

Список использованных источников

1. Малые реки России (использование, регулирование, охрана, методы водохозяйственных расчетов). Свердловск : Сред.-Урал. кн. изд-во, 1988. 320 с.
2. Петенков А. В., Ершова Л. М. Экологизация использования водных ресурсов малых рек // Мелиорация и водное хозяйство. 1999. № 3. С. 5–7.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 11. Средний Урал и Приуралье. Вып. 1. Кама / Под ред. В. В. Николаенко. Л. : Гидрометеиздат, 1966. 324 с.
4. Водное хозяйство Екатеринбурга / Под ред. А. М. Черняева. Свердловск : Урал-НИИВХ, 1991. 135 с.
5. Водные ресурсы Свердловской области / Под науч. ред. Н. Б. Прохоровой; ФГУП РосНИИВХ. Екатеринбург : изд-во АМБ, 2004. 432 с.

УДК 662.76

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМАССЫ В ДОПОЛНЕНИЕ К ОСНОВНОМУ ТОПЛИВУ НА ПГУ С ВНУТРИЦИКЛОВОЙ ГАЗИФИКАЦИЕЙ

THE USE OF BIOMASS IN ADDITION TO THE MAIN FUEL IN IGCC POWER PLANT

Никитин А. Д., Худякова Г. И., Рыжков А. Ф.

Уральский федеральный университет, Екатеринбург, nikitin.a.d@yandex.ru

Nikitin A. D., Khudyakova G. I., Ryzhkov A. F.

Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В работе представлен обзор использования биомассы в качестве добавки к основному виду топлива на ПГУ с внутрицикловой газификацией. Приведены данные по существующему использованию биомассы и по проводимым в этом направлении исследованиям. Описана экспериментальная установка, создаваемая для исследования совместной газификации угольной пыли и биомассы.

Abstract: The paper presents an overview of the use of biomass as a supplement to the main form of fuel for IGCC power plants. The data on current use of biomass and carried out in this direction research are presented. The described experimental setup, are created research to joint gasification of coal dust and biomass.

Ключевые слова: газификация; биомасса; ПГУ; внутрицикловая газификация; пиролиз; поточный газогенератор.

Key words: gasification; biomass; IGCC; pyrolysis; entrained-flow gasifier.

Известно, что в ЕС к 2020 г поставлена цель вырабатывать 20 % энергии на возобновляемых источниках. Одним из этих источников является биомасса. Использованию биомассы способствуют технологические причины (появление эффективных технологий использования и наличие достаточного количества биомассы вблизи энергообъекта), экономические условия (дешевизна биомассы относительно других источников), а также законодательные требования, которые, в частности, жестко регламентируют выбросы углекислого газа тепловыми станциями. В случае энергетического использования биомассы количество выделяемого углекислого газа не входит в устанавливаемые нормы выбросов, так как эквивалентное количество газа выделится при ее естественном разложении. Поэтому совместное использование биомассы с основным топливом позволяет увеличивать мощность тепловых станций в пределах существующих строгих норм выбросов.

Среди тепловых станций на сегодняшний день перспективными являются парогазовые установки с внутрицикловой газификацией (ПГУ-ВЦГ). Цикл ПГУ позволяет максимально использовать энергию топлива. Газификация дает возможность применения твердых видов топлива в цикле ПГУ, а ее интеграция в цикл обеспечивает максимальную эффективность процесса конверсии топлива.

В настоящее время существует ряд ПГУ-ВЦГ, использующих биомассу совместно с основным топливом (как правило, каменным углем). Согласно [1], возможно использовать до 15 % по массе биомассы без значительного снижения мощности и коэффициента полезного действия (КПД) станции.

Лидером в совместном использовании биомассы и основного топлива является ПГУ-ВЦГ *Buggenum*, Нидерланды. Она имеет электрическую мощность 253 МВт (при тепловой мощности 600 МВт), создана на основе поточного газогенератора Shell и в настоящее время работает на семси, включающей 30 % биомассы по массе [2]. В качестве биомассы используются торрефицированные деревянные пеллеты (торрефикация – процесс пиролиза, то есть нагрев в отсутствие окислителя), которые смешиваются с каменным углем (основной вид топлива) перед подачей в станционные мельницы. Также смесь биомассы с основным видом топлива применяется на ПГУ-ВЦГ *Lahti*, Финляндия, тепловая мощность которой составляет 40 МВт, и ПГУ-ВЦГ *Gussing*, Австрия, электрическая и тепловая мощность которой составляют 2 и 8 МВт соответственно. На станциях *Lahti* и *Gussing* установлены газогенераторы с циркулирующим кипящим слоем.

Также интенсивно ведутся исследования по увеличению доли биомассы в топливной смеси для ПГУ-ВЦГ. В работе [3] проведено численное моделирование и экономическое исследование по использованию от 5 до 20 % биомассы в газогенераторе *GE-Texaso* (основное топливо – кокс из отходов нефтепереработки). Результаты этого исследования показывают, что применение биомассы является экономически выгодным.

