

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАМЕР СГОРАНИЯ ВИХРЕВОГО ПРОТИВОТОЧНОГО ТИПА В ГТУ, РАБОТАЮЩИХ НА НЕТРАДИЦИОННОМ ТОПЛИВЕ

© 2006 И.Н. Новиков

Рыбинская государственная авиационная технологическая академия

Рассмотрены перспективы использования камер сгорания вихревого противоточного типа в ГТУ, работающих на нетрадиционном топливе. Определено влияние перехода с природного газа на пиролизный на работу камеры сгорания, компрессора и турбины. Рассмотрено использование камеры сгорания вихревого противоточного типа для получения газифицирующего агента в термохимическом реакторе и в качестве основной камеры сгорания в ГТУ.

Использование альтернативных видов топлива в энергетических установках в настоящее время является актуальной задачей. Это связано как с проблемой получения относительно дешёвой энергии в виде электричества или горячей воды и водяного пара, так и с проблемой переработки и утилизации бытовых и промышленных органических отходов. Кроме того, наличие месторождений торфа или бурого угля в некоторых регионах России делают задачу использования их в энергетических установках перспективной не только с энергетической позиции, но и с социальной – возрождение населённых пунктов – посёлков и малых городов расположенных вблизи этих месторождений.

Перспектива использования альтернативных видов топлива в энергетических установках базируется на преобразовании его из твёрдого состояния в газообразное – пиролизный газ, который можно использовать в качестве топлива как в двигателях внутреннего сгорания, так и в газотурбинных установках, оснащённых электрическими генераторами и теплообменными аппаратами.

На кафедре «Авиационные двигатели» Рыбинской государственной авиационной технологической академии разработан технологический процесс и созданы две опытные модели термохимического реактора, использующие высокотемпературных термохимические процессы разложения органических веществ, с последующим сжиганием пиролизного газа в двухступенчатой камере сгорания вихревого противоточного типа. Испытания этих моделей на торфе,

древесных, медицинских, бытовых и промышленных отходах показали на работоспособность заложенного в них рабочего процесса и конструкции.

За основу рабочего процесса в термохимическом реакторе принят процесс «сухого» пиролиза с газификацией твёрдого остатка. Паро-воздушная смесь с температурой равной 1000°C и более выбрана в качестве газифицирующего агента. Реализация рабочего процесса высокотемпературного пиролиза при температуре $(800\div 1000)^{\circ}\text{C}$, с газификацией твёрдого остатка, позволяет получить максимальную производительность по выходу пиролизного газа равную $(1000\div 1200)\text{ м}^3$ с тонны органического сырья. При этом получается достаточно высокая теплота сгорания пиролизного газа, выходящего из реактора.

Использование максимальной температуры рабочего процесса в зоне газификации равной 1300°C и более, в зависимости от температуры газифицирующего агента и соотношения в нём кислорода и водяного пара, сводит к нулю содержание органических компонентов в пиролизном газе. Разработанная конструкция реактора, а именно, наличие трёхступенчатой системы организации рабочего процесса позволяет вести переработку одновременно как твёрдых, так и жидких органических отходов.

Выполненные расчёты и результаты экспериментальных исследований опытных образцов термохимического реактора, использующего двухступенчатую камеру сгорания вихревого противоточного типа для получения газифицирующего агента, позволяют сделать вывод о возможности создания

промышленной установки, работающей на рассмотренных выше альтернативных видах топлива.

В качестве примера для расчёта энергетического блока взята газотурбинная энергетическая установка ГТУ–2,5 – изделие ОАО НПО «САТУРН». Использование данной установки позволит решить проблему обеспечения электрической энергией, горячей водой, перегретым паром, переработку и утилизацию бытовых и промышленных органических отходов городов, посёлков, отдельных предприятий и маленьких населённых пунктов.

Представим некоторые результаты предварительного расчёта работы ГТУ–2,5 при переходе с природного газа на пиролизный газ, получаемый из торфа.

