

## ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА НИЗКОСОРТНОГО СЫРЬЯ: АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ЗАТРАТ

Р.Б. Табакаев<sup>1</sup>, А.В. Астафьев<sup>2</sup>, А.В. Казаков<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Томский политехнический университет  
ЭНИН, ПГС и ПГУ, <sup>2</sup>группа 5В21

### Введение

Одной из основных проблем региональной энергетики Российской Федерации является низкая вовлеченность в энергетическое использование местных ресурсов органического сырья, как правило, низкосортного. Доля привозных энергоресурсов в региональных топливно-энергетических балансах в настоящее время составляет более 45% [1]. Учитывая большую протяженность территории нашей страны, затраты на транспортировку топлива увеличивают его стоимость в несколько раз, что неизбежно отражается и на величине тарифов тепло- и электроснабжения. В связи с этим поиск и разработка способов эффективного использования местного низкосортного сырья (НС) для нужд энергетики является актуальным направлением научных исследований.

Одним из перспективных и распространенных направлений является теплотехнологическая переработка НС в энергетические продукты для последующего изготовления на их основе твердого композитного топлива (ТКТ) – топливных брикетов и пеллет. Однако одним из главных аргументов противников данного направления является мнение [2], что теплотехнологическая переработка характеризуется крупномасштабным и расточительным потреблением топливно-энергетических ресурсов, сырья и мощным выбросом экологически вредных отходов.

Целью данной работы ставится анализ тепловых затрат производства ТКТ из низкосортного сырья на примере разработанной авторами теплотехнологии.

## Основные аспекты теплотехнологии

Теплотехнология [3] включает предварительную термическую переработку НС в энергетически ценные продукты (углеродистый остаток и пиролизный конденсат) и последующее формование на их основе ТКТ (рис. 1). В качестве способа термической переработки НС выбран процесс пиролиза, температура которого не превышает  $450^{\circ}\text{C}$ .

Побочный продукт термической переработки – газ, сжигается для покрытия тепловых издержек теплотехнологии.

Формование ТКТ осуществляют на основе связующего вещества, полученного растворением декстрина в пиролизном конденсате в соотношении 1:10, и углеродистого остатка. Для этого углеродистый остаток смешивают со связующим в соотношении 2:3, формируют ТКТ и сушат полученный сырец от  $20$  до  $80^{\circ}\text{C}$ .

