

Рис. 2. Зависимости и некоторые частные примеры определения направления магистральной.

a — зависимость комплексного коэффициента A от срока действия магистральной в данной полосе лесного массива; $1 - Q_r = 450$ тыс. m^3 ; $2 - Q_r = 300$ тыс. m^3 ; $3 - Q_r = 150$ тыс. m^3 ; *b* — зависимость предельного значения координаты $x_{пр}$ точки B от ширины полосы; $1 - A = 1,75 \times 10^{-5}$; $2 - A = 3,5 \cdot 10^{-5}$; $3 - A = 7,0 \cdot 10^{-5}$; *в* — пример назначения направления магистральной при ширине полос *в тах*, определяемой по формуле (10); *г* — возможный вариант направления магистральной $OAB'C$ с ответвлением AD для лесных массивов со сложной конфигурацией границ и весьма неравномерным размещением запасов леса.

На рис. 2, *a* представлена зависимость $A = f(n)$ для лесовозной дороги с гравийной дорожной одеждой при $C_m = 30\,000$ р.; $k_m = 0,05$ р./($m^3 \cdot km$); $k_b = 0,09$ р./($m^3 \cdot km$); а на рис. 2, *б* — зависимость $x_{пр} = f(b)$ для трех пространственных значений A .

С учетом того, что при размещении веток в лесном массиве эксплуатационная площадь последнего разделяется на отдельные зоны тяготения к веткам, ширину каждой полосы целесообразно принимать равной оптимальному расстоянию между ветками у мест их примыкания к магистральной. Таким образом,

$$b = \sqrt{\frac{C_b - C_{ус}}{30\gamma b_{ус}}}, \quad (9)$$

где C_b — стоимость постройки и содержания (за срок службы) 1 км головного участка ветки, р./км;

$C_{ус}$ — стоимость постройки и содержания 1 км уса, р./км;

$b_{ус}$ — стоимость пробега леса по усу, р./($m^3 \cdot km$).

Из формулы (7) и рис. 2, *б* видно, что координата $x_{пр} = 0$ при

На крайнем севере на вершинах самых высоких тукуланов с подвижными песками способны произрастать кедровый стланик, лиственница Каяндера и сосна обыкновенная; южнее с наиболее возвышенных форм рельефа вначале исчезает лиственница, затем — кедровый стланик, наконец, и сосна — в вегетационный период влажность поверхностного слоя песков значительно ниже минимально необходимой для появления и выживания ее всходов.

Основные насаждения, произрастающие на склонах тукуланов, представлены типами леса: на севере — сосняком (с лиственницей) лишайниковым с кедровым стлаником, сосняком (с лиственницей) толокнянковым с кедровым стлаником, реже — сосняком (с лиственницей) кустарничково-лишайниковым с кедровым стлаником, на юге — на топографически аналогичных участках сходными типами леса без участия в составе насаждений лиственницы и кедрового стланика.

Древостои на песках повсеместно характеризуются низкой производительностью: высоты в пределах 8—12 м, реже 14—15 м; диаметры древостоев на высоте груди до 20—24 см, у единичных сосен — до 40 см; запасы обычно не превышают 20—30 м³/га. В наиболее сухих экотопах сосне свойственны сильная сбежистость, искривленность и фаунистость стволов.

В бассейне р. Хоруонги глубина максимального оттаивания песчаной почвы достигает 2,2—2,5 м, в низовье р. Вилюя — 3—5 м [1]. Мощность корнеобитаемого слоя почвы в сосняках на обеих территориях составляет соответственно 0,25 и 0,6—0,7 м. Основная масса корней сосны сосредоточена в почвенной толще, температура которой в период наибольшего прогревания превышает 9—10°. На северном пределе распространения сосняки строго приурочены к положительным элементам рельефа южной экспозиции, в бассейне р. Вилюя роль экспозиции склонов в облесении тукуланов сосной не имеет такой выраженности.

