

УДК 662.76.075

З.Р. Исмагилов, С.Р. Хайрулин, А.В. Неведров, А.В. Папин,
Е.В. Жбырь, А.П. Козлов

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ, РАБОТАЮЩИХ НА ОРГАНИЧЕСКОМ ТОПЛИВЕ

Современный этап развития энергетики характеризуется переходом к увеличению вклада децентрализованных систем энергоснабжения, позволяющих одновременно вырабатывать электрическую и тепловую энергию с высоким общим КПД, достигающим 85-90 %. В связи с истощением запасов органического топлива особое значение имеют разработки, в которых в качестве топлива используется органическое сырье, например биомасса, являющаяся возобновляемым источником энергии. Планируемый рост использования биомассы в различных областях народного хозяйства страны вызван необходимостью повышения экономической эффективности выработки электрической и тепловой энергии в условиях постоянного роста цен на традиционные виды топлива [1-2].

Одним из возможных направлений решения этой задачи является газификация органического сырья (древесины, растительных отходов) с получением газообразного энергоносителя и его использование в эффективных когенеративных системах, вырабатывающих одновременно электрическую и тепловую энергию [3-4].

В настоящее время разработаны когенеративные системы комбинированного тепло- и электроснабжения малой мощности (мини-ТЭЦ) с использованием для выработки электроэнергии как газопоршневых двигателей, так и микротурбин, работающие главным образом на природном газе или дизельном топливе. По сравнению с газотурбинными мини-ТЭЦ газопоршневые установки малой мощности имеют ряд преимуществ. Самый высокий электрический КПД – до 30 % у газовой турбины, и более 35 % у газопоршневого двигателя достигается при работе под 100 %-ной нагрузкой. При снижении нагрузки до 50 %, электрический КПД газовой турбины снижается почти в 3 раза. Для газопоршневого двигателя такое же изменение режима нагрузки практически не влияет ни на общий, ни на электрический КПД. Удельная стоимость установленного киловатта для газопоршневых установок – 600-900 долларов США, что ниже по сравнению с удельными капитальными затратами для турбинных установок (700-1400 долларов). Электрический КПД газопоршневой установки практически не зависит от температуры воздуха, в то время как электрический КПД у газовой турбины падает на 15-20 % при увеличении температуры с -30 до +30 °С. Время до принятия нагрузки после старта составляет у газовой турби-

ны 15-17 минут, у газопоршневого двигателя – 2-3 минуты. Газовой турбине необходим газ среднего давления (не менее 20-25 бар), что неизбежно сказывается на капитальных затратах. Поршневому двигателю достаточно давления в 0,15-3 бар. [5-6].

В соответствии с «Энергетической стратегией России на период до 2020 года» потребление электроэнергии к 2020 году должно вырасти в 1,5 раза. Существующая «большая» энергетика не способна обеспечить такие уровни электропотребления и имеет ряд трудностей системного характера: в первую очередь – старение основного энергетического оборудования и недостаток инвестиций. Доля изношенного оборудования уже превысила 15 % всех мощностей. Для обеспечения прогнозируемого уровня электропотребления предполагается ввод в эксплуатацию в период до 2020 года порядка 150 млн. кВт генерирующих мощностей. Из них доля малой энергетики должна составить 32 млн. кВт, значительная часть из которых придется на газопоршневые когенерационные установки мощностью от 20 кВт до 30 МВт [6].

Серийно выпускаемые установки данного типа имеют следующие недостатки: во-первых, они предназначены главным образом для работы на природном газе. При использовании средне- и малокалорийных видов энергоносителей, таких как генераторный газ, попутный газ, синтез газ, шахтный газ, различные виды биогаза, мощность снижается на 10-20 %. Газогенераторы для работы установок на энергоносителе, полученном из органического сырья (биомассы), серийно не выпускаются. В каждом конкретном случае разрабатывается индивидуальный газогенератор. Получаемый газообразный энергоноситель обычно загрязнен смолами, которые вызывают закоксовывание двигателя. Использование адсорбентов и фильтров позволяет снизить содержание смолы на 60-70 %, но это недостаточно, кроме того, загрязненные адсорбенты и фильтры содержат канцерогенные вещества и представляют угрозу окружающей среде.

Второй недостаток – невозможность гибкого регулирования соотношения вырабатываемой электрической и тепловой энергии. При снижении электрической мощности в той же пропорции снижается и тепловая мощность. Третий недостаток – высокие концентрации токсичных компонентов в выхлопных газах газопоршневого двигателя: CO – более 650 мг/м³ (520 ppm), NOx – более 500 мг/м³ (250 ppm) [7].