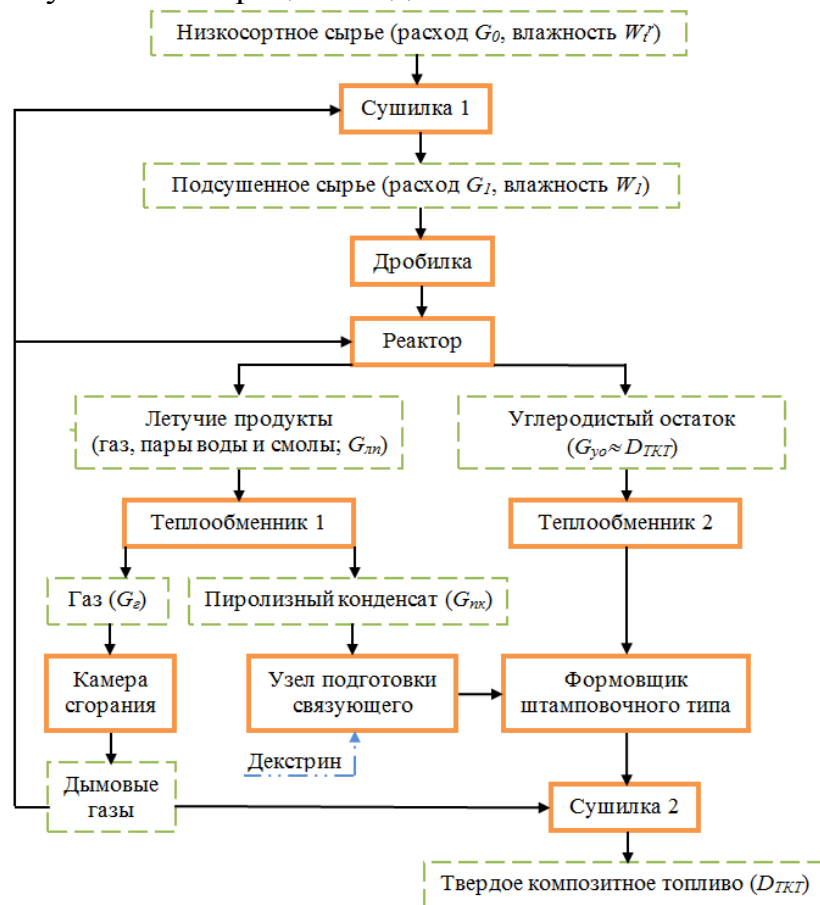


Рис. 1. Схема производства ТКТ:  $G_0$  – расход НС, кг/с;  $W_t^r$  – влажность НС, %;  $G_1$  – расход НС после подсушивания в сушилке 1, кг/с;  $W_1$  – влажность НС после подсушивания, %;  $G_{лп}$  – расход летучих продуктов, выделяемых в процессе пиролиза, кг/с;  $G_{yo}$  – расход углеродистого остатка, получаемого при пиролизе, кг/с;  $D_{ТКТ}$  – производительность ТКТ, кг/с;  $G_r$  – расход газа, кг/с;  $G_{пк}$  – расход пиролизного конденсата, кг/с

### Анализ тепловых затрат теплотехнологии

Возможность получения ТКТ была исследована на нескольких видах НС Томской области: торф Кандинского месторождения, бурый уголь Таловского месторождения, опилки различных древесных пород, озерный сапропель Карасевского месторождения.

В процессе термической переработки высушенного НС наблюдалось положительное тепловыделение 0,33-3,69 МДж/кг [4]. При сжигании газа, побочного продукта теплотехнологии, возможно получение от 2,70 до 6,67 МДж тепловой энергии с каждого килограмма сухого перерабатываемого сырья. Таким образом, в процессе термической переработки 26-38 % от потенциально возможного тепловыделения НС может быть направлено на покрытие собственных тепловых нужд производства ТКТ.

При производстве ТКТ тепловая энергия необходима для осуществления сушки исходного сырья, его термической переработки и сушки сырца. Приблизительно оценить необходимые тепловые затраты возможно следующим образом.

Тепло на сушку НС:

$$Q_{c1} = (G_0 - G_1) \cdot r, \text{ кВт}, \quad (1)$$

где  $r$  – теплота парообразования, кДж/кг.

Тепло на сушку сырца ТКТ (при соотношении углеродистого остатка и связующего вещества – 2:3):

$$Q_{c2} = \frac{3}{2} \cdot G_{y0} \cdot r, \text{ кВт}. \quad (2)$$

Тепло на термическую переработку НС можно разбить на несколько составляющих: испарение остаточной влаги ( $Q_{тп1}$ ), нагрев сырья до температуры начала термического разложения ( $Q_{тп2}$ ), осуществление пиролиза ( $Q_{тп3}$ ), потерю с физическим теплом летучих продуктов ( $Q_{тп4}$ ). При расчете необходимо учитывать выделение теплоты разложения органической массы НС ( $Q_{разл}$ ) и тепловые потери в окружающую среду ( $Q_5$ ). Соответственно формула для определения тепла, необходимого для осуществления термической переработки, примет вид:

$$Q_{тп} = Q_{тп1} + Q_{тп2} + Q_{тп3} + Q_{тп4} + Q_5 - Q_{разл}, \text{ кВт}, \quad (3)$$

где  $Q_{тп1} = G_1 \cdot W_1 \cdot r$ , кВт;  $Q_{тп2} = C_p^{нс} \cdot G_1 \cdot (1 - W_1) \cdot (t_{нтр} - 20)$ , кВт;  $C_p^{нс}$  – теплоемкость НС, кДж/(кг·°С);  $t_{нтр}$  – температура начала термического разложения НС, °С;  $Q_{тп3} = C_p^{yo} \cdot \left( \frac{G_1 \cdot (1 - W_1) + G_{y0}}{2} \right) \cdot (450 - t_{нтр})$ , кВт;  $Q_{тп4} = C_p^{пк} \cdot (G_1 \cdot (1 - W_1) - G_{y0}) \cdot (450 - t_{нтр})$ , кВт;  $Q_5$  – потери в окружающую среду, кВт;  $Q_{разл} = G_1 \cdot$

$(1 - W_1) \cdot Q_{\text{разл}}^{\text{НС}}$ , кВт;  $Q_{\text{разл}}^{\text{НС}}$  – теплота разложения органической массы НС (определяется по [5]).