Цель исследований – определение возможной работоспособности серийной установки ГТУ–2,5 при работе на пиролизном газе без существенных дополнительных изменений основных узлов, таких как турбина, компрессор, камера сгорания и других.

Выбор ГТУ–2,5 продиктован конструктивной особенностью данного изделия, а именно, используемых двух выносных трубчатых камер сгорания, которые в дальнейшем несложно заменить на камеры сгорания вихревого противоточного типа. Кроме трубчатой камеры сгорания, изготовлены и находятся в стадии испытания экспериментальные образцы кольцевой камеры сгорания вихревого противоточного типа.

На первом этапе проверено влияние перехода с природного газа на пиролизный на работу камеры сгорания, компрессора и турбины. Некоторые из результатов расчёта приведены в табл. 1.

Из анализа результатов расчёта видно, что при переходе на пиролизный газ, для обеспечения заданных параметров компрессора и турбины, необходимо увеличить расход топлива в камере сгорания. Это вызвано тем, что величина низшей удельной теплоты сгорания пиролизного газа в 3,5 раза ниже, чем у природного газа, что приведёт к увеличению относительного расхода топлива и, как следствие, к уменьшению коэффициента избытка воздуха при заданной температуре газа на выходе из камеры сгорания.

Кроме того, снижение количества горячих компонентов в пиролизном газе приводит к уменьшению теоретически необходимого количества воздуха, что также уменьшает коэффициент избытка воздуха. Увеличение относительного расхода топлива оказывает влияние на расход продуктов сгорания в камере сгорания, а, следовательно, на расход газа через турбину и воздуха на входе в камеру сгорания.

Работоспособность ГТУ–2,5 при использовании пиролизного газа проверялась расчётом двух вариантов. В первом случае расход воздуха поддерживался таким же, как при работе на природном газе. Во втором случае оставляли постоянным расход газа через турбину.

Таблица 1. Некоторые результаты предварительного расчёта работы ГТУ–2,5 при переходе с природного газа на пиролизный газ, получаемый из торфа

Параметр	Размерность	Природный газ	Пиролизный газ	
			1 вариант	2 вариант
Относительный расход топлива	–	0,015	0,0565	0,0565
Теоретически необходимое количество воздуха	кг/кг	17,2	8,44	8,44
Коэффициент избытка воздуха	–	3,9	2,1	2,1
Низшая уд. теплота сгорания топлива	кДж/кг	50056	14540	14540
Расход воздуха	кг/с	12,052	12,052	11,600
Расход топлива	кг/с	0,184	0,680	0,654
Расход продуктов сгорания	кг/с	12,236	12,732	12,254
Теплонапряжённость раб. объёма КС	МДж/(м ³ ·Па)	1,3	1,29	1,24

В первом случае расход топлива увеличился в 3,7 раза, а расход газа через турбину – на 4%. Увеличилась и мощность турбины примерно на 3,9%. Избыточную мощность турбины можно использовать, например, для привода нагнетателя пиролизного газа. Во втором случае режим работы турбины будет таким же, как и при работе на природном газе, но в этом случае уменьшается расход воздуха через камеру

сгорания. Поэтому избыток воздуха можно отобрать через систему перепуска и использовать, например, в горелках термохимического реактора.

Таким образом, результаты предварительного расчёта указывают на возможность использования пиролизного газа в качестве топлива в серийной газотурбинной установке ГТУ-2,5.

PERSPECTIVES OF USE IN GTU OF THE WHIRLWIND REVERSE-FLOW TYPE COMBUSTION CHAMBERS, WORKING FOR NON-TRADITIONAL FUEL

© 2006 I.N. Novikov

Rybinsk State Aviation Technological Academy

Perspectives of the whirlwind reverse-flow type combustion chambers, working on non – traditional fuel are considered. Effect of influence of a combustion chamber transition from natural gas to piroliz on the compressor and the turbine activity is determined. Use of the whirlwind reverse-flow type combustion chamber for obtaining of gasifying agent in the thermochemical reactor and in the capacity of the main combustion chamber in GTU is considered.