В работе [4] проведено моделирование работы существующего оборудования ПГУ-ВЦГ *Buggenum* на смеси, содержащей 70 % биомассы и 30 %

угля. По результатам моделирования электрическая мощность-нетто станции составляет 240 МВт при КПД-нетто 41,7%, при этом синтез-газ содержит 27 % H_2 и 60 % CO (мольные доли на сухую массу).

В работе [5] приведены результаты экспериментальных исследований и моделирования совместного использования биомассы и проектного топлива для ПГУ-ВЦГ *Puertolanno*, Испания. В качестве проектного топлива для этой ПГУ-ВЦГ, имеющей электрическую мощность 335 МВт и созданной на основе поточного газогенератора *Prenflo*, предусмотрена смесь, состоящая из 50 % угля и 50 % нефтекокса. Проведен ряд экспериментальных исследований, в ходе которых к проектному топливу добавлялись 2 и 4 % оливковой шелухи, а также 2 и 4 % семян винограда. Биомасса смешивалась с известняком для снижения температуры плавления шлака и подавалась в отдельный бункер. Затем биомасса, взятая из этого бункера, смешивалась с углем и нефтекоksom, полученная смесь высушивалась, дробилась на существующих мельницах и поступала в газогенератор. По результатам моделирования использования от 0 до 60 % биомассы (по массовому расходу) значительных изменений в составе синтез-газа не наблюдалось. С увеличением доли биомассы электрическая мощность-нетто линейно снижается с 280 до 240 МВт, при этом КПД-нетто остается на уровне 41,5 %.

В УрФУ также разрабатывается ПГУ-ВЦГ, на которой планируется использовать в том числе и смесь каменного угля и биомассы. В рамках этой работы планируется осуществить экспериментальные исследования газификации пылеугольного топлива и биомассы в поточном двухступенчатом воздушном атмосферном газогенераторе, создаваемом на основе существующего вихревого газогенератора УрФУ. Схема планируемой установки изображена на рисунке.

Установка включает в себя газогенератор, систему топливоподачи, систему подачи воздуха, систему нагрева воздуха, систему очистки газа от твердых частиц, систему жидкого шлакоудаления, систему возврата коксозольного остатка в первую ступень газогенератора, систему подачи природного газа, растопочную систему, систему дожигания синтез-газа, систему эвакуации дымовых газов, парогенератор и систему подачи пара с возможностью изменения точки подачи по высоте второй ступени, систему охранный нагрева.

Предполагается сжигание угольной пыли в первой ступени газогенератора, представляющей собой циклонную топку, и газификация биомассы по второй ступени. Расходы угля и биомассы будут вычисляться по показаниям весов, на которые установлены соответствующие мерные бункеры. Состав синтез-газа на выходе из системы очистки будет регистрироваться газоанализатором. Для регистрации температур и расходов воздуха будет использоваться автоматизированная измерительная система. Предполагается, что расход топлива составит 5–15 кг/ч, температура газов на выходе из первой ступени – 900–1500 °С, температура синтез-газа на выходе из второй ступени –

600–1100 °С. Также будут проведены численные исследования работы экспериментальной установки.

