

и полученной «бухгалтерским» приемом (7), убедительно свидетельствует о том, что к верному результату приводит только один из трех путей.

Теперь, когда из нескольких способов выявлен единственно приемлемый, можно ему придать общее выражение:

$$H_{\text{выр.ср}} = \frac{1}{\sum \frac{\partial_i}{H_{\text{выр.}i}}} = \frac{1}{\frac{\partial_1}{H_{\text{выр.1}}} + \frac{\partial_2}{H_{\text{выр.2}}} + \dots}, \quad (9)$$

где  $\partial_i$  — доля объема работы, приходящаяся на условия, для которых норма выработки равна  $H_{\text{выр.}i}$ .

При пользовании справочниками единых норм выработки и расценок [1] формулу можно представить в виде

$$H_{\text{выр.ср}} = \frac{kC}{\sum \partial_i H_{\text{вр.}i}}, \quad (10)$$

где  $k$  — число рабочих;  
 $C$  — время смены, ч;  
 $H_{\text{вр.}i}$  — нормы времени, чел.-ч/м<sup>3</sup>.

В заключение определим погрешность при использовании первых двух способов. В нашем примере применение способа 1 завышает выработку на тракторо-смену на 5,4 % и уменьшает потребное количество машино-смен на 93 на каждые 100 тыс. м<sup>3</sup> объема трелевки. Способ 2 дает погрешности соответственно +1,3 % и —23,6 маш.-см. Если расчет выполняется не по одной операции, а по всему процессу, погрешность, естественно, становится больше.

Рассмотренный вопрос не является надуманным. По способу 1 ведутся расчеты при реальном проектировании лесозаготовительных предприятий, при определении экономической эффективности, в учебном проектировании. Работники производства, в случаях, когда возникает необходимость найти среднюю норму, обычно пользуются способом 2. И лишь бухгалтера расчетной части избегают этих ошибок, поскольку не пользуются средними.

Мы рассмотрели самый простой случай, когда переменным был один фактор. При одновременном влиянии двух-трех факторов неправильное осреднение норм может привести к еще более значительным искажениям. Очевидно также, что все сказанное справедливо не только для лесозаготовительных работ.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Единые нормы выработки и расценки на лесозаготовительные работы. — М.: НИИТруда, 1982, с. 16.

УДК 662.613.11

### О ВЛИЯНИИ МАЗУТА НА ВЫГОРАНИЕ МЕЛКОФРАКЦИОННЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

В. Р. ПУРИМ, В. И. НАЙДЕНОВ, И. Ф. КОПЕРИН

Гипрокоммунэнерго, ЦНИИМЭ

На предприятиях лесной и деревообрабатывающей промышленности образуется большое количество мелкофракционных древесных отходов, которые иногда используют в качестве присадки для сжигания высококалорийных ископаемых топлив. Вопросы эффективного совместного сжигания смеси топлив актуальны, так как уменьшение КПД котлоагрегата при добавлении древесных отходов недопустимо из-за перерасхода высококалорийных топлив. В литературе [1] имеются некоторые данные по совместному сжиганию древесных отходов и топочного мазута. В настоящей статье на основе теории приведенной пленки В. В. Померанцева [2] сделана попытка учесть влияние мазута на выгорание древесного кокса.

Для расчета воспользуемся схемой [3], которая достаточно полно учитывает влияние диффузионных и кинетических факторов на процесс горения, а также взаимодействия частиц в полифракционном факеле. Примем, что древесные частицы равномерно распределены в потоке и их температура равна температуре потока. Время воспламе-

нения частиц мало по сравнению с общим временем их выгорания, которое определяется длительностью горения частиц коксового остатка. При этом скорость выгорания коксовых частиц определяется выражением

$$\frac{d\delta_i}{d\tau} = \frac{44,8KO_2}{\left(1 + \frac{K\delta_i}{Nu_d D}\right) \rho_k 0,21 V_k} = \frac{213,333C_{O_2}}{\left(\frac{1}{K} + \frac{\delta_i}{Nu_d D}\right) \rho_k V_k}, \quad (1)$$

где  $K = K_0 \exp(-E/RT_\phi)$  — эффективная константа скорости реакции по реакции  $C + O_2 = CO_2$  м/с;

$Nu_d$  — среднее по ансамблю частиц диффузионное число Нуссельта;

$C_{O_2}$  — текущая концентрация кислорода, моль/м<sup>3</sup>;

$V_k$  — теоретический объем воздуха, необходимый для сгорания 1 кг древесного кокса, м<sup>3</sup>/кг;

$\rho_k$  — плотность кокса, кг/м<sup>3</sup>;

$D$  — коэффициент диффузии, м<sup>2</sup>/с.

