

УДК 621.181:662.612

В.К. Любов

Любов Виктор Константинович родился в 1954 г., окончил в 1976 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры промышленной теплоэнергетики Архангельского государственного технического университета. Имеет более 150 публикаций в области совершенствования энергохозяйств промышленных предприятий.



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭНЕРГОХОЗЯЙСТВ ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Рассмотрены основные проблемы, снижающие эффективность работы теплогенерирующего оборудования предприятий лесопромышленного комплекса, и возможные пути их решения.

Ключевые слова: лесопромышленный комплекс, интинский уголь, шлакование поверхностей нагрева, древесные отходы, топливно-энергетический комплекс, топочная камера, котлоагрегат, оксиды азота и серы, низкотемпературная вихревая технология.

Важнейшими проблемами энергетики лесопромышленного комплекса являются модернизация и замена морально устаревшего и физически изношенного оборудования, доля которого с каждым годом увеличивается. Экономически выгодно техническое перевооружение проводить с сохранением существующих элементов установки и обязательным повышением экологических показателей оборудования на базе новых методов сжигания топлива и прогрессивных конструктивных решений. Особое место занимает вопрос экологически безопасной утилизации отходов производства. Современное состояние окружающей среды и перспектива дальнейшего увеличения использования низкокачественных углей уже сейчас заставляют шире использовать такие виды топлив и технологии производства энергии, которые в наибольшей степени отвечают экологическим требованиям [1, 2, 5, 7, 9, 10, 14–20].

Среди каменных углей, поступающих в Архангельскую область, относительно дешевые угли Печорского бассейна играют доминирующую роль (92 ... 95 %). Однако сжигание данных углей (особенно интинского) в топках котлов, работающих по схеме прямоочного факела, сопровождается интенсивным шлакованием поверхностей нагрева, что приводит к недовыработке станциями тепловой и электрической энергии. Вследствие этого, вопрос повышения эффективности сжигания углей Печорского бассейна и

сильношлакующих углей ряда других месторождений страны имеет большое хозяйственное значение. Для решения данной проблемы можно использовать низкотемпературную (НТВ) и низкоэмиссионную (ВИР) вихревые технологии сжигания топлива [18, 20]. Данные технологии позволяют реализовать метод ступенчатого сжигания топлива, снизить на 150 ... 200 °С уровень максимальных температур в топочной камере. За счет этого существенно снижается образование оксидов азота и устраняется шлакование радиационных поверхностей нагрева. Многократная циркуляция газотопливного потока в нижней вихревой зоне повышает степень связывания оксидов серы «активными» компонентами минеральной части топлива и эффективность использования сорбентов, вводимых в топочную камеру.

Архангельская область включена в список наиболее загрязненных регионов России. В то же время она является крупнейшим в Европе производителем лесной продукции и обладает большими запасами некондиционных отходов от предприятий лесопромышленного комплекса (ЛПК). С экологической и экономической точек зрения наиболее целесообразно использовать их в качестве энергетического топлива [3, 4, 10, 11, 15].

Древесина – самый древний вид топлива, однако проблема эффективного сжигания древесных отходов до сих пор остается актуальной во всем мире. Это связано с тем, что отходы переработки биомассы относятся к трудносжигаемым топливам ввиду высокой влажности и крайне неоднородного гранулометрического состава [3, 4]. Поэтому необходимо проводить работы по дальнейшему совершенствованию топочного процесса утилизационно-энергетических котлов.

В топливном балансе Архангельской области имеем: топочного мазута ~ 33,7 %, каменного угля ~ 31,8 %, природного газа ~ 28,0 %, биотоплива (дрова, отходы деревообработки, торф) ~ 6,5 %.

Значительным резервом для Архангельской области являются ее леса, которые занимают около 40 % территории. В настоящее время объем лесозаготовок в области достигает 12 ... 13 млн м³/год, а загрузка производственных мощностей ЛПК составляет ~ 66 %. При переработке древесины на предприятиях ЛПК в год образуется 2,9 ... 4,0 млн пл. м³ древесных отходов в виде коры, опилок, отсева щепы. Они сосредоточены в местах переработки древесины, их энергетический потенциал – 18,4 ... 25,2 млн ГДж/год [14, 15]. При заготовке древесины в лесах ежегодно остается от 3,5 до 5,0 млн пл. м³ древесных отходов в виде веток, сучьев, древесной зелени и вершин, которые традиционно не используются. Они вызывают загрязнение лесов, повышают их пожароопасность и способствуют размножению вредителей. Кроме того, при санитарных рубках леса, расчистке придорожных полос и просек под линии электропередач образуется еще около 0,5 млн пл. м³ биотоплива в год.