Источником тепловой энергии помимо теплоты разложения органической массы для рассматриваемой теплотехнологии является тепло ( $Q_{\text{Г}}$ ), полученное при сжигании газа. Результаты теплового расчета малотоннажного производства ТКТ (45 т/сутки) показаны в табл. 2. При этом принято, что благодаря длительному хранению на воздухе после добычи исходное НС поступает в сушилку 1 со значением влажности 45 % [5].

Табл. 2. Оценка тепловых затрат и тепловыделения производства ТКТ (45 т/сутки)

Низко- сортное сырье	$Q_{c1}$	$Q_{c2}$	$Q_{\text{ТП}}$					$Q_{\text{разл}}$	$Q_{\text{Г}}$	Сумма теп- ловых затрат и тепловы- деления
			$Q_{\text{ТП1}}$	$Q_{\text{ТП2}}$	$Q_{\text{ТП3}}$	$Q_{\text{ТП4}}$	$Q_{\text{ТП5}}$			
<i>кВт</i>										
торф	-301	1760	-1444	-149	-207	-1080	-29	2604	5497	3131
уголь	0		-2310	-322	-229	-385	-32	3247	2609	818
сапрпель	-1421		0	-257	-192	-332	-8	254	2043	-1673
опилки	-341		-2188	-496	-396	-913	-40	3991	$\frac{1119}{5}$	10812

Проведенный расчет показал, что при переработке торфа, бурого угля и опилок в ТКТ тепла, выделяющегося при разложении органической массы и сжигании газа, будет достаточно для покрытия тепловых нужд теплотехнологии. Для получения ТКТ из сапрпеля необходимо покрытие около 1700 кВт за счет внешних ресурсов.

### Выводы

Использование теплоты разложения органической массы топлива и теплоты сжигания побочных продуктов термической переработки позволяет полностью покрыть тепловые нужды производства твердого композитного топлива из торфа, бурого угля и древесных опилок. Производство топлива из сапрпеля требует покрытия части тепловых затрат за счет внешних ресурсов.

Работа выполнена в рамках ГЗ НИР № 2069 (2.1322.2014).

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации № 1715-р «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года» от 13 ноября 2009 г.
2. Клименко А. В., Зорин В. М. Теплоэнергетика и теплотехника: общие вопросы. – М.: МЭИ, 1999. – 528 с.

3. 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.
4. Табакаев Р.Б., Казаков А.В., Заворин А.С. Термическое обогащение низкосортного твердого топлива // Химия твердого топлива. – 2015. – № 5. – С. 3–9.
5. Колотушкин В.И. Справочная книжка торфяника. – М.: Недра, 1973. – 208 с.

### **ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТОПОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ФАКЕЛЬНОМ СЖИГАНИИ КУЗНЕЦКОГО УГЛЯ В ТОПКЕ КОТЛА Е-420-140**

А.А. Иванцов

Томский политехнический университет  
ЭНИН, ПГС и ПГУ, группа 5В21

Одна из важных задач энергетики – обеспечить надёжную и экономичную работу котлоагрегатов, на которую влияет большое количество факторов. Одним из этих факторов является организация процесса горения топлива в топочной камере котельного агрегата. Важность процесса горения в технических устройствах способствует созданию различных моделей сжигания топлива. Одной из таких моделей является использование закрученных турбулентных струй. В топочной технике, где они получили особенно большое распространение. Закрученные струи применяются для повышения устойчивости воспламенения и интенсификации горения.

Целью данной работы является численное исследование влияния параметра крутки на топочные процессы при сжигании непроектного топлива в топке котла Е-420-140.

В данной работе рассмотрено влияние параметра крутки на процесс горения при замене проектного непроектным видом топлива. В качестве замещающего проектного топлива экибастузский уголь рассматривается непроектное топливо Кузнецкий каменный марки Д.

Численное исследование проводится с помощью программного комплекса FIRE 3D, состоящего из трёх основных приложений: Mesh Creator, Flow Searcher, Data Vision.

Кузнецкий уголь существенно отличается по теплотехническим свойствам от базового экибастузского угля, несмотря на это численное моделирование топочных процессов проводилось в базовой ком-