УДК 662.815.4

А.В. АСТАФЬЕВ, студент (ТПУ), Р.Б. ТАБАКАЕВ, ассистент (ТПУ),
А.В. КАЗАКОВ, к.т.н, доцент (ТПУ)
г. Томск

ВАРИАНТЫ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НИЗКОСОРТНОГО ТОПЛИВА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Современное состояние топливно-энергетического баланса России показывает, что доля привозного топлива в региональной энергетике превышает 45 % [1]. При этом затраты на транспортировку топлива закладываются в его стоимость, увеличивая конечную цену для энергетических объектов в несколько раз [2] и, соответственно, повышая величину тарифов тепло- и электроснабжения.

В связи с этим в «Энергетической стратегии России до 2030 года» [1] особое внимание уделено использованию местных ресурсов низкосортного топлива (торфа, биомассы, городских бытовых отходов). Реализуются меры по модернизации существующих и ввод новых тепловых электростанций и котельных, работающих на таком виде топлива. Реализация указанных мер должна привести к снижению доли привозного топлива в 1,3-1,5 раз [1].

Вместе с тем отмечается, что основная масса местных топлив – низкосортные, имеющие в естественном состоянии высокие значения влажности и зольности, как следствие, низкую теплоту сгорания. Такие топлива крайне редко используется в котельных установках из-за высоких эксплуатационных затрат при его сжигании традиционными методами. Причиной этих затрат являются высокий расход топлива, необходимость предварительной сушки, высокая величина провала при слоевом сжигании, а также сопровождающие перевозку в зимний период слипаемость и смерзаемость топлива, требующие дополнительных временных и денежных издержек на обогрев транспортных вагонов [3].

Учитывая особенности естественного восполнения ресурсов низкосортного топлива, географического расположения залежей и добычи, разработка рассматриваемых месторождений рациональна лишь для нужд объектов малой энергетики, расположенных в относительной близости. Соответственно оценка целесообразности их энергетического использования может осуществляться применительно к объектам малой энергетики, характеризующимся, по большей части, наличием топливосжигающего оборудования слоевого типа или газовых котлов.

Целью работы является оценка возможности теплотехнологической переработки низкосортного топлива для нужд объектов малой энергетики.

В качестве сырья для переработки рассмотрены топлива Томской области – кандинский торф, таловский бурый уголь, древесная щепа различных пород. По стандартным методикам ГОСТ Р 52911-2008, 11022-95 и 6382-2001 определены теплотехнические характеристики рассматриваемого сырья (табл. 1). Значения теплоты сгорания и элементный состав установлены при помощи бомбового калориметра АБК-1 и анализатора Vario micro cube.

Табл. 1. Теплотехнические характеристики низкосортных топлив [4]

Теплотехническая характеристика	торф	бурый уголь	щепа
Влажность W_t^r, %	72,8	51,0	45,0
Зольность на рабочую массу A^r, %	2,5	12,7	0,3
Зольность на сухую массу A^d, %	9,1	25,9	0,6
Выход летучих веществ V^{daf}, %	71,6	63,2	91,8
Низшая теплота сгорания Q_i^r, МДж/кг	3,1	8,6	9,3
Элементный состав на горючую массу, %			
C^{daf}	57,52	68,38	50,87
H^{daf}	5,61	6,28	6,23
N^{daf}	2,17	0,62	0,20
S^{daf}	0,15	0,44	следы
O^{daf}	34,55	24,28	42,70

Низкосортные топлива характеризуются высоким значением влажности – от 45 до 73 %. Столь высокое значение позволяет предположить, что сжигание рассматриваемых топлив будет сопровождаться большими затратами, связанными с необходимостью испарения влаги. Стоит отметить, что наличие такого количества влаги существенно ограничивает возможность добычи и транспортировки топлив в зимний период, а в теплое время года способствует его слеживанию и слипанию.

По значению зольности исследуемые пробы можно разбить на 2 группы: высокозольные (уголь) и малозольные (торф и щепа) топлива. Состав золы, определенный согласно ГОСТ 10538-87, приведен в табл. 2.

