

# Альтернативное топливо для газотурбинных двигателей класса малой мощности

**Е. М. Синкевич – компания OPRA Turbines**

Целесообразность производства и использования альтернативных видов топлива заключается не только в экономии природных ресурсов, но это также и возможность утилизации органических отходов различных отраслей промышленности, деревообработки, сельского хозяйства и т.д.

**In brief**

**Alternative fuels for small gas turbines.**

*In order to extend the fuel flexibility of the OP16 Gas Turbine, OPRA Turbines has initiated an R&D program with the aim to develop a burner suitable to burn pyrolysis oil and other low-calorific liquid and gaseous fuels. This alternative fuel burner will enable existing and new customers to run engines on fuels that are both cost effective and environmentally friendly. The all-radial design makes the machine suitable for operation on these types of fuels.*

**С**егодня на рынке энергоресурсов ведущие позиции занимают природный газ и нефтепродукты. Эти виды топлива наиболее эффективны в связи с высокой теплотой сгорания, а также с удобством их использования. Однако запасы нефти и газа весьма ограничены. С учетом текущего уровня потребления, этих ресурсов, по оценкам экспертов, хватит не более чем на 50–70 лет. Кроме того, цены на них постоянно растут: только за последние 10 лет цена на нефть в среднем поднялась с \$36 до \$115 за баррель. Эти цифры говорят о том, что необходимо экономить нефтегазовые ресурсы и рационально развивать технологии, связанные с производством альтернативных видов топлива.

Целесообразность производства альтернативного топлива заключается не только в экономии природных энергоресурсов – это также и возможность утилизации органических промышленных отходов угля, пластика, резинотехнических изделий, отходов деревообра-

тывающей отрасли и сельского хозяйства. Одним из наиболее перспективных видов утилизации отходов является сухой пиролиз – термическое разложение органических соединений без доступа кислорода. В результате процесса пиролиза получают химическое сырье или топливо.

Биотопливо, получаемое из сырья животного или растительного происхождения, – один из видов альтернативного топлива. Путем быстрого пиролиза древесины получают пиролизные масла, практически не содержащие минералов и серы и пригодные для использования в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания. Такое топливо удобно хранить и легко транспортировать.

Однако необходимо учитывать, что пиролизные масла, получаемые из древесины, значительно уступают по своим характеристикам ископаемым видам топлива. Помимо жидкой фазы, они содержат твердые частицы, обладают высокой вязкостью и низкой теплотворной способностью, теряют химическую стабильность при высоких температурах.

Важное значение в развитии производства биотоплива играет топливно-энергетический баланс, т.е. соотношение затрачиваемой энергии в процессе переработки отходов и эффективность использования полученного биотоплива. Поэтому необходимо не только совершенствовать технологию производства топлива, но и создавать эффективные технологии для его утилизации.

В 2010 году стартовал проект по расширению топливной универсальности газотурбинных установок OP16 компании OPRA Turbines. Целью проекта является разработка топливной системы, способной работать на широком спектре жидкого и газообразного топлива, включая тяжелые пиролизные масла, этанол, биодизель, синтез-газ и биогаз.



**С** Газотурбинный двигатель OP16, оснащенный камерой сгорания для альтернативных видов топлива



OPRA Turbines является ведущим поставщиком на мировом рынке силового оборудования в диапазоне мощности 1...10 МВт для нефтегазовой отрасли, судостроения, промышленных предприятий и коммерческого сектора. В газотурбинных установках компании используются усовершенствованные технологии радиальной конструкции газовой турбины. Именно эта уникальная одновальная, полностью радиальная конструкция ротора ГТД ОР16 позволяет модернизировать двигатель для работы на тяжелых и низкокалорийных видах топлива. Проточная часть радиального ГТД обеспечивает высокую эксплуатационную надежность установки и снижает чувствительность двигателя к попаданию в проточную часть мелких твердых частиц, содержащихся в пиролизном топливе.

Проектные работы по совершенствованию топливной системы были разбиты на три этапа.

На первом этапе проводились испытания существующей двухтопливной системы, но с заменой механической форсунки высокого давления, обычно применяемой в данной системе, на пневматическую. В отличие от форсунок высокого давления, она способна работать на топливе с более высокой кинематической вязкостью – порядка 10 сантистокс. Кроме того, пневматическая форсунка не требует использования дополнительного сжатого воздуха или пара, что обычно является обязательным при работе на топливе, близком по свойствам к пиролизному.

При разработке КС для сжигания пиролизного топлива за основу была взята стандартная конфигурация камеры сгорания – 3А, поскольку ее конструкцию можно было легко доработать, с тем чтобы увеличить эффективную площадь и изменить распределение воздуха. Проведенные испытания позволили определить оптимальные параметры работы двигателя на пиролизном топливе.

На втором этапе, после определения опытным путем основных параметров новой камеры сгорания, выполнялось 3D-моделирование, проводились необходимые расчеты для определения окончательной конструкции КС.

Табл. Свойства пиролизного масла, используемого при проведении испытаний

Свойства	Значение
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1150
Низшая теплотворная способность, МДж / кг	18,7
Вязкость при температуре 38 °С, сСт	17
Температура полимеризации, °С	140
Показатель рН	2,5

В настоящее время проект находится на стадии стендовых испытаний опытного образца. В ходе испытаний в качестве топлива используются дизель №2, этанол и пиролизное масло на основе древесины хвойных пород. Свойства пиролизного масла приведены в табл.

Цель испытаний – достигнуть стабильного горения при работе на 100 %-м пиролизном масле в диапазоне нагрузки от 70 до 100 %. На настоящий момент получен положительный результат при работе на топливной смеси, в составе которой 80 % пиролизного масла и 20 % этанола. Для достижения заданной цели требуются некоторые доработки пневматической форсунки и системы подачи топлива. Сейчас над этим активно работают специалисты компании OPRA Turbines.

На текущий год запланирован третий этап проектных работ – испытание топливной системы на двигателе и внедрение ее в эксплуатацию. Несмотря на значительное отличие в конструкции существующих топливных систем двигателя ОР16 и новой камеры сгорания, внедрение ее в эксплуатацию не потребует никаких изменений в конструкции ГТД, а ограничится лишь незначительными доработками пэкиджа установки.

Внедрение новой системы, позволяющей работать на альтернативных видах топлива, не станет заключительным этапом модернизации топливной системы газотурбинной установки ОР16. Будут проводиться испытания новой камеры сгорания на низкокалорийном газе с низшей теплотворной способностью – до 10 МДж / кг. Весь комплекс работ по испытаниям и доводке новой камеры сгорания компания OPRA Turbines планирует завершить в текущем году. 