

## ВЛИЯНИЕ ВИДОВ ТОПЛИВА НА ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЕКУПЕРАТИВНЫХ МАЛОГАБАРИТНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

Чу В.Ч.

Санкт Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт Петербург,  
turbotechvn95@gmail.com

*Ключевые слова:* расчет тепловой схемы, малогабаритные газотурбинные установки, горение топлива, теплоемкость рабочего тела.

Современные малогабаритные газотурбинные установки (МГТУ) работают по циклу Брайтона с регенерацией. Одним огромным преимуществом МГТУ является то, что такие установки могут работать на различных видах топлива в разных условиях. На результат расчета тепловой схемы МГТУ существенно влияют виды топлива, такие как дизельное топливо и природный газ [1, 2]. С экологической точки зрения перспективно исследование и использование локальных альтернативных возобновляемых видов топлива, таких как синтетический газ, водородное топливо [3]. В данной работе при процессе горения разных видов топлива продукты сгорания будут рассматриваться чистыми и идеальными газами. В расчете предусматривается смесь продуктов сгорания, содержащих газы  $RO_2$  ( $CO_2$ ,  $SO_2$ ),  $H_2O$ ,  $N_2$  и  $O_2$  избыточный в воздухе после горения топлива в камере сгорания [4]. Таким образом, с помощью языка программирования Python была построена математическая модель для определения средней удельной теплоемкости продуктов сгорания при разном их составе на основе формулы,  $кДж.кг^{-1}.К^{-1}$ :

$$C_{P,z} = \frac{[RO_2] \cdot M_{RO_2} \cdot C_{P,RO_2} + [H_2O] \cdot M_{H_2O} \cdot C_{P,H_2O} + [N_2] \cdot M_{N_2} \cdot C_{P,N_2} + [O_2]^{изб} \cdot M_{O_2} \cdot C_{P,O_2}}{[RO_2] \cdot M_{RO_2} + [H_2O] \cdot M_{H_2O} + [N_2] \cdot M_{N_2} + [O_2]^{изб} \cdot M_{O_2}} \quad (1)$$

Газовая постоянная продуктов сгорания,  $кДж.кг^{-1}.К^{-1}$ :

$$R_z = \frac{8,3145}{[RO_2] \cdot M_{RO_2} + [H_2O] \cdot M_{H_2O} + [N_2] \cdot M_{N_2} + [O_2]^{изб} \cdot M_{O_2}} \quad (2)$$

где  $[RO_2]$ ,  $[H_2O]$ ,  $[N_2]$ ,  $[O_2]^{изб}$  – объемные доли составляющих смесь продуктов сгорания ( $RO_2$  ( $CO_2$ ,  $SO_2$ ),  $H_2O$ ,  $N_2$  и  $O_2$ );

$M_{RO_2}$ ,  $M_{H_2O}$ ,  $M_{N_2}$ ,  $M_{O_2}$  – молекулярные веса газов, составляющих продуктов сгорания;

$C_{P,RO_2}$ ,  $C_{P,H_2O}$ ,  $C_{P,N_2}$ ,  $C_{P,O_2}$  – удельные теплоемкости газов, составляющих смесь продуктов сгорания.

Расчет тепловой схемы рекуперативных МГТУ выполнен на базе методики [4]. Результаты приведены в табл.1 для рассмотренной МГТУ мощностью 30 кВт. Данная МГТУ одновальная имеет одноступенчатый компрессор радиального типа с низкой степенью повышения давления  $\pi_k^* = 3,5$ . Степень регенерации в данном расчете равна 0,90.

*Таблица 1 – Результаты расчетов основных показателей рекуперативной МГТУ мощностью 30 кВт при горении разных видов топлива в температуре газа перед турбиной 1100 К*

Вид топлива	Химический состав	Эфф. КПД	Удельная работа, кДж/кг	Расход топлива, кг/с
Дизельное топливо	$C^p=86,9$ ; $H^p=9,2$ ; $O^p=0,3$ ; $N^p=0,3$ ; $S^p=0,7$ ; $A^p=2,3$ ; $W^p=1,32$ (массовые доли)	0,354	140,72	0,0023
Природный газ	$CH_4=92,2$ %; $C_2H_6=0,8$ %; $C_4H_{10}=0,1$ %; $N_2=6,9$ % (объемные доли)	0,350	143,23	0,0021
Биогаз	$CH_4=60$ %; $CO_2=40$ % (объемные доли)	0,348	146,12	0,0049
Аммиак	100 % $NH_3$ (объемные доли)	0,343	153,16	0,0047
Водород	100 % $H_2$ (объемные доли)	0,349	145,64	0,0007

Авторский метод в работе для определения удельной теплоемкости при разном составе продуктов сгорания целесообразен применяться в расчетах тепловой схемы МГТУ работающей на различные традиционные углеводородные топлива, как и альтернативные «чистые» топлива. Результат расчета тепловой схемы МГТУ мощностью 30 кВт в температуре газа перед турбиной равной 1100 К в табл. 1 показан, что перспективен переход использования водородного за традиционные углеводородные топлива благодаря не только удовлетворению по снижению выбросов в атмосферу, но и возможности повышения полезной мощности установки при низком расходе топлива.

### **Список литературы**

1. Kolanowski V.F. Guide to microturbines. The Fairmont Press, Inc., 2004. 246 с.
2. Рассохин В.А., Забелин Н.А., Матвеев Ю.В. Основные направления развития микротурбинных технологий в России и за рубежом // Глобальная энергия. 2011. № 4 (135). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnyie-napravleniya-razvitiya-mikroturbinnih-tehnologiy-v-rossii-i-za-rubezhom> (дата обращения: 07.02.2023).
3. Pozzana G., Bonfanti N., Frigo S., Doveri. A Hybrid Vehicle Powered by Hydrogen and Ammonia // SAE Technical Paper 2012-32-0085. 2012. URL: <https://doi.org/10.4271/2012-32-0085> (дата обращения: 07.02.2023).
4. Барсков В.В., Рассохин В.А. Расчет тепловой схемы газотурбинной установки. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. 38 с.

### **Сведения об авторе**

Чу В.Ч., аспирант. Область научных интересов: малогабаритные газотурбинные установки, аддитивные технологии, параметрические оптимизации рабочего цикла установки.

## **IMPACT OF THE FUEL TYPES ON THE MAIN INDICATORS OF RECUPERATIVE MICRO GAS TURBINE UNITS**

Chu V. Ch.

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia,  
turbotechvn95@gmail.com

*Keywords: calculation of thermal scheme, micro gas turbine units, fuel combustion, heat capacity of the working fluid.*

The Brayton cycle with regeneration for micro gas turbine units is more efficient to minimize the unit cost of power and heat generation. Following the combustion process, the working fluid through the turbine is often a mixture of numerous gases with varying compositions. In order to limit the consumption of traditional fossil fuels and reduce emissions of harmful substances into the environment, it is necessary to develop appropriate methods for calculating the specific heat capacity of the combustion products of the fuel used to operate the engine. This improves the accuracy of accuracy of the gas turbine thermodynamic and performance analysis. In the article demonstrated an authorize method for determining the specific heat capacity of combustion products during the combustion of various types of fuel (diesel fuel, natural gas, ammonia, hydrogen, biogas) and investigated the impact of this determined value on the key indicators of a typical 30 kW recuperative micro gas turbine unit. The results of the study can used to calculate the thermal scheme of micro gas turbine units that run on promising alternative fuels.