Таким образом, суммарный годовой объем древесных отходов в области составляет 6,9 ... 9,5 млн пл. м³, их энергетический потенциал – 44,0 ... 60,3 млн ГДж/год. Из этого объема в настоящее время в качестве топлива используют только около 1 млн пл. м³ древесных отходов. Учитывая,

что ЛПК области имеет тенденцию стабильного развития, а также наличие незагруженных мощностей, объем заготовок древесины будет увеличиваться до 23 ... 24 млн пл. м³/год. Это вызовет значительное увеличение объемов отходов, образующихся при заготовке и переработке древесины. Сравнение энергетического потенциала неиспользуемых древесных отходов и годовых потребностей области в тепловой энергии позволяет считать задачу преимущественного обеспечения региона тепловой энергией за счет сжигания отходов вполне реальной при условии перестройки системы лесопользования [14, 15].

Перспективные направления широкого вовлечения древесных отходов в энергетический комплекс региона:

1. Строительство мини-ТЭЦ на древесных отходах [15]. Возможны различные технологические схемы реализации этого. Они требуют значительных капитальных затрат, но позволяют производить более дешевую тепловую и электрическую энергию, а также обеспечивать энергонезависимость предприятия от внешних энергоисточников.

2. Модернизация существующих теплогенерирующих установок, работающих на древесных отходах. В настоящее время в области реализованы одиннадцать различных технологических схем энергетического использования древесных отходов. Они имеют разную степень апробации, большинство из них обладает значительным резервом повышения энергоэкологоэкономических показателей работы [2, 7, 9].

3. Перевод котлоагрегатов, работающих на жидком или газообразном топливе, на сжигание горючего газа, полученного при термической переработке древесных отходов в газогенераторных установках.

4. Получение высококачественного экологически чистого топлива путем гранулирования или брикетирования древесных отходов и замена каменного угля на гранулы или брикеты, что позволит значительно повысить технико-экономические показатели работы котельных и обеспечит существенное улучшение экологической обстановки в регионе, однако потребует значительных начальных капитальных затрат [11].

5. Увеличение энергетического использования древесных отходов путем модернизации котлоагрегатов ТЭЦ блок-станций предприятий целлюлозно-бумажной и гидролизной промышленности на низкоэмиссионные схемы сжигания с активной аэродинамикой топочного объема [2, 7, 9, 10, 14, 15, 17, 18, 20]. К данным схемам, прежде всего, следует отнести НТВ- и ВИР-технологии сжигания топлива, схему кипящего слоя, а также слоевихревые и факельно-вихревую схемы.

6. Перевод котлоагрегатов, работающих на жидком или газообразном топливе, на сжигание отходов лесопиления путем применения высокофорсированных малогабаритных предтопков [1, 16, 19].

Успешное энергетическое использование отходов, образующихся при переработке древесного сырья, а также огромных запасов лигнина, накопленных в отвалах гидролизных заводов (более 14 млн т) [3], возможно только на основе надежного и отвечающего современным требованиям теп-

логенерирующего и вспомогательного оборудования, предназначенного для работы на этом виде низкокачественного топлива.

При сжигании твердых топлив важной проблемой является снижение выбросов твердых частиц в окружающую среду, они занимают ведущую роль (42,5 %) в валовых выбросах предприятий малой энергетики. Это объясняется низкой степенью очистки (40 ... 85 %) продуктов сгорания в применяемых золоуловителях, а также отсутствием газоочистных устройств на многих котлах, работающих на каменных углях и древесных отходах. Данные обстоятельства наносят существенный вред окружающей среде и здоровью людей, в некоторых случаях снижают качество продукции предприятий ЛПК и могут быть причиной пожаров. Поскольку показатели работы большинства действующих газоочистных устройств не отвечают современному уровню развития техники и требованиям принятого закона РФ «Об охране атмосферного воздуха» важной задачей совершенствования энергохозяйств предприятий ЛПК является поэтапная модернизация и во многих случаях замена устаревшего оборудования на современное. Внедрение высокоэффективных золоуловителей, особенно, на сжигающих биотопливо котлоагрегатах – важный шаг в реализации концепции экологически чистой ТЭС (котельной).

Ужесточение нормативов выбросов вредных веществ требует качественно нового подхода к проблеме их снижения за счет освоения новых технологий сжигания, широкого вовлечения в топливный баланс отходов переработки биомассы, разработки и внедрения эффективных систем очистки. Энергетическое использование древесных отходов открывает большие дополнительные возможности в плане охраны окружающей среды и создания экологически чистых производств. Реализация программы комплексного энергетического использования образующихся древесных отходов позволит экономить в год до 2 млн т условного топлива, уменьшить выбросы сернистого газа не менее чем на 50 тыс. т/год, а также снизить выбросы оксидов азота и летучей золы. К важным социальным аспектам энергетического использования отходов переработки биомассы относятся: создание новых рабочих мест в сопутствующих производствах, повышение комфортности проживания, а также усиление энергозащищенности региона.

