6) расход воздуха на входе.

Для их определения мы будем измерять:

- 1) усилие по смещению двигателя по оси стенда;
- 2) расход топлива (управляющий параметр);
- 3) давление и температуру газа за турбиной;
- 4) давление и температуру воздуха за компрессором;
- 5) температуру и влажность окружающей среды;
- 6) дифференциальное давление между статическим давлением на

входе и атмосферным;

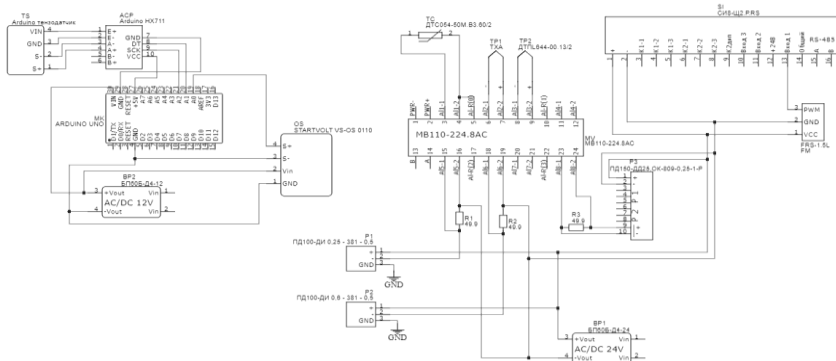
- 7) концентрацию кислорода на выходе;
- 8) частоту вращения ротора.

Далее на основании термогазодинамического расчета двигателя [1] были выбраны основные диапазоны измерений датчиков, а так же сами датчики с учетом необходимых нам характеристик (класс точности, изготовление модели и т.д.) (таблица 1). Для измерения частоты вращения было принято решение использовать тахометр вместо датчика.

Для снятия показаний расходомера будет использоваться счётчик импульсов с RS-485 СИ8-Щ2.P.RS. С тензодатчика (через модуль АЦП НХ711) и лямбда-зонда показания будут сниматься при помощи микроконтроллера Arduino Uno с выводом на ПК. Показания остальных датчиков будут приходить на 8-канальный модуль аналогового ввода МВ110-224.8А. СИ8-Щ2.P.RS и МВ110-224.8А питаться от блока питания 24 В БП60Б-Д4-24, а схема с Arduino Uno – от блока 12 В БП60Б-Д4-12 (Рис. 2).

**Таблица 1 – Выбор диапазона измерения и датчиков для основных параметров двигателя**

Измеряемый параметр	Результат термогазо-динамического расчета	Диапазон изменений параметра	Датчик	Диапазон измерения датчика
Тяга	0,24 кН	0-25 кг	ARDUINO тензодатчик 20КГ	0...40 кг
Расход топлива	0,0040817 кг/с	0-20 г/с	Расходомер FRS-1.5L	0,15...1,5 л/мин
Давление за турбиной	123,15 кПа	0-150 кПа	Датчик избыточного давления ПД100-ДИ 0,25 – 381 – 0,5	0,1...0,25 Мпа
Температура за турбиной	894,77 К	0-900 К	Термопара тип К	0...+800 °С
Давление за компрессором	303,975 кПа	0-500 кПа	Датчик избыточного давления ПД100-ДИ 0,6 – 381 – 0,5	0,1...0,6 Мпа
Температура за компрессором	439 К	0-500 К	Термопара ДТПЛ644-00.13/2	-40...+400 °С
Температура окружающей среды	288,15 К	0-300 К	Терморезистор ДТС054-50М.В3.60/2	-50...+150 °С
Дифференциальное давление	15 кПа	0-20 кПа	Датчик дифференциального давления ПД150-ДД25,ОК-809-0,25-1-Р	до 25 кПа
Концентрация кислорода на выходе	-	0-100 %	Лямбда-зонд STARTVOLT VS-OS 0110	0...100 %



**Рис. 1 – Схема подключения измерительной системы испытательного оборудования**

**Закключение.** Таким образом, был разработан стенд для испытания малоразмерных газотурбинных двигателей на различных режимах работы. В дальнейшем этот стенд будет собран и использован для проведения приемо-сдаточных испытаний опытного образца ВРД малой тяги.

### **Библиографический список:**

1. Сидоренко А.В., Сенюшкин Н.С. Газодинамическое проектирование турбореактивного двигателя малой тяги // Мавлютовские чтения : материалы XVI Всероссийской молодежной научной конференции : в 6 томах [Электронный ресурс] / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа : УГАТУ, 2022.С.521-526.- URL:[https://ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El\\_izd/2022%E2%80%9090199.pdf](https://ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El_izd/2022%E2%80%9090199.pdf)

2. Горюнов И.М. Термогазодинамические расчеты гтд и теплоэнергетических установок с использованием системы DVIGwT. Уфа: УГАТУ, 2006. 9 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22020560>

## **UNIT FOR ACCEPTANCE TESTING OF A SMALL GAS TURBINE ENGINE**

**Sidorenko A.V.**

**Keywords:** *small gas turbine engine, sensor, measuring parameters, measuring ranges, connection diagram.*

*The work is devoted to the development of an experimental setup for conducting acceptance tests of air-jet engines of low thrust. With the help of this unit it is possible to determine the main parameters and characteristics of small-scale GTE in various modes of its operation.*