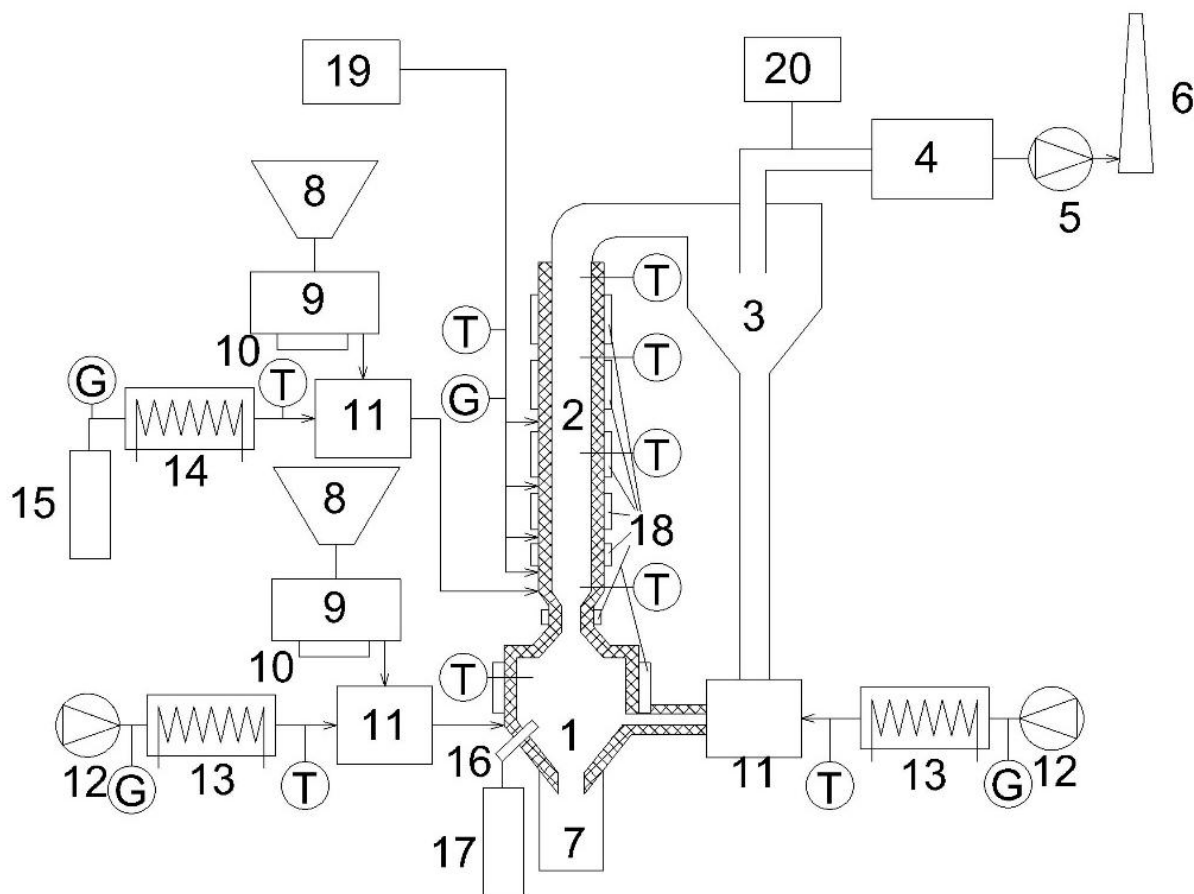


Схема планируемого поточного двухступенчатого воздушного газогенератора УрФУ

- 1 – первая ступень, 2 – вторая ступень, 3 – камера для разделения синтез-газа и коксо-зольного остатка, 4 – система сжигания синтез-газа, 5 – дымосос, 6 – дымовая труба, 7 – система шлакоудаления, 8 – бункер, 9 – мерный бункер с питателем, 10 – весы, 11 – узел смешения, 12 – воздуходувка, 13 – подогреватель воздуха, 14 – подогреватель азота, 15 – баллон с азотом, 16 – растопочная газовая горелка, 17 – баллон с пропаном, 18 – система охранного нагрева, 19 – парогенератор, 20 – газоанализатор, Т – термомпара, G – расходомер

Предполагаемым результатом исследований являются: отработанный на стенде мощностью до 100 кВт метод двухступенчатой паровоздушной конверсии на угольных пылях стандартного фракционного состава и биомассе; обоснованные рекомендации по газификации угольных пылей стандартного фракционного состава и биомассы, экспериментальные данные по паровоздушной газификации.

Исследование выполнено в Уральском федеральном университете за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-19-00524).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Molino A. Biomass gasification technology: The state of the art overview / A. Molino, S. Chianese, D. Musmarra // *Journal of Energy Chemistry*. 2016. Iss. 25. P. 10–25.
2. Van Dongen A. Co-gasification at the Buggenum IGCC power plant / Van Dongen A., Kanaar M. // *DGMK Tagungsbericht*. 2006. Iss. 2. P. 57–58.
3. Salkuyeh Y. K. Development and techno-economic analysis of an integrated petroleum coke, biomass, and natural gas polygeneration process / Y. K. Salkuyeh et al. // *Energy*. 2016. Iss. 113. P. 861–874.
4. Thallam Thattai, A. Experimental model validation and thermodynamic assessment on high percentage (up to 70%) biomass co-gasification at the 253 MWe integrated gasification combined cycle power plant in Buggenum, The Netherlands / Thallam Thattai, A. et al. // *Applied Energy*. 2016. Iss. 168. P. 381–393.
5. Sofia D. Co-gasification of coal-petcoke and biomass in the Puertollano IGCC power plant / Sofia D. et al. // *Chemical Engineering Research and Design*. 2014. Iss. 92. P. 1428–1440.

УДК 621.311

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ

SOLAR COLLECTORS IN DESALINATION PLANT

Обухова Н. В., Попов А. И.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, enatikru@gmail.com

Obukhova N. V., Popov A. I.

Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В статье рассматривается возможность использования возобновляемых источников энергии для дистилляции воды. Представлена опреснительная установка, работающая на энергии солнечных коллекторов, а также описан принцип действия опреснительной установки. В заключении приведен технический результат данной установки.

Abstract: The article discussed the possibility of using renewable energy for water distillation. Presented desalination plant works on energy of solar collectors and principles of action desalination plant. The technical result of this plant was given in conclusion.