Комплекс исследований, выполненных в ходе промышленного освоения НТВ- и ВИР-технологий для сжигания каменных углей и биотоплив, позволил:

разработать технические предложения по модернизации котлов БКЗ-220-100 и ПК-10 на НТВ-сжигание дробленых углей Печорского бассейна с повышением их номинальной производительности на 23 ... 30 % и экологических показателей с запасом на их ужесточение в будущем;

создать при модернизации предпосылки разработки серии котлоагрегатов для сжигания дробленых углей на базе единичного модуля паропроизводительностью 100 ... 105 т/ч;

отработать оптимальную схему реализации метода инъекции сорбента в топку НТВ- и ВИР-котлов, что значительно повысило эффективность использования сорбента (известняка).

Разработаны и внедрены на восьми котлоагрегатах новые низкоэмиссионные (слое-вихревые и факельно-вихревая) схемы сжигания биотоплив неоднородного гранулометрического состава с влажностью до 65 %, обеспечившие комплексное повышение экономических и экологических показателей, а также производительности котлов на 20 ... 30 %. Выполненный комплекс работ по повышению эффективности сжигания биотоплив дал возможность получить годовой суммарный экономический эффект около 30 млн руб, значительно снизить валовые выбросы вредных веществ (NO_x – на 108 т/год, SO_2 – на 850 т/год, твердые частицы на 1200 т/год, парниковые газы (CO_2) – на 47 тыс. т/год), что оказало существенное влияние на экологическую ситуацию в регионе.

Значительный резерв экономии мазута, снижения выбросов оксидов азота и повышения надежности работы поверхностей нагрева достигается при использовании схемы ступенчатого сжигания, разработанной для котлоагрегатов ТГМ-84Б с применением рециркуляции дымовых газов. Она позволяет получить наибольший эффект (повышение КПД брутто ~ на 2 %, снижение эмиссии NO_x на 30 %, повышение сернокислотной точки росы на 11 °С) при работе данных котлов в диапазоне нагрузок 50 ... 70 % от номинальной, годовая продолжительность которых может составлять до 3 тыс. ч. Данная схема способствует уменьшению затрат в случае перевода котлов на сжигание природного газа и может быть адаптирована к конструкции других газомазутных котлоагрегатов [8].

Основой для реализации программы совершенствования энергохозяйств предприятий ЛПК должна стать система энергоаудита, основанная на планировании энергосбережения [6]. Для развития системы энергоаудита разработан универсальный программно-методический комплекс [13], позволивший осуществить комплексный подход к оценке эффективности работы теплоэнергетического оборудования с учетом энергоэкологоэкономических факторов и параметров надежности. Комплекс повысил оперативность и точность определения составляющих теплового баланса теплогенерирующих установок, работающих как на одном виде топлива, так и на их смеси; обеспечил расчет теплообмена и горения, анализ работы газовых и воздушных трактов, обработку результатов теплотехнического и гранулометрического анализов топлив и их очаговых остатков; оценил надежность работы поверхностей нагрева с позиции низкотемпературной сернокислотной коррозии и техническое состояние оборудования по результатам вибродиагностики.

