



## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 621.1

**С.Г. Горохов, Э.Н. Сабуров, В.К. Любов**

Горохов Сергей Геннадьевич родился в 1976 г., окончил в 1998 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры теплотехники АГТУ. Имеет 4 печатных работы в области аэродинамики сильно закрученных потоков.



Сабуров Эдуард Николаевич родился в 1939 г., окончил в 1961 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теплотехники, проректор по научной работе Архангельского государственного технического университета, академик Российской и Международной инженерных академий, Российской академии естественных наук, заслуженный деятель науки и техники РФ. Имеет более 300 публикаций в области аэродинамики и конвективного теплообмена в сильно закрученных потоках, их использования для интенсификации процессов тепломассообмена в аппаратах различного технологического назначения.



Любов Виктор Константинович родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры промышленной теплоэнергетики Архангельского государственного технического университета. Имеет более 100 публикаций в области совершенствования энергохозяйства промышленных предприятий.

**ЦИКЛОННЫЙ ПРЕДТОПОК ДЛЯ СЖИГАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ\***

Рассмотрены известные устройства для сжигания отходов переработки древесной биомассы; предложена новая оригинальная конструкция циклонного предтопка аналогичного назначения.

*Ключевые слова:* предтопок, циклонная камера, отходы, поток, скорость, энергетика.

---

\* Работа выполнена при поддержке администрации Архангельской области в рамках региональной научно-технической программы и программы «Поддержка научно-технической политики регионов» Минпромнауки.

В нашей стране и за рубежом непрерывно возрастает интерес к использованию органических веществ растительного происхождения в качестве топлива [1–32]. Связано это, прежде всего, с их возобновляемостью и экологической чистотой.

Основной ресурсной базой биотоплива в России являются отходы лесозаготовок, которые, как известно, составляют 40 ... 60 % объема заготавливаемой древесины, и отходы, образующиеся при ее переработке (горбыль, рейки, срезки, короткомер, стружка, опилки, древесная пыль, кора и др.).

Выбор технологии использования отходов растительной биомассы (древесина, торф) в энергетике определяется многими факторами, среди них наиболее важные – мощность установки, вид топлива и способ его подготовки. При рассмотрении технических и экономических аспектов этой проблемы следует учитывать, что для ее решения практический интерес представляют пока два возможных направления: прямое сжигание биомассы в специализированных топках и ее термохимическая газификация с последующим использованием генераторного газа в тепловых двигателях.

В отечественной энергетике для прямого сжигания используют обычно слоевые и циклонные топки. В 60-х годах широкое распространение получили топки скоростного горения с каскадными газовыми сушилками, предложенные В.В. Померанцевым [2]. Различные модификации этих топок, позволяющих сжигать биомассу с влажностью до 45 %, применяют и до настоящего времени. Среди более поздних разработок – котлы с переталкивающей решеткой и горячим дутьем НПО ЦКТИ, пригодные для сжигания различных видов биомассы и бытовых отходов.

За рубежом развивают и используют различные модификации слоевого сжигания, сжигания в кипящем слое и циркулирующем кипящем слое.

Для энергетических котлов средней мощности представляет интерес метод низкотемпературного вихревого сжигания. Сущность метода заключается в том, что в топке с помощью специально организованного воздушного дутья создается вихрь, в котором осуществляют сушку и сжигание топлива. Включения, не поддающиеся сжиганию, проваливаются в холодную воронку и удаляются. Процесс разработан в С.-Петербургском техническом университете совместно с другими организациями и опробован в опытно-промышленных условиях на отходах переработки древесины, гидролизном лигнине и других низкосортных видах топлива.

В 50-70-е годы усилия специалистов в области горения были направлены на исследование возможностей интенсификации процессов воспламенения и горения органического топлива, а также на создание, освоение и совершенствование топочных устройств с уменьшенными габаритами. Достижение этой цели позволило бы снизить высоту котла и уменьшить расходы на сооружение и ремонт не только котла, но и главного корпуса электростанции. Именно в эти годы энергетики США, ФРГ и СССР начали все чаще применять высокофорсированные циклонные предтопки, которые по сравнению с обычными пылеугольными установками обеспечивали экономию до 15 % площади и до 20 % объема, повышение к.п.д. котлов за счет сокращения расхода электроэнергии на приготовление топлива и снижения коэффициента избытка воздуха с 1,20 ... 1,25 до 1,05 ... 1,10.