Чередование участков, занятых сосной, с незакрепленной растительностью песками, обуславливает иногда продолжительную (свыше 200—300 лет) изоляцию сосняков от воздействия циклически повторяющихся пожаров (палов). Длительный «оборот огня» предопределяет постепенное накопление подроста сосны и формирование разновозрастной структуры ее древостоев.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Катасонова Е. Г. Криогенные образования в сезонно протавяющих эоловых отложениях Центральной Якутии. — В кн.: Геокриологические и гидрогеологические исследования Сибири. Якутск, 1972, с. 80—89. [2]. Павлов П. Д. Географическое распространение эоловых песков в Центральной Якутии. — В кн.: Эоловые образования Центральной Якутии. Якутск, 1981, с. 18—30. [3]. Шахова О. В. Местонахождение сосны *Pinus silvestris* L. на севере Якутской АССР. — Бот. журн., 1964, № 4, с. 581—585. [4]. Щербаков И. П. Леса северо-востока СССР. — Новосибирск: Наука, 1975. — 344 с.

УДК 662.62 : 662.612.3

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

В. К. ЛЮБОВ, С. М. ШЕСТАКОВ, Л. Т. ДУЛЬНЕВА,
Ю. К. ОПЯКИН

Архангельский лесотехнический институт
Ленинградский политехнический институт

За последние годы в комплексном использовании древесины достигнуты значительные успехи, однако на предприятиях лесозаготовительной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности все еще образуется некоторое количество некондиционных древесных отходов, рациональное использование которых возможно в энергохимических или в энергетических установках. Энергетическое использование низкосортных древесных отходов чаще всего осуществляют в топках с колосниковой решеткой и в топках скоростного горения ЦКТИ, однако такие топочные устройства обладают рядом недостатков, которые сдерживают их дальнейшее развитие [1].

Один из новых методов организации топочного процесса — низкотемпературный и вихревой метод сжигания топлив (НТВ или схема ЛПИ), разработанный и внедренный в энергетику Ленинградским политехническим институтом (ЛПИ). Длительный опыт промышленной эксплуатации котлов, работающих по схеме ЛПИ, показал, что наличие многократной циркуляции частиц в вихревой зоне позволяет сжигать топливо с неблагоприятными характеристиками без снижения надежности воспламенения и пол-

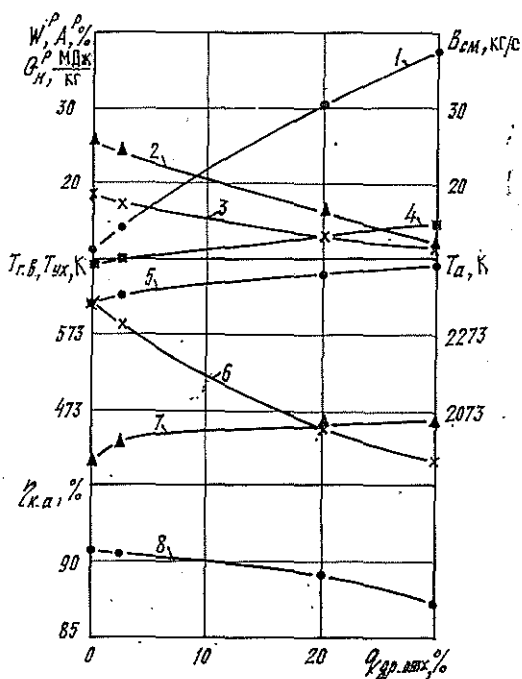
ноты выгорания [4, 5]. Результаты исследования процессов воспламенения и горения крупных частиц натурального твердого топлива [2] и опыт сжигания немолотого угля в топках с НТВ [4, 5] позволили обосновать возможность создания унифицированного по топливам котлоагрегата (без мельниц и средств очистки). Исходя из этого, наиболее оптимальный метод энергетического использования древесных отходов — их совместное с углем сжигание в топке вихревого безмельничного котла.

