



Технология совместного сжигания кородревесных отходов и угля в промышленной теплоэнергетике

Одним из основных способов повышения экономических показателей котельных установок в промышленной теплоэнергетике является вовлечение в топливный баланс различных дешёвых биотоплив или совместное сжигание низкосортных углей и твёрдых видов топлива, полученного из растительной биомассы. Одной из разновидностей растительной биомассы, которая нашла широкое применение как топливо для котлов малой и средней мощности, являются кородревесные отходы (КДО) деревоперерабатывающей промышленности. Развитие современной промышленной теплоэнергетики требует повышения экологических и экономических показателей котельных установок. Очевидно, что основным критерием оценки экономичности работы котла являются затраты на топливо.

Совместное сжигание в топочных камерах котлов средней мощности измельчённых древесных отходов и угля представляет существенную проблему, как из-за трудности удержания лёгких парусных частиц древесного топлива в процессе их выжигания, так и из-за возможности образования значительных отложений золы в топке и в котельных пучках [1]. При выносе частиц из топки возникает опасность периодических пожаров в ды-

моходах и золоуловителях котельной установки по мере накопления «недожога».

Существующие технологии совместного сжигания низкосортных топлив, таких как бурый уголь и высоковлажные КДО, имеют целый ряд недостатков, не позволяющих полностью использовать заложенную в топливе энергию [2, 3].

Учёными АлтГТУ им. И.И. Ползунова, совместно с инженерами ООО «Барнаул-энергомаш», были исследованы малоизученные свойства альтернативных видов топлив и процессы, происходящие при их сжигании. В топливной лаборатории котельной кафедры КиРС для возможности оценки динамики процессов сушки,

Совместное сжигание в топочных камерах котлов средней мощности измельчённых древесных отходов и угля представляет существенную проблему, как из-за трудности удержания лёгких парусных частиц древесного топлива в процессе их выжигания, так и из-за возможности образования значительных отложений золы в топке и в котельных пучках

Рецензия эксперта на статью получена 29.05.2019 [Expert review on the article received on May 29, 2019].

УДК 62-665.9. Научная специальность: 05.14.04, 05.14.14.

Технология совместного сжигания кородревесных отходов и угля в промышленной теплоэнергетике

Евгений Б. Жуков, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой; Константин В. Меняев, доцент, заместитель заведующего кафедрой; Дмитрий Р. Таймасов, ассистент, кафедра котло- и реакторостроения (КиРС), Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В статье представлены возможности использования кородревесных отходов в качестве топлива в промышленной теплоэнергетике. Предложены методы устранения проблем утилизации низкосортных топлив из отходов различного типа. Результаты натурных экспериментов и численного моделирования по сжиганию таких топлив показали возможность их эффективного применения в энергетике. Представленные разработки котельных агрегатов с высокими экологическими показателями с применением многократной циркуляции, предлагаются к широкому внедрению в системы малой и средней энергетики, что позволит рационально использовать отходы деревообрабатывающих предприятий и снизить потребление традиционных энергоресурсов, таких как уголь.

Ключевые слова: кородревесные отходы, уголь, реконструкция котла, биотопливо, горение топлива, вихревое сжигание.

UDC 62-665.9. The number of scientific specialty: 05.14.04, 05.14.14.

Technology of co-combustion of wood wastes and coal in industrial heat-energy

Yevgeny B. Zhukov, PhD, Associate Professor, Head of the Department; Konstantin V. Menyayev, Associate Professor, Deputy Head of the Department; Dmitry R. Taymasov, Assistant, the Department of Boiler and Reactor Engineering, Polzunov Altai State Technical University (Barnaul city)

The article presents the possibility of using wood wastes as a fuel in the industrial power system. Methods for eliminating the problems of utilizing low-grade fuels from various types of waste are proposed. The results of field experiments and numerical simulation of burning such fuels showed the possibility of their effective use in the power industry. The presented developments of boiler units with high environmental performance using multiple circulation are proposed for widespread introduction into the system of small and medium energy that will allow rational use of waste woodworking enterprises and reduce consumption of traditional energy resources such as coal.

Key words: bark and wood waste, coal, reconstruction of boiler, biofuel, combustion, vortical technology of burning.



пиролиза и горения топлива, по предварительному описанию процессов, происходящих в нём, проводились эксперименты на опытной установке «Механотрон», позволяющей получить динамические характеристики физических свойств исследуемого топлива.