Табл. 2. Состав золы [4]

Наименование пробы	Состав золы на бессульфатную массу,%					
	SiO_2	CaO	MgO	$Al_2O_3+TiO_2$	Fe_2O_3	прочее
торф	17,18	38,21	3,17	8,82	5,14	27,48
бурый уголь	46,90	12,00	1,20	26,50	12,20	1,20
щепа	53,35	16,39	0,90	8,27	2,66	18,43

Содержание оксидов кальция (CaO) более 13 % в совокупности с высокой долей оксида кремния (SiO_2) в торфе указывает на склонность к образованию плотных золовых отложений на поверхностях нагрева в процессе сжигания. Состав минеральной части бурого угля также позволяет прогнозировать повышенную шлакующую способность, а высокое содер-

жание оксидов алюминия и титана свидетельствует о потенциально высоком абразивном износе образующейся при сжигании золы. Древесная щепа, несмотря на высокое содержание CaO и SiO_2, не рассматривается как шлакующее топливо из-за низкого значения зольности.

Довольно внушительный выход летучих веществ (63,2-91,9 %) говорит о высокой реакционной способности топлив и низкой температуре воспламенения, а также указывает на отсутствие термической стойкости органической части.

Обобщая результаты, можно заключить, что исследованные образцы имеют типичные для низкосортных топлив недостатки и, соответственно, для их эффективного энергетического использования необходима переработка.

Авторами предложены варианты устранения перечисленных недостатков низкосортных топлив посредством их теплотехнологической переработки в кондиционные энергетические продукты, такие как твердое композитное [5] или газообразное топливо [6]. Принципиальные схемы вариантов переработки показаны на рис. 1. Переработка в твердое композитное топливо включает предварительное полукоксование исходного сырья с целью получения высококалорийных продуктов (полукокса и смолы), которые, в свою очередь, являются основой для формования топлива. Переработка в синтез-газ основана на низкотемпературной каталитической конверсии сырья посредством воздействия перегретого пара с температурой 300-500 °С.

Характеристики получаемых кондиционных продуктов согласно описанным способам приведены в табл. 3 и 4.

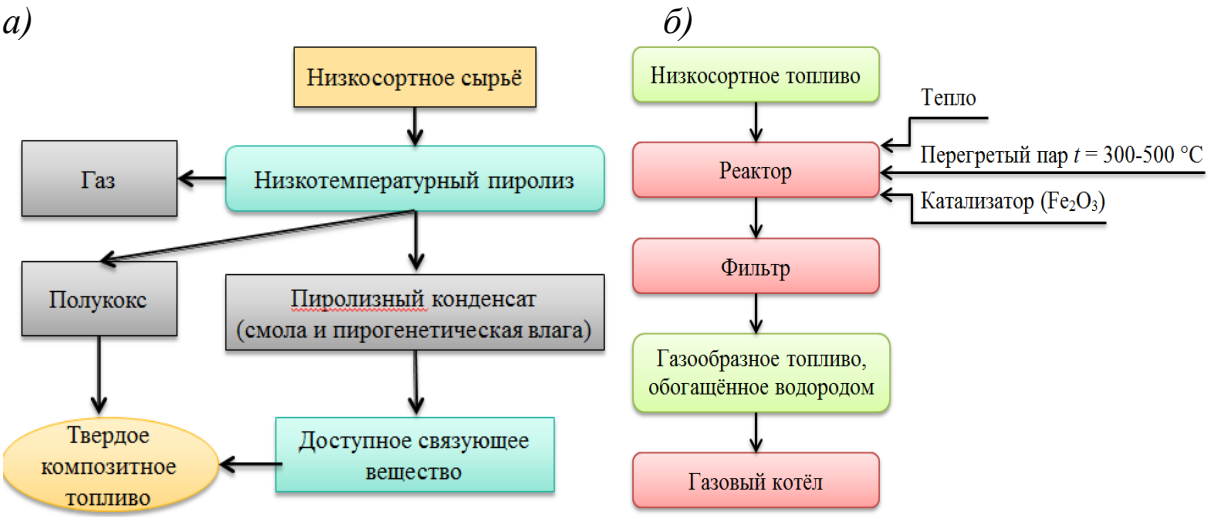

Рис. 1. Схема теплотехнологической переработки низкосортного топлива: а) – в твердое композитное топливо; б) – в газообразное

Табл. 3. Характеристики твердого композитного топлива [7]

Топливо / Характеристика	торф	уголь	щепа
Зольность A^d, %	19,1	32,1	2,9
Выход летучих веществ V^{daf},%	19,4	10,6	13,1
Низшая теплота сгорания Q_i^r, МДж/кг	21,1	18,0	29,4
Прочность при сбрасывании, %	100	100	100

Табл. 4. Состав газа, полученного теплотехнологической переработкой низкосортных топлив при температуре 400 °С [8]