Использованию вторичных энергоресурсов на Архангельском целлюлозно-бумажном комбинате (АЦБК) уделяется большое внимание. До настоящего времени основную часть некондиционных отходов древесины сжигали в топках скоростного горения котлов станционных № 1—4 ТЭЦ-1 и в слоевых топках двух котлов КМ-75-40 ТЭЦ-3 АЦБК, однако в связи с планируемым демонтажом котлов ст. № 1 и 2 ТЭЦ-1 (вследствие истечения срока годности барабанов) вопрос энергетического использования неликвидных древесных отходов приобрел особую актуальность. Для оценки возможности совместного сжигания были проведены тепловые и аэродинамические расчеты котла БКЗ-220-100Ф ТЭЦ-1 АЦБК, расчет на прочность третьей ступени пароперегревателя и системы пневмотранспорта древесных отходов.

Пневмотранспорт отходов осуществляли по трубопроводу $d_{нс} = (377 \times 10) \cdot 10^{-3} \text{ м}$ (расход воздуха $2,6 \text{ м}^3/\text{с}$, температура 303 К), который у котла разводится на две линии, древесные отходы вводили в вихревую зону топки со стороны левого и правого экранов, на которых выполняют амбразуры путем разводки восьми экранных труб (разводка выполняется наружу топочной камеры).

Тепловые расчеты котла на совместное сжигание немолотого угля с древесными отходами проводили при разной доле отходов по тепловыделению ($q_{др}$, отх равно соответственно 3, 20 и 30 %) для 100 и 70 % нагрузки котла и выполняли по методике [6] с учетом кратности циркуляции топливных частиц в вихревой зоне. Несмотря на то, что станция получает каменные угли нескольких марок, в расчеты были заложены характеристики интинского угля (выбранные в соответствии с [6]), так как угли данного месторождения — основной источник местного топлива и относятся к наиболее трудносжигаемым и низкокалорийным в условиях ТЭЦ-1.

Элементарный состав и низшая теплота сгорания на рабочую массу неликвидных древесных отходов приняты с учетом эксплуатационных данных станции и имели следующие значения: влажность $W^P = 58 \%$, зольность $A^P = 1,1 \%$, $C^P = 20,87 \%$, $H^P = 2,48 \%$, $N^P = 0,27 \%$, $O^P = 17,28 \%$, теплотворная способность $Q_H^P = 6,27 \text{ МДж/кг}$, выход летучих на горючую массу $V^P = 85 \%$. При увеличении доли древесных отходов влажность топливной смеси, подаваемой в вихревую топку (дробленый уголь поступает в топку через четыре фронтальные горелки, а древесные отходы — через амбразуры боковых экранов), повышается (см. рис.), а зольность и теплотворная



Влияние доли древесных отходов в топливной смеси на ее характеристику и показатели работы котла.

- 1 — W^P ; 2 — A^P ; 3 — Q_H^P ;
 4 — V^P ; 5 — $T_г, \text{в}$; 6 — $T_а$;
 7 — $T_{ух}$; 8 — $\eta_к, \%$

способность снижаются, что приводит к уменьшению теоретической температуры горения T_a , однако температура продуктов сгорания на выходе из топки при $q_{др, отх}$ не более 30 % практически не меняется и составляет 1325 К.

Увеличение объемов продуктов сгорания приводит к росту температуры горячего воздуха $T_{г.п}$ на выходе из воздухоподогревателя, а также температуры уходящих газов $T_{ух}$; потери тепла с уходящими газами возрастают до 10,8 % ($q_{др, отх} = 30$ %), а кпд котла брутто $\eta_{к.в}$ снижается (см. рис.).