Таблица. Оценка рынка когенерационных установок малой мощности, работающих на органическом сырье

№ п/п	Продукция	Цена за шт. тыс.руб.	Объем российского рынка продукции	
			шт/год	млн. руб
1	Мобильные автономные энергопреобразователи биомассы мощностью 30 кВт _{эл.} для сельскохозяйственных предприятий	800	500	400
2	Стационарные энергопреобразователи биомассы мощностью 100 кВт _{эл.} для крупных хозяйств и промышленных предприятий	1500	300	450
3	Стационарные энергопреобразователи биомассы мощностью 200 кВт _{эл.} для промышленных предприятий	3000	200	600
ИТОГО			1000	1450

В настоящее время на рынке отсутствуют комплектные когенерационные установки малой мощности, работающие на органическом сырье с целевыми показателями эффективности и экологичности: КПД более 75 %, концентрации CO и NOx менее 20 ppm и с возможностью гибкого регулирования соотношения вырабатываемой электрической и тепловой энергии.

Основная масса выпускаемых в мире и в России газопоршневых и газотурбинных установок и станций когенерации малой мощности работают на высококалорийном топливе – главным образом на природном газе, а также на пропан-бутане и дизельном топливе.

Для получения биогаза требуется длительный процесс переработки биомассы при ее влажности не менее 85 %, поддержание температуры в пределах 52-55 °С, громоздкое емкостное оборудование. При этом образуется большое количество сточных вод и твердых отходов. Поэтому использование установок получения топливного газа в составе автономного энергопреобразователя биомассы для комбинированного тепло- и электроснабжения малых хозяйственных и социальных объектов по экономическим и экологическим показателям значительно уступает процессу газификации биомассы. Процесс газификации биомассы не требует громоздкого оборудования и энергозатрат и протекает с высокой скоростью.

Ежегодный объем рынка газопоршневых когенерационных установок составляет в стоимостном выражении около 20 млрд. долларов, а доля России составляет около 1 % от мирового рынка и 10 % от Европейского рынка. Такие установки потребляют главным образом высококалорийное топливо – природный газ и дизельное топливо. Доля установок, работающих на низко- и среднекалорийных топливах, в т. ч. на топливе, полученном из биомассы, составляет менее 10 %. В настоящее время установки, укомплектованные узлами переработки биомас-

сы, серийно не производятся, так же как и газификаторы биомассы.

В настоящее время на рынке отсутствуют комплектные когенерационные установки малой мощности, работающие на органическом сырье с целевыми показателями эффективности и экологичности: КПД более 75 %, концентрации CO и NOx менее 20 ppm и с возможностью гибкого регулирования соотношения вырабатываемой электрической и тепловой энергии [8].

В целом, оценка потребностей рынка в когенерационных установках малой мощности, работающих на органическом сырье, представлена в таблице.

Таким образом, разработка опытных образцов автономных энергопреобразователей органического топлива являются новой высокотехнологичной продукцией, рынок которой в России еще не сформирован. Сегменты рынка, где будет востребованы автономные энергопреобразователи – это, прежде всего, предприятия, на которых образуется и хранится достаточное количество органического топлива разных видов – древесных отходов, соломы, скорлупы, шелухи и других отходов промышленного и сельскохозяйственного производства (предприятия лесной, деревообрабатывающей целлюлозно-бумажной и пищевой промышленности, сельскохозяйственные предприятия, фермы, теплицы), а также коммунального хозяйства. Особое значение автономные энергопреобразователи биомассы с электрической мощностью от 10 до 1000 кВт и тепловой мощностью от 15 до 1500 кВт имеют для удаленных предприятий лесозаготовок и сельскохозяйственных предприятий, на которых они могут быть использованы в качестве как основных, так и резервных источников энергии.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.В37.21.0139.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Некрасов С.А. К вопросу выбора пути и эффективности различных вариантов развития энергети-

ки Российской Федерации // Электрика, 2010. – № 12. – С. 10-14.

2. *Амерханов Р.А.* Интегрированная система энергообеспечения на основе установок когенерации малой мощности / Р.А. Амерханов, К.А. Гарькавый // Энергосбережение и водоподготовка, 2011. – № 2. – С. 39-41.