В настоящее время циклонный способ сжигания получил достаточно широкое применение в большой и малой энергетике, в том числе, для сжигания древесных и промышленных отходов. Циклонные топки, по сравнению с камерными, имеют более высокие тепловые нагрузки топочных камер, меньшие массогабаритные показатели и лучшую совместимость с энергетическими котлами. Они

обеспечивают высокую эффективность процессов сжигания при малых значениях коэффициента избытка воздуха и имеют еще целый ряд преимуществ. Особо следует отметить, что циклонные топки и предтопки дают возможность сжигать топливо большой влажности с небольшой теплотой сгорания и широким диапазоном изменения фракционного состава.

Анализ конструкций имеющихся циклонных топочных устройств для утилизации отходов переработки древесной биомассы позволил установить, что большинство существующих вертикальных топок и предтопок имеют верхний торцевой или периферийный выход для продуктов сгорания, что является более предпочтительным в аэродинамическом отношении, но менее эффективным с точки зрения их компоновки с существующими котельными агрегатами. При данном расположении выходного отверстия будет работать только верхняя часть топочной камеры, а ее основной объем будет простаивать в холодном состоянии, что крайне нежелательно. Данный недостаток может быть в принципе устранен заглублением циклонного предтопка за нулевую отметку. Однако это технически сложно и практически невыполнимо в условиях котельных малой энергетики.

Крайне неоднородный фракционный состав древесных отходов позволяет сделать предположение о необходимости организации их двухступенчатого сжигания. С этой точки зрения несомненный интерес представляет циклонный предтопок, содержащий циклонную камеру, камеру дожига, колосниковую решетку, расположенную в циклонной камере, и тангенциальные сопла [27]. Конструкция предтопка предусматривает двухстадийное сжигание древесных отходов в нижней и верхней камерах горения. Измельченное топливо из бункера гидравлическим плунжером подается по трубе большого диаметра на колосниковую решетку через специальное отверстие в ее центре. Образующаяся коническая куча древесных отходов воспламеняется газовой запальной горелкой, автоматически отключающейся после начала устойчивого горения топлива.

Недостатком этой конструкции является, как было отмечено выше, верхний торцевой выход дымовых газов.

Циклонный предтопок, предложенный авторами [20] (см. рисунок), содержит две камеры: циклонную 2 и дожига 4, расположенную под ней.

Подача топлива совместно с первичным воздухом в циклонную камеру производится аксиально через патрубок 1. Через четыре тангенциальных шлица 8 в ее рабочий объем вводится вторичный воздух. Для увеличения времени пребывания частиц топлива в объеме циклонной камеры, повышения надежности их воспламенения и выгорания, предусмотрен пережим 3 с буртиком, благодаря которому создаются очаги

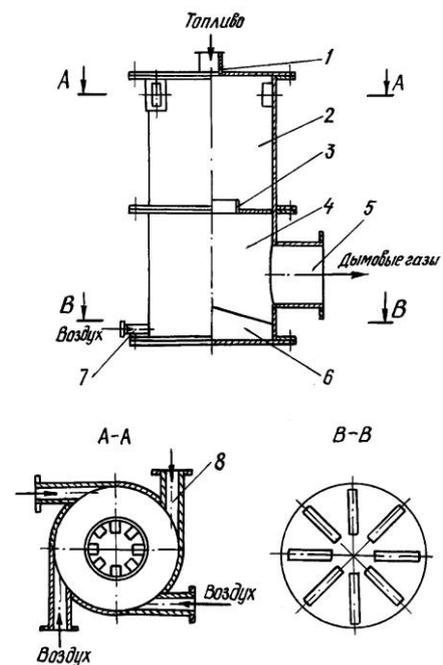


Схема циклонного двухкамерного предтопка для сжигания древесных отходов

слоевого горения. Продукты газификации и несгоревшие частицы через отверстие в пережиге попадают в камеру дожига, где поток также является закрученным, но в значительно меньшей степени. Осевой обратный ток, формирующийся в камере дожига и проникающий обратно в циклонную камеру, благоприятствует стабилизации горения топлива и перемешиванию продуктов сгорания.

