



Рис. 2. Амплитудно-частотная характеристика для верификации

Как видно из результатов работы, оба программных комплекса показали хорошее соответствие результатов расчёта с экспериментальными данными. Современные возможности ANSYS в области расчёта критических частот вращения роторных систем практически любой сложности не уступают специализированным программным продук-

там. С учётом роста вычислительных мощностей расчётных ПК, выбор программного продукта теперь может быть обусловлен конкретной поставленной задачей. Преимущество специализированных программ типа DYNAMICS R4 сводится к скорости создания расчётной модели и времени выполнения расчёта.

УДК 621.45.022.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЕНИЯ СМЕШАННОГО И СИНТЕТИЧЕСКОГО ТОПЛИВА В УСЛОВИЯХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ПРОТИВОТОКА

© 2018 В.В. Кононова¹, А.И.Гурьянов²

¹ПАО ОДК «Сатурн», г. Рыбинск

²Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А. Соловьева

RESEARCH OF COMBUSTION OF MIXED AND SYNTHETIC FUEL UNDER CONDITIONS OF GAS DYNAMIC CURVE

Kononova V.V. (UEC-Saturn, Rybinsk, Russian Federation)

Gur'yanov A.I. (Soloviev Rybinsk State Aviation Technical University, Rybinsk, Russian Federation)

During work the review of perspective schemes of the organization of working process in a combustor with use of the alternate types of fuel, including syngas, with providing requirements to gas-turbine installations from the point of view of emissions of pollutants of the nature. Researches of features of process of combustion of the composite fuels containing products of catalytic conversion of a methane (syngas) in the conditions of a gas dynamic countercurrent are executed. The complex of the pilot studies of the counter-current of a torch, the syngas working at a methane with additives is carried out, ranges of concentration of steady combustion of fuel-air mix and the characteristic of emissions for nitrogen oxides, the unburnt hydrocarbons and monoxides of carbon are determined. The model of the device of a countercurrent torch which realizes combustion with low level of emissions of composite fuel of a methane and syngas in the wide range of coefficient of excess of air is developed.

Среди общих проблем устройств сжигания топлива главными являются: достижение высокой полноты сгорания, широкого концентрационного диапазона устойчивого горения, сокращение выбросов загрязняющих атмосферу веществ. Доступные результаты исследований различных авторов [1-4]

показали, что организация горения в условиях закрутки и противотока течения позволяет обеспечить выполнение большинства из перечисленных требований. В подавляющем большинстве известных исследований сказано, что добавка синтез-газа к основному углеводородному топливу позволяет увеличить

скорость и полноту сгорания, это приводит к уменьшению эмиссии вредных веществ. Но в мировой практике нет исследований, направленных на изучение горения синтез-газа в газодинамическом противотоке. Переход на новый принцип организации горения в камере сгорания газотурбинной установке, лишённый большинства недостатков схем бедного горения, в том числе и с использованием синтез-газа, возможен на основе противоточной газодинамической схемы организации смешения и горения в камере [5]. Данная работа посвящена описанию особенностей горения синтетического топлива в условиях противотока, представляющих интерес с точки зрения возможностей расширения концентрационного диапазона устойчивого горения и сокращения эмиссионных выбросов и разработке на основе полученных данных противоточного горелочного модуля на синтез-газе. В рамках выполненного комплекса экспериментальных исследований выявлен положительный эффект влияния добавок синтез-газа на концентрационный предел устойчивого горения. Анализ результатов исследований показал, что диапазон устойчивого горения синтез-газа в сравнении с метаном расширяется в 4 раза при объёмной доле синтез-газа в диапазоне от 10 до 80 %. Это связано с ростом процента водорода в составе смеси. При 100% добавке синтез-газа бедный срыв происходит при коэффициенте избытка воздуха, равном 19. Результаты исследований по сжиганию топлива показали, что перевод устройств горения на синтетический газ сопровождается двукратным снижением эмиссии оксидов азота во всем концентрационном диапазоне устойчивого горения, относительно горения метана. Объёмная доля целесообразной добавки синтез-газа, составляющая 15%, позволяет сократить эмиссию оксидов азота при горении в условиях газодинамического противотока в 1,5 раза относительно горения метана во всём диапазоне по коэффициенту избытка воздуха. Эмиссия несгоревших углеводородов в богатой области горения уменьшается 7,7 раз, в области бедного горения снижается в 1,8 раза, в случае стехиометрического горения концентрация

уменьшается в 42 раза. Эмиссия монооксидов углерода в области бедного горения снижается в 1,7 раза, в области богатого горения в 4 раза, в случае стехиометрии в 2,5 раза. На основе экспериментальных данных был проведён газодинамический и геометрический расчёт предложенной модели противоточного горелочного модуля, осуществляющего низкоэмиссионное сжигание топливной смеси метана и синтез-газа в широком диапазоне коэффициента избытка воздуха, с последующим 3D проектированием. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №16-08-00974 «Развитие модельного описания тепломассообменных процессов в закрученных ограниченных течениях и его применение при создании устройств перспективных технологий».

Библиографический список

1. Бирюк, В.В. Вихревой эффект. Технические приложения. [Текст] / В.В. Бирюк, С. В. Веретенников, А. И. Гурьянов, Ш.А. Пиралишвили. – М.: Изд-во Научтехлитиздат, 2014. – Т.2. – ч.2. – 213 с.
2. Гурьянов, А. И. Эффективность сжигания топлива в вихревых горелочных устройствах [Текст] / А. И. Гурьянов, О. А. Евдокимов // Вестник Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П.А. Соловьева. – Рыбинск: РГАТУ, 2015. – №2 (33). – С. 39-43.
3. Veretennikov S.V., Piralishvili Sh.A., Evdokimov O.A., Guryanov A.I. Heat transfer simulation of unsteady swirling flow in a vortex tube // Journal of Physics: Conference Series, 2018, Vol. 980, pp. 1-6.
4. Gur'yanov, A.I. Analysis of the gas turbine engine combustion chamber conversion to associated petroleum gas and oil [Text] / A.I. Gur'yanov, O.A. Evdokimov, S. A. Piralishvili, S.V. Veretennikov, R.E. Kirichenko, D.G. Ievlev // Russian Aeroautics. – New York: Allerton Press Inc., 2015. – Т. 58. – № 2. – С. 205 – 209.
5. Kononova V.V., Guryanov A.I. Experimental investigation of the burning of mixed and synthetic fuel counterflow burner module // Journal of Physics: Conference Series, 2017, Vol. 891, pp. 1-6.