3. Патент на полезную модель РФ № 76424. Установка для утилизации биомассы. Исмагилов З.Р., Коротких В.Н., Веринга Хуберт (NL), Керженцев М.Н., Пармон В.Н. // опубл. 20.09.2008.

4. *Кручинин В.Н.* Исследование процессов пиролиза и газификации биомассы в реакторах с псевдоожиженным слоем / В.Н. Кручинин, М.А. Керженцев, В.Н. Коротких, Г.М. Заборцев, Ю.В. Островский, Н.И. Веринга // Тезисы доклада на XVI Всероссийской конференции по химическим реакторам “Химреактор-16”, Казань, 17-20 июня 2003 г. – С. 217-220.

5. *Christos A. Frangopoulos* A method to determine the power to heat ratio, the cogenerated electricity and the primary energy savings of cogeneration systems after the European Directive // Energy, Volume 45, Issue 1, September 2012, Pages 52-61.

6. *Буянов А.Б.* Перспективы применения когенерационных газопоршневых электростанций / А.Б. Буянов, Д.Ю. Комаров // Известия Петербургского университета путей сообщения, 2007. – № 1. – С. 116-135.

7. *Несветаилов В.Ф.* Национальная инновационная система и стратегия развития электроэнергетики / В.Ф. Несветаилов, В.Б. Шестаков // Вестник АКСОР, 2011. – № 2. – С. 105-113.

8. *Залманов Л.Р.* Методы оптимизации когенерационных систем // Энергетик, 2012. – № 7. – С. 30-32.

□ Авторы статьи:

Исмагилов
Зинфер Ришатович,
докт. хим. наук, член-корр. РАН,
зав.каф. химической технологии
твердого топлива и экологии
КузГТУ, email: zinfer1@mail.ru

Хайрулин
Сергей Рифович,
канд. хим. наук, ст. научн. сотрудник
Института углекислоты и химического
материаловедения СО РАН,
email: sera_59@mail.ru

Неведров
Александр Викторович,
канд. техн. наук, доцент каф. хими-
ческой технологии твердого топлива
и экологии КузГТУ,
email: nevedrov1978@rambler.ru

Папин
Андрей Владимирович,
канд.т техн. наук, доцент, начальник
научно-инновационного управления,
КузГТУ,
email: papinandrey@rambler.ru

Жбырь
Елена Викторовна,
канд.техн. наук, доцент каф. хими-
ческой технологии твердого топлива
и экологии, КузГТУ,
email: elena6455@mail.ru

Козлов
Алексей Петрович,
канд. хим. наук, доцент каф. про-
цессов, машин и аппаратов химиче-
ских производств, КузГТУ,
email: KozlovAP@iccms.sbras.ru

УДК 542.943.7

З.Р. Исмагилов, С.Р. Хайрулин, А.В. Неведров, А.В. Папин, Е.В. Жбырь

СИНТЕЗ КАТАЛИЗАТОРА КОНВЕРСИИ ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ ДЛЯ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ

В соответствии с «Энергетической стратегией России на период до 2020 года» потребление электроэнергии к 2020 году должно вырасти в 1,5 раза. Существующая «большая» энергетика не способна обеспечить такие уровни электропотребления и имеет ряд трудностей системного характера: в первую очередь – старение основного энергетического оборудования и недостаток инвестиций. Доля изношенного оборудования уже превысила 15 % всех мощностей. Для обеспечения прогнозируемого уровня электропотребления предполагается ввод в эксплуатацию в период до 2020 года порядка 150 млн. кВт генерирующих мощностей. Из них доля малой энергетики должна составить 32 млн. кВт, значительная часть из которых придется на газопоршневые когенерационные установки мощностью от 20 кВт до 30 Мвт. [1-2].

Современный этап развития энергетики ха-

рактеризуется переходом к увеличению вклада децентрализованных систем энергоснабжения, позволяющих одновременно вырабатывать электрическую и тепловую энергию с высоким общим КПД, достигающим 85-90 %. В связи с истощением запасов органического топлива особое значение имеют разработки, в которых в качестве топлива используется органическое сырье, например биомасса, являющаяся возобновляемым источником энергии. Планируемый рост использования биомассы в различных областях народного хозяйства страны вызван необходимостью повышения экономической эффективности выработки электрической и тепловой энергии в условиях постоянного роста цен на традиционные виды топлива [3-4].

Основная масса выпускаемых в мире и в России газопоршневых и газотурбинных установок и