Для завершения горения крупных фракций организован процесс их слоевого сжигания на колосниковой решетке 6 конического типа, под которую через патрубок 7 подается воздух. Отверстия колосниковой решетки выполнены таким образом, что обеспечивают дополнительную подкрутку газов по направлению основного вращения, тем самым повышая полноту и скорость выгорания частиц топлива. Расход воздуха, подаваемого под решетку, составляет 8 ... 10 % от его общего количества. Отвод продуктов сгорания в объем топочной камеры котлоагрегата осуществляется через выходной патрубок 5.

Предложенный циклонный предтопок хорошо komponуется с существующими котельными агрегатами, позволяет повысить полноту выгорания топлива, расширить диапазон эффективного сжигания древесных отходов с влажностью до 60 ... 65 %, снизить образование оксида азота в процессе горения. Нижний периферийный вывод продуктов сгорания дает возможность задействовать практически весь рабочий объем топочной камеры котельного агрегата.

В ходе проведенных аэродинамических исследований определены оптимальные геометрические параметры модели циклонного предтопка [3, 4, 16, 28].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексин М.В.* Экономия энергоресурсов в лесной и деревообрабатывающей промышленности / М.В. Алексин [и др.]. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 216 с.
2. *Головков С. И.* Энергетическое использование древесных отходов / С.И. Головков, И.Ф. Коперин, В.И.Найденков. – М.: Лесн. пром-сть, 1987. – 224 с.
3. *Горохов С.Г.* Влияние диаметра выходного отверстия и площади входа на аэродинамику циклонного предтопка для сжигания древесных отходов / С.Г. Горохов, Э.Н. Сабуров, В.К. Любов // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: Сб. науч. тр./ АГТУ. – 2001. – Вып. 7. – С. 49–55.
4. *Горохов С.Г.* Влияние длины циклонной камеры на аэродинамику предтопка для сжигания некондиционных древесных отходов / С.Г. Горохов [и др.]. // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: Сб. науч. тр. / АГТУ. – 2001. – Вып. 7. – С. 43–49.
5. *Доброхотов В.И.* Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Проблемы и перспективы / В.И. Доброхотов, Э.Э. Шпильрайн // Теплоэнергетика. – 1996. – № 5. – С. 2–9.
6. *Древесные отходы – источник тепловой энергии // Плиты и фанера: Экспресс-информ. по зарубежным источникам / ВНИПИЭИлеспром. – 1981. – Вып. 10. – С. 1–6.*
7. *Егоров А.И.* Энергетическое использование некондиционных отходов / А.И. Егоров, А.Н. Орехов, Э.Н. Сабуров // Лесн. пром-сть. – 1981. – № 11. – С. 2.
8. Заявка 2000102593/20 Россия, F 23 В 1/36. Устройство для сжигания высокозольных топлив / Г. А. Глебов, Е. В. Мартынов, Г. И. Павлов // Изобретения. – 2000. – № 24. – С. 150.