Для поддержания номинальной температуры перегретого пара (813 К) регуляторы перегрева впрыскивающего типа должны работать в следующем режиме: при $q_{др, отх} = 3$ % расход конденсата $D_{впр}^1 = 1,94$ кг/с, $D_{впр}^2 = 1,11$ кг/с; при $q_{др, отх} = 20$ % $D_{впр}^1 = 2,22$ кг/с, $D_{впр}^2 = 1,44$ кг/с; при $q_{др, отх} = 30$ % $D_{впр}^1 = 3,61$ кг/с, $D_{впр}^2 = 2,50$ кг/с (нагрузка котла номинальная). При уменьшении нагрузки котла до 70 % от номинальной температура газов на выходе из топки снижается до 1222 К, номинальная температура перегретого пара обеспечивается при $D_{впр}^1 = 0$, $D_{впр}^2 = 1,5$ кг/с ($q_{др, отх} = 20$ %).

Аэродинамические расчеты показали возможность совместного сжигания некондиционных древесных отходов (до 30 % по тепловыделению) с дробленным углем в НТВ топке при условии замены существующих дымососов на дымососы Д 20 X 2 с частотой вращения 740 об/мин. Дальнейшее увеличение доли древесных отходов в топливной смеси недопустимо по условиям обеспечения надежной работы третьей ступени пароперегревателя.

Для устранения возможного повышения потери тепла с механической неполнотой сгорания и нарушения аэродинамики топки необходимо организовать двойную сепарацию из топлива инородных включений и сильно забалластированных топливных кусков как в эжекторной системе подачи немолотого угля, так и в самой топочной камере. Максимальный размер частиц некондиционной древесины, подаваемых в котлоагрегат, не должен превышать 0,03 м. Организация низкоскоростного ввода в топку струи нижнего дутья позволит исключить эрозионный износ топочных поверхностей при переходе на безмельничный способ сжигания. Исходя из условий выгорания и длительности пребывания в топочной камере топливных частиц [3], необходимо организовать в топке специальные сепарационные устройства, выполненные из поверхностей нагрева.

Реализация данных мероприятий позволит повысить эффективность энергетического использования неликвидных древесных отходов и сэкономить дорогостоящие топлива, обеспечить устойчивость процесса воспламенения и горения топливной смеси, взрывобезопасность установки и отсутствие шлакования, а также значительно снизить загрязнение окружающей среды. Ожидаемый экономический эффект 414 тыс. р./год (из расчета на один котел БКЗ-220-100Ф).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Исследование и совершенствование конструкции топок котлов ТЭЦ АБК для скоростного и вихревого сжигания топлива: Отчет/ЛПИ—АЛТИ; Руководитель работы В. В. Померанцев.— № 3306.— Ленинград—Архангельск, 1978.— 156 с. [2]. Любов В. К. Исследование тепло- и массообмена при прогреве и горении крупных частиц натурального твердого топлива.— В кн.: Основные этапы и направления развития энергетики Архангельской области. Архангельск, 1982, с. 31—32. [3]. Любов В. К., Шестаков С. М., Любова О. А. О возможности терморазрушения топливных частиц.— Архангельск, 1984.— 17 с. Рукопись представлена Арханг. лесотехн. ин-том. Деп. в Информ-энерго 23 июля 1984, № 1419. [4]. Расчет суммарного теплообмена в топке котла, работающего по схеме низкотемпературного вихревого сжигания немолотого топлива/ В. В. Померанцев, С. М. Шестаков, В. В. Воронков.— Изв. высш. учеб. заведений. Энергетика, 1985, № 11, с. 37—42. [5]. Сжигание немолотых азейских бурых углей в низкотемпературной вихревой топке по схеме ЛПИ—ИТЭЦ-10/ Ф. А. Серант, С. М. Шестаков, В. В. Померанцев и др.— Теплоэнергетика, 1983, № 7, с. 36—41. [6]. Тепловой расчет котельных агрегатов. (Нормативный метод).— М.: Энергия, 1973.— 295 с.