На данной установке сжигались частицы древесных отходов фиксированной массой 0,5–2,5 г при температурах до 500–900°C [1, 4]. В ходе экспериментов были проведены исследования процессов термического разложения на образцах древесины и получены графические зависимости изменения массы частицы от времени пребывания её в высокотемпературной зоне. Установлены зависимости выхода летучих продуктов от температуры разложения, определена температура максимального выхода летучих



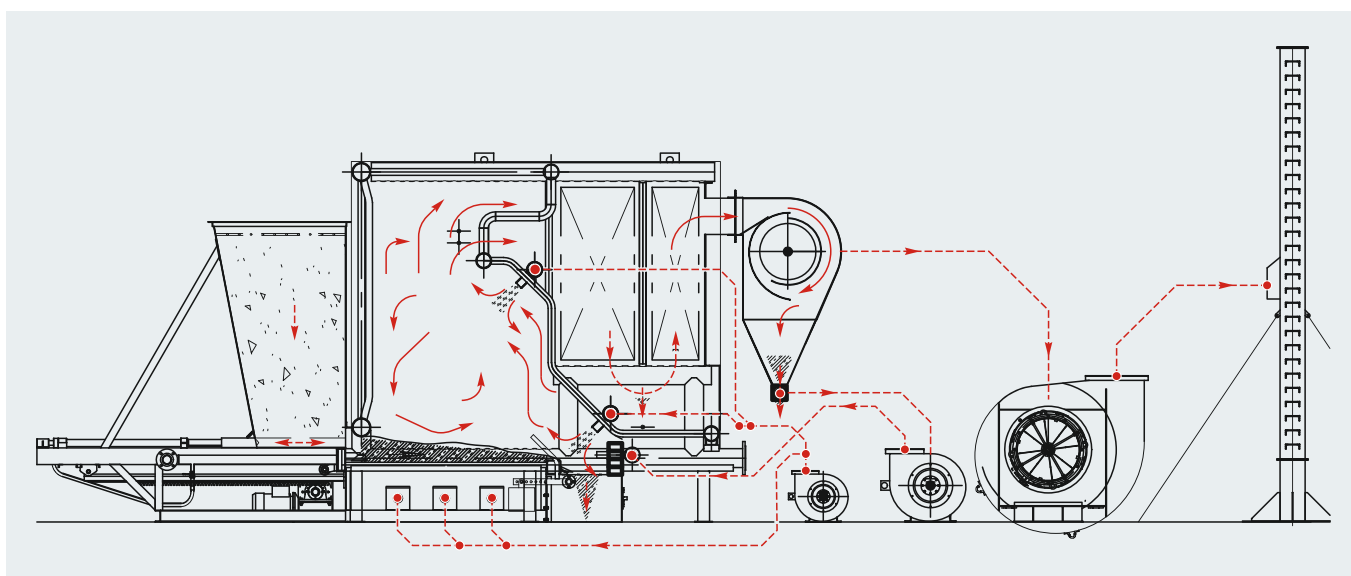
продуктов. Для КДО (древесных опилок, древесной коры верхней и нижней части ствола) выход летучих продуктов может быть представлен в интегральной и дифференциальной форме.

Из-за высокого значения выхода летучих веществ древесины процесс горения в начальной стадии существенно отличается от стадии горения кокса. Процесс выхода летучих продуктов сгорания и пиролиз являются суммой ряда последовательно и параллельно протекающих реакций.

Основываясь на полученных экспериментальных и расчётных данных, разработан ряд проектов котельных агрегатов с многократной циркуляцией топлива в топке. Предложен такой профиль топочной камеры, в котором частицы полифракционного топлива, обладающие высокой парусностью и низкой плотностью, удерживаются внутри топки за счёт инерционного принципа сепарации [6]. Такой способ принят ввиду малой эффективности гравитационной сепарации древесных отходов, реализованной в большинстве существующих котлов [7].

Удержание частиц топлива в топке до их глубокого выгорания обеспечивалось за счёт многократной крутки (рис. 1). Соответственно, в программном комплексе CFD решались задачи выявления общей картины аэродинамической обстановки и её детализации, выделение определяющих факторов по организации вихревого течения.

Для сжигания предложена следующая схема: измельчённые кородревесные отходы подаются питателем в топку, в которой горение происходит по комбинированной факельно-слоевой технологии (рис. 1).



❖ **Рис. 1.** Аэродинамическая обстановка в топочной камере котла КВм-3,0ДВО для сжигания древесных отходов с углём [формирование вихревого движения дымовых газов в топочной камере котла, конвективные пакеты котла (первый и второй ходы), золоуловитель, дымосос, дымовая труба]