9. *Зысин Л.В.* Некоторые итоги применения растительной биомассы в энергетике развитых стран / Л.В. Зысин, Н.Л. Кошкин // Теплоэнергетика. – 1997. – № 4. – С. 28–32.
10. *Зысин Л.В.* Вопросы энергетического использования биомассы отходов лесопроизводства / Л.В. Зысин, Н.Л. Кошкин, Ф.З. Финкер // Теплоэнергетика. – 1994. – № 11. – С. 30–35.
11. *Зысин Л.В.* Энергетическое использование биомассы на основе термической газификации / Л.В. Зысин, Н.Л. Кошкин // Теплоэнергетика. – 1997. – № 4. – С. 23–28.
12. *Качалов П.П.* Современные и перспективные топочные устройства для сжигания некондиционных древесных отходов и коры / П.П. Качалов // Машины и оборудование для механизации лесоразработок: Межвуз. сб. – Л.: ЛТА, 1974. – Вып. 3. – С. 144–149.
13. *Кострушин А.В.* Топка для сжигания несортированного древесного топлива высокой влажности / А.В. Кострушин // Лесн. журн. – 1958. – № 1. – С. 145–152. – (Изв. высш. учеб. заведений)
14. *Котлер В.Р.* Развитие технологий факельного и вихревого сжигания твердого топлива / В.Р. Котлер // Теплоэнергетика. – 1998. – № 1. – С. 67–62.
15. *Кузнецов Н.М.* Использование биомассы для производства энергии на севере России / Н.М. Кузнецов, В.И. Шуцкий // Материалы докл. Российского национального симпозиума по энергетике. Т. 1. – Казань, 2001. – С. 231–234.
16. *Любов В.К.* Повышение эффективности энергетического использования древесных отходов, лигнина и торфа с помощью циклонных предтопок / В.К. Любов, Э.Н. Сабуров, С.Г. Горохов // Повышение эффективности теплообменных процессов и систем: Материалы Второй междунар. научно-техн. конф. Ч. 1. – Вологда: ВолГТУ, 2000. – С. 222–224.
17. Новая котельная установка вертикальной циклонной топки для сжигания отходов на мебельной фабрике фирмы «Schaffitzel» (ФРГ) // Экспресс-информ. – 1991. – № 12. – С. 8–11.
18. *Ощепков Л.С.* Сжигание пылевидных отходов в топках котлов / Л.С. Ощепков // Лесн. пром-сть. – 1981. – № 7. – С. 12–15.
19. Пат. 2142281 Франция. Циклонный предтопок для котлов / Изобретения за рубежом. Освещение и отопление, вентиляция, холодильные, сушильные и теплообменные устройства, печи. – Оpubл. 2.03.73.
20. Пат. 2196273. Циклонный предтопок / Э.Н. Сабуров, В.К. Любов, С.Г. Горохов; заявитель АГТУ – № 2001114059, приоритет от 22.05. 01.
21. Патент № 3875675 США. Циклонная топка // Изобретения за рубежом. Освещение и отопление, вентиляция, холодильные, сушильные и теплообменные устройства, печи. – Оpubл. 8.04.75.
22. *Пижурин П.А.* Повышать эффективность использования топливно-энергетических ресурсов / П.А. Пижурин // Деревообаб. пром-сть. – 1980. № 11. – С. 1–3.
23. *Пурим В.Р.* Исследование совместного сжигания древесных отходов с высокосернистым мазутом в циклонных горелочных устройствах / В.Р. Пурим // Промышленная энергетика. – 1982. – № 11. – С. 41–43.
24. *Пурим В.Р.* Об энергетическом использовании мелких древесных отходов / В.Р. Пурим // Промышленная энергетика. – 1982. – № 8. – С. 44–46.

25. *Сабуров Э.Н.* Аэродинамика циклонной камеры, закруженной мелко-дисперсной древесно-шлифовальной пылью / Э.Н. Сабуров [и др.]. // Лесн. журн. – 1987. – № 6. – С. 66–70. – (Изв. высш. учеб. заведений).

26. *Сабуров Э.Н.* Кафедра теплотехники Архангельского государственного технического университета 1930-2000 / Э.Н. Сабуров. – Архангельск: АГТУ, 2000. – 160 с.

27. *Сабуров Э.Н.* Циклонные устройства в деревообрабатывающем и целлюлозно-бумажном производстве / Э.Н. Сабуров, С.В. Карпов; под ред. Э.Н. Сабурова. – М.: Экология, 1993. – 386 с.

28. *Сабуров Э.Н.* Общая картина движения газов в объеме циклонного предтопка для сжигания древесных отходов / Э.Н. Сабуров [и др.]. // Энергосбережение в теплоэнергетических системах: Материалы междунар. научно-техн. конф. – Вологда: ВолГТУ, 2001. – С. 15–17.

29. *Сабуров Э.Н.* Циклонные топки для сжигания отходов / Э.Н. Сабуров [и др.]. // Научно-техн. политика и развитие новых отраслей экономики Архангельской области: Тез. докл. науч.-практ. конф. – Архангельск, 1998. – С. 62–63.

30. *Сташкив М.Г.* Топки для сжигания мелкодисперсных древесных отходов / М.Г. Сташкив, Я.М. Гнатышин, В.И. Белошицкий // Деревооб. пром-сть. – 1989. – № 4. – С. 15–17.

31. Топка для сжигания отходов. – 1986. – 3 с. – 86-027. (Информ. листок о научно-техн. достижении ЭСТ. НИИНТИ).

32. Burner convert wet bark other mill refuse to heat for dry kilns / Fjrest ind. – 1978. – N 6. – P. 30–31.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 16.06.03

*S.G. Gorokhov, E.N. Saburov, V.K. Lyubov*

### **Cyclone Furnace Extension for Wood Wastes Burning**

Common devices for burning wastes of wood biomass processing are considered; new original construction of cyclone furnace extension with similar designation is proposed.