На основании реализации комплексного подхода к расчетам генерации NO_x и теплообмена в топке с учетом фактических характеристик рабочей среды и режимных факторов предложена уточненная методика расчета образования NO_x , прошедшая тестирование при испытании установок, работающих на разных видах топлива с различными схемами сжигания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Горохов, С.Г.* Циклонный предтопок для сжигания древесных отходов / С.Г. Горохов, Э.Н. Сабуров, В.К. Любов // Лесн. журн. – 2004. – № 4. – С. 135–142. – (Изв. высш. учеб. заведений).
2. *Любов, В.К.* Анализ методов энергетического использования отходов переработки древесной биомассы / В.К. Любов, В.А. Дьячков // Повышение эффективности теплообменных процессов и систем: матер. II Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1. – Вологда, 2000. – С. 225–227.
3. *Любов, В.К.* Исследование теплотехнических характеристик гидролизного лигнина / В.К. Любов [и др.] // Лесн. журн. – 1994. – № 2. – С. 135–137. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. *Любов, В.К.* Исследование теплотехнических характеристик древесных отходов и торфа / В.К. Любов, В.А. Дьячков // Проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов на промпредприятиях и ТЭС: межвуз. сб. науч. тр./ СПб. ГТУРП. – СПб., 2001. – С. 240–248.
5. *Любов, В.К.* Комплексная оценка эффективности и надежности работы энергетического оборудования с целью продления его жизненного цикла / В.К. Любов // Интеграция САПР и систем информационной поддержки изделий: матер. Междунар. науч.-техн. конф. – Архангельск: АГТУ, 2004. – С. 55–60.
6. *Любов, В.К.* Некоторые вопросы энергетического менеджмента / В.К. Любов, С.В. Любова // Проблемы лесного комплекса России в переходный период развития экономики: матер. Всерос. науч.-техн. конф. – Вологда: ВоГТУ, 2004. – С. 108–111.
7. *Любов, В.К.* Опыт сжигания высоковлажных отходов промышленности в топке безмельничного котлоагрегата / В.К. Любов [и др.] // Теплообмен при хим. превращениях: тр. I Рос. нац. конф. по теплообмену. Т. 3. М.: Изд-во МЭИ, 1994. – С. 163–168.
8. *Любов, В.К.* Повышение эффективности работы котлоагрегатов ТГМ-84Б / В.К. Любов, С.А. Телицын // Пленарные и общие проблемные доклады: тр. III Рос. нац. конф. по теплообмену. Т. 1. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. – С. 159–161.
9. *Любов, В.К.* Повышение эффективности работы котлов, сжигающих древесные отходы / В.К. Любов, В.А. Дьячков // Свободная конвекция. Теплообмен при хим. превращениях: тр. II Рос. нац. конф. по теплообмену. Т. 3. – М.: Изд-во МЭИ, 1998. – С. 229–232.
10. *Любов, В.К.* Повышение эффективности энергетического использования древесных отходов / В.К. Любов [и др.] // Лесн. журн. – 1986. – № 4. – С. 117–119. – (Изв. высш. учеб. заведений).
11. *Любов, В.К.* Получение высококачественного топлива из отходов переработки биомассы / В.К. Любов, В.А. Дьячков, Е.П. Ильин // Повышение эффективности энергетических систем и оборудования: сб. науч. тр. к 70-летию АГТУ. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 1999. – С. 97–100.
12. *Любов, В.К.* Резервы энергосбережения в малой энергетике / В.К. Любов, В.А. Дьячков // Проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов на промпредприятиях и ТЭС: межвуз. сб. науч. тр./ СПб. ГТУРП. – СПб., 2002. – С. 138–147.
13. *Любов, В.К.* Программно-методический комплекс для обработки результатов испытаний теплоэнергетического оборудования и расчета вредных выбросов /

В.К. Любов, В.А. Дьячков // Свободная конвекция. Тепломассообмен при хим. превращениях: тр. II Рос. нац. конф. по теплообмену. Т. 3. – М.: Изд-во МЭИ, 1998. – С. 225–228.

14. Любов, В.К. Уменьшение выбросов вредных веществ путем повышения экологических показателей работы котлоагрегатов и увеличения доли биотоплива в топливном балансе региона / В.К. Любов // Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития: матер. Межд. конф. Т. 1. – Архангельск: Ин-т. экол. проблем Севера УрО РАН, 2002. – С. 200–204.

15. Любов, В.К. Уменьшение загрязнения окружающей среды путем повышения эффективности работы котлоагрегатов и увеличения доли биотоплива в топливном балансе региона / В.К. Любов, О.А. Любова // Успехи современного естествознания. – 2004. – №2. – С. 120–122.

16. Пат. 2196273 РФ. Циклонный предтопок: заявка 2001114059; заявл. 22.05.2001 / Сабуров Э.Н., Любов В.К., Горохов С.Г.; заявитель АГТУ.

17. Пат. 2220371 РФ. Топочное устройство для сжигания древесных отходов: заявка 2002101162; заявл. 08.01.2002 / Любов В.К.; заявитель АГТУ.

18. Померанцев, В.В. Опыт реконструкции котлов БКЗ на низкотемпературный способ сжигания твердых топлив / В.В. Померанцев [и др.] // Повышение эффективности ремонта и модернизации энергетического оборудования. Ч.1. – М., 1981. – С. 67–68.

19. Сабуров, Э.Н. Циклонное топочное устройство для сжигания отходов переработки древесной биомассы / Э.Н. Сабуров, В.К. Любов, С.Г. Горохов // Энергосбережение в теплоэнергетических системах: матер. Междунар. науч.-техн. конф. – Вологда: ВоГТУ, 2001. – С. 15–17.

20. Шестаков, С.М. Особенности низкотемпературного вихревого сжигания немолотых бурых и каменных углей / С.М. Шестаков [и др.] // Горение органического топлива: матер. V Всесоюз. конф. ИТФ СО АН СССР. Ч. 2. – Новосибирск: СО АН СССР, 1985. – С. 225–234.

Архангельский государственный
технический университет

Поступила 30.12.04

V.K. Lyubov

Improvement of Energy Departments of Forest Industrial Enterprises

The main problems reducing efficiency of heat-generating equipment of forest industrial companies and possible ways of their solution are analyzed.