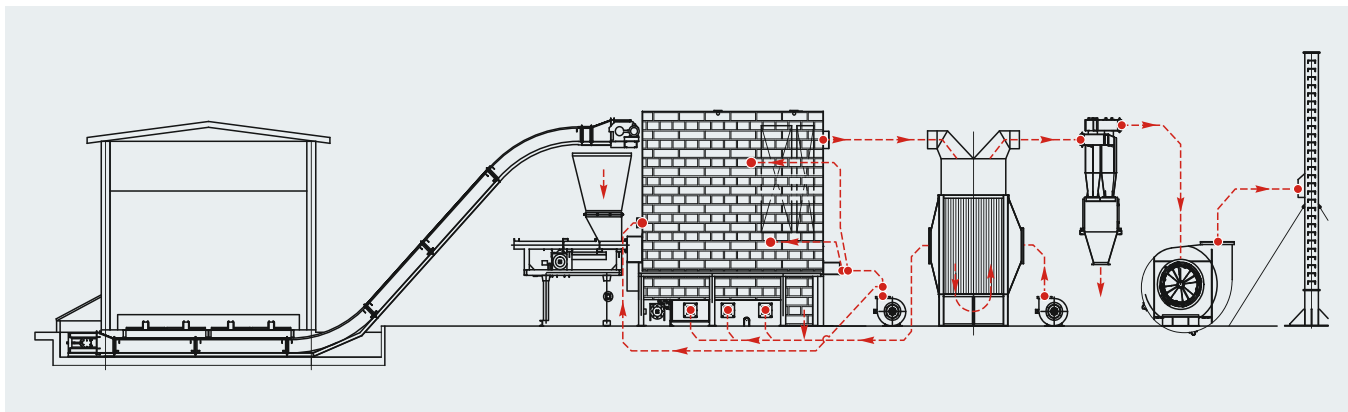


Рис. 2. Котельная установка КВМ-3,0ДВО для сжигания древесных отходов и угля (котёл КВМ-2,5КБ, топка механическая ТМУ-2,5, вентилятор дутьевой, золоуловитель, дымосос рециркуляции, дымосос)

При этом тяжёлые частицы проходят по наклонной и горизонтальной колосниковой решётке, сгорая при этом, а мелкие частицы захватываются восходящим аэродинамическим потоком и сгорают в вихре.

Установленный за котлом уловитель золы позволяет вернуть в топочную камеру частицы несгоревшего топлива посредством дымососа вентиляторной вытяжной установки (ВВУ) и сопел системы возврата уноса (СВУ). В такой топке с инерционным удержанием мелких частиц, как в самой топочной камере, так и за её пределами (в системе возврата уноса), происходит практически полное выгорание данного вида топлива.

При сжигании высоковлажных кородревесных отходов топочная камера котла дополнительно футеруется изнутри шамотной кладкой для обеспечения стабильного воспламенения и более полного выгорания такого топлива.

Данная технология обеспечивает более глубокое выжигание горючих частиц и, как следствие, повышенную экономичность и высокие экологические показатели водогрейного котла [7]. Объединение слоевого и факельного сжигания позво-

Установленный за котлом уловитель золы позволяет вернуть в топочную камеру частицы несгоревшего топлива посредством дымососа вентиляторной вытяжной установки (ВВУ) и сопел системы возврата уноса (СВУ). В итоге в подобной топке с инерционным удержанием мелких частиц, как в самой топочной камере, так и за её пределами (в системе возврата уноса), происходит практически полное выгорание данного вида топлива

ляет обеспечить взаимное поддержание горения и однородное заполнение всей топки факелом (рис. 2).

Для повышения эффективности сжигания топлива и снижению количества выносимого из топочной камеры несгоревшего топлива предлагается установить дополнительную ступень очистки дымовых газов в виде системы возврата уноса.

Возврат уноса осуществляется за счёт рециркуляции (отбора) продуктов сгорания из золного короба золоуловителя.

Система возврата уноса позволяет увеличить КПД котельного агрегата, снизить расход топлива за счёт более полного его выгорания и повысить экологические характеристики котла, уменьшив его вредные выбросы в окружающую среду. ●



1. Жуков Е.Б., Фурсов И.Д., Якимова И.С. Исследование сжигания низкосортного угля / Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. — Днепропетровск: НППВК «Триакон». 2014. С. 173–178.
2. Фурсов И.Д., Жуков Е.Б., Гаврин Н.С., Меньяев К.В. Технология сжигания древесных отходов в котлах малой и средней мощности / Сб. мат. I Межд. заочной науч.-практ. конф. «Проблемы техносферной безопасности 2015». 10.02.2015. — Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2015.
3. Zhukov E.B., Puzirev E.M., Menyayev K.V. Co-combustion technology of coal and wood waste. The 8th International Symposium on Coal Combustion (8thISCC). July 19–22, 2015. Beijing, China.
4. Жуков Е.Б., Меньяев К.В., Красуцкий Е.В., Маришин Н.С. Экологические аспекты сжигания сельскохозяйственных отходов в котлах малой и средней мощности / Сб. мат. I Межд. заочной науч.-практ. конф. «Проблемы техносферной безопасности 2015». 10.02.2015. — Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2015.
5. Пузырев Е.М., Жуков Е.Б., Паутова Е.Е., Меньяев К.В. Технология совместного сжигания бурого угля и кородревесных отходов в энергетических котлах / Сб. мат. III Межд. науч.-практ. конф. «Использование твёрдых топлив для эффективного и экологически чистого производства электроэнергии и тепла». 28–29 июня 2016 г. Москва.
6. Померанцев В.В., Арефьев К.М., Ахмедов Д.Б. и др. Основы практической теории горения: Учебн. пособ. для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. — Л.: Энергоатомиздат, 1986. 312 с.
7. Красуцкий Е.В., Фурсов И.Д., Жуков Е.Б., Якимова И.С., Пузырев Е.М. Исследование сжигания сельскохозяйственных отходов // Ползуновский вестник, 2012. №3/1. С. 47–50.