Топливо	Компоненты, %				Теплота сгорания Q_i^d, МДж/м^3
	H_2	CH_4	CO	CO_2, N_2, C_mH_n и др.	
торф	46,5	25,0	6,5	22,0	15,0
бурый уголь	30,0	23,5	8,5	38,0	12,5
щепа	25,5	23,0	15,0	36,5	13,5

Приведенные результаты (табл. 3) показывают, что в результате теплотехнологической переработки низкосортных топлив возможно получение твердого композитного топлива с теплотехническими характеристиками, сопоставимыми с характеристиками каменных углей Кузнецкого бассейна (W_t^r = 6,0-24,0 %, A^r = 10,2-39,5 %, Q_i^r =14,4-25,3 МДж/кг [9]). Кузнецкий уголь является наиболее распространенным видом топлива для котельных Томской области [10], соответственно перевод этих котельных на твердое композитное топливо из местного сырья не потребует модернизации топливосжигающего оборудования при сохранении эффективности сжигания. Экономическая оценка производства твердого композитного топлива и сравнение его конкурентоспособности с каменными углями Кузнецкого бассейна даны в [11].

Благодаря отсутствию воздушного дутья в результате теплотехнологической переработки в синтез-газ удается получить газообразное топливо с теплотой сгорания в 2,6-3,1 раз выше, чем при воздушной газификации [12]. Это позволяет рассматривать данный способ в качестве перспективного решения для перевода газовых котлов с природного газа на синтез-газ.

Вывод.

1) Рассмотренные виды низкосортного топлива Томской области в сыром виде из-за высокой величины влажности и зольности малопригодны для энергетического использования и не способны на данный момент заместить привозной уголь в топливно-энергетическом балансе региона.

2) Перспективными направлениями вовлечения топлив является теплотехнологическая переработка в твердое композитное топливо и синтез-газ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках госзаданий НИР № 2069.

Список литературы:

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Утв. распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. – № 1715-р. – 144 с.

2. Емешев В.Г., Паровинчак М.С. Без привозной энергетики // Нефтегазовая вертикаль, 2005. – № 17. – С. 63–65.

3. Учитель А. Д., Кормер М. В., Лялюк В. П., Ляхова И. А., Шмельцер Е.О., Вититнев Ю. И. Проблемы транспортировки угольных концентратов в период отрицательных температур окружающей среды // Кокс и химия. – 2013. – № 5. – С. 13–19.

4. Табакаев Р.Б., Хаустов С.А., Черкашина Г.А., Казаков А.В. Низкосортное топливо Томской области: перспективы энергетического использования // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2015. – Т. 326. – № 9. – С. 106–113.

5. Пат. 2484125 Россия. МПК C10L5/44; C10L5/14; C10L5/26; C10F7/06. Способ изготовления топливных брикетов из биомассы / Р.Б. Табакаев, А.С. Заворин, А.В. Казаков и др.; заяв. 16.04.2012; опубл. 10.06.2013. – 7 с.: ил.

6. Пат. 2462503 Россия. МПК C10J3/02. Способ получения горючего газа, обогащенного водородом / А.С. Заворин, А.В. Казаков, Р.Б. Табакаев. Заявлено 24.05.2011. Опубл. 27.09.2012. – 6 с.: ил.

7. Табакаев Р.Б., Казаков А.В., Заворин А.С. Термическое обогащение низкосортного твердого топлива // Химия твердого топлива. – 2015. – № 5. – С. 3–9.

8. Казаков А.В., Заворин А.С., Табакаев Р.Б., Новосельцев П.Ю. Проект модуля блочной когенерационной энергоустановки с топливным элементом на основе внутрицикловой конверсии органического сырья для автономного энергообеспечения: монография. – Томск: ТПУ, 2013. – 191 с.

9. Вдовченко В.С., Мартынова М.И., Новицкий Н.В., Юшина Г.Д. Энергетическое топливо СССР. Ископаемые угли, горючие сланцы, торф, мазут и горючий природный газ: справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 183 с.

10. Котельные на твёрдом топливе // Геоинформационная система «Возобновляемые источники энергии в Томской области» [2014-2014]. Дата обновления: 01.02.2014. URL: http://green.tsu.ru/tomres/?cat=11 (дата обращения: 06.02.2014 г.).

11. Табакаев Р.Б., Заворин А.С., Казаков А.В., Черемисин И.Г. Теплотехнология переработки низкосортного топлива в высококалорийные топливные брикеты // Энергосбережение и водоподготовка. – 2014. – № 6. – С. 29–33.

12. Зайченко В.М. Автономные энергокомплексы на местных топливно-энергетических ресурсах // Энергосбережение. – 2014. – № 2. – С. 67–71.