References — see page 95.

Technology of co-combustion of wood wastes and coal in industrial heat-energy. Pp. 64–66.

Yevgeny B. Zhukov, PhD, Associate Professor, Head of the Department; **Konstantin V. Menyaev**, Associate Professor, Deputy Head of the Department; **Dmitry R. Taymasov**, Assistant, the Department of Boiler and Reactor Engineering, Polzunov Altai State Technical University (Barnaul city)

1. Zhukov E.B., Fursov I.D., Jakimova I.S. *Issledovanie szhiganiya nizkosortnogo uglja* [Investigation of low-grade coal combustion]. *Sovremennaya nauka: issledovaniya, idei, rezul'taty, tehnologii* [Modern science: research, ideas, results, technology]. Dnipropetrovsk, Ukraine. Izd-vo NPVK "Triakon" [Publishing house of the "Triakon" Research and Production Company]. 2014. Pp. 173–178. [In Russian]
2. Fursov I.D., Zhukov E.B., Gavrin N.S., Menjaev K.V. *Tehnologiya szhiganiya drevesnykh othodov v kotlah maloj i srednej moshhnosti* [The technology of burning wood waste in boilers of small and medium power]. Sb. mat. I Mezhd. zaochnoj nauch.-prakt. konf. "Problemy tehnosfernoj bezopasnosti — 2015" [Coll. vol. of the I International Correspondence Scientific and Practical Conference "Problems of Technosphere Safety 2015"]. Polzunov Altai State Technical University (AltSTU). February 10, 2015. Barnaul. *Izd-vo AltGTU* [Publishing House of the AltSTU]. 2015. [In Russian]
3. Zhukov E.B., Puzirev E.M., Menyaev K.V. Co-combustion technology of coal and wood waste. The 8th International Symposium on Coal Combustion (8thISCC). July 19–22, 2015. Beijing, China.
4. Zhukov E.B., Menjaev K.V., Krasuckij E.V., Marishin N.S. *Jekologicheskie aspekty szhiganiya sel'skhozajstvennykh othodov v kotlah maloj i srednej moshhnosti* [Ecological aspects of the burning of agricultural waste in boilers of small and medium power]. Sb. mat. I Mezhd. zaochnoj nauch.-prakt. konf. "Problemy tehnosfernoj bezopasnosti — 2015" [Coll. vol. of the I International Correspondence Scientific and Practical Conference "Problems of Technosphere Safety 2015"]. Polzunov Altai State Technical University (AltSTU). February 10, 2015. Barnaul. *Izd-vo AltGTU* [Publishing House of the AltSTU]. 2015. [In Russian]
5. Puzyrev E.M., Zhukov E.B., Pautova E.E., Menjaev K.V. *Tehnologiya sovmestnogo szhiganiya burogo uglja i korodrevesnykh othodov v jenergeticheskikh kotlah* [Technology of co-combustion of brown coal and bark and wood waste in power boilers]. Sb. mat. III Mezhd. nauch.-prakt. konf. "Ispol'zovanie tverdykh topliv dlja jeffektivnogo i jekologicheskogo chistogo proizvodstva jelektroenergii i tepla" [Coll. vol. of the III International Scientific and Practical Conference "The use of solid fuels for efficient and environmentally friendly production of electricity and heat"]. June 28–29, 2016. Moscow. [In Russian]
6. Pomerancev V.V., Aref'ev K.M., Ahmedov D.B. i dr. *Osnovy prakticheskoy teorii gorenija: Uchebn. posob. dlja vuzov* [Fundamentals of the practical theory of combustion: A manual for universities]. 2nd edition, rev. and exp. Leningrad. *Jenergoatomizdat* [Publishing House of Energy and Nuclear Industry]. 1986. 312 p.
7. Krasuckij E.V., Fursov I.D., Zhukov E.B., Jakimova I.S., Puzyrev E.M. *Issledovanie szhiganiya sel'skhozajstvennykh othodov* [Research on agricultural waste incineration]. *Polzunovskij vestnik* ["Polzunov's bulletin" Magazine]. 2012. No. 3/1. Pp. 47–50. [In Russian]