При равномерном распределении частиц и кислорода по сечению потока концентрация кислорода одинакова для частиц всех фракций. Учитывая это, получим:

$$\left(1 + \frac{K\delta_i}{Nu_d D}\right) d\delta_i = \left(1 + \frac{K\delta_1}{Nu_d D}\right) d\delta_1. \quad (2)$$

Интегрируя уравнение (2) и предположив, что константа скорости реакции  $K$  и коэффициент диффузии  $D$  — функции температуры факела  $T_\phi$  получим:

$$\frac{\delta_i}{\delta_{01}} = \sqrt{\left(\frac{Nu_d D}{K\delta_{01}}\right)^2 + (y^2 - 1 + x^2) + 2 \frac{Nu_d D}{K\delta_{01}} (y - 1 + x) - \frac{Nu_d D}{K\delta_{01}}}. \quad (3)$$

При горении в диффузионной области  $\left(\frac{Nu_d D}{K\delta_{01}} \rightarrow 0\right)$ , характерной для горения древесных частиц:

$$\frac{\delta_i}{\delta_{01}} = \sqrt{y^2 - 1 + x^2}; \quad y = \frac{\delta_{0i}}{\delta_{01}}; \quad x = \frac{\delta_1}{\delta_{01}}, \quad (4)$$

где  $\delta_{0i}$  и  $\delta_{01}$  — начальные параметры  $i$ -той и наиболее крупной из горящих в факеле частиц;

$\delta_i$  и  $\delta_1$  — соответственно текущие размеры этих частиц.

В некоторый момент времени  $\tau$ , отсчитываемого от момента входа древесных отходов в топочную камеру, в факеле находятся и горят только те коксовые частицы, которые имели размер больше начального  $(\delta_{0i})_\tau$  размера частицы, полностью сгоравшей к выбранному моменту  $\tau$ .

Общее количество несгоревшего кокса  $G$  (на 1 кг рабочей массы) можно определить из следующего выражения:

$$G = K_p \int_{(\delta_{0i})_\tau}^{\delta_{0i}} \frac{|dR_{0i}|}{d\delta_{0i}} \left(\frac{\delta_i}{\delta_{0i}}\right)^3 d\delta_{0i}; \quad (5)$$

с учетом выражения (4) имеем

$$G = K_p I_1(x),$$

$$I_1(x) = \int_{\sqrt{1-x^2}}^1 \frac{|dR_{0i}|}{dy} \cdot \frac{1}{y^3} (y^2 - 1 + x^2)^{3/2} dy. \quad (6)$$

Здесь  $a_{d01} = \frac{Nu_d D}{\delta_{01}}$  — коэффициент диффузионного обмена для начальной частицы наиболее крупного размера;

$K_p = 1 - (W^p + A^p + V^p)$  — относительное содержание кокса на рабочую массу отходов, кг/кг;

$W^p, A^p, V^p$  — относительное содержание соответственно влаги, золы и летучих на рабочую массу, кг/кг;

$R_{0i}$  — относительное массовое содержание (остаток на сите) частиц с размером, большим  $\delta_{0i}$ , в исходных древесных отходах.

Из общего количества несгоревшего кокса за время  $d\tau$  выгорает кокса

$$dG = K_p dI_1(x). \quad (7)$$

С другой стороны, кинетическое уравнение для процесса выгорания факела можно выразить в виде:

$$dG = \frac{22,4}{0,21 V_k} (K_{пр} F) O_2 d\tau. \quad (8)$$

Текущее значение произведения приведенной константы скорости реакции  $K_{пр}$  на величину удельной поверхности коксовых частиц выражается формулой

$$K_{пр} F = \psi \int_{(\delta_{0i})_{\tau}}^{\delta_{0i}} \frac{K}{1 + \frac{K\delta_i}{Nu_d D}} \pi \delta_i^2 dN_i, \quad (9)$$

где  $dN_i$  — число частиц  $i$ -той фракции в 1 кг исходных древесных отходов;

$\psi$  — коэффициент формы;

$K$  — кинетическая константа скорости горения.

Текущую концентрацию кислорода в факеле с учетом расхода кислорода на горение летучих можно найти из выражения

$$O_2 = \frac{0,21 V_k}{V_r} \cdot \frac{p}{RT} K_p \left[ (\alpha_r - 1) \frac{V_0}{V_k} \cdot \frac{1}{K_p} + I_1(x) \right]. \quad (10)$$

Здесь  $V_r$  — объем газов, образующихся при горении 1 кг древесных отходов при избытке воздуха на выходе из топки, м<sup>3</sup>/кг;

$p$  — давление в топочной камере, Н/м<sup>2</sup>;

$R$  — газовая постоянная, Дж(моль · К);

$T$  — абс. температура;

$\alpha_r$  — коэффициент избытка воздуха в топочной камере.

Если в уравнение (8) подставим выражения для  $K_{пр}F$  и  $O_2$ , то получим:

$$\frac{K d\tau}{\beta \delta_{0i}} = \frac{1 + \frac{K \delta_{0i}}{Nu_d D} x}{a + I_1(x)} dx, \quad (11)$$

где

$$\beta = \frac{\rho_k V_r R T_{\phi}}{\psi^2 \cdot 22,4 p K_p};$$

$$a = (\alpha_r - 1) \frac{V_0}{V_k K_p};$$

$T_{\phi}$  — средняя эффективная температура факела;

$\rho_k$  — плотность коксового остатка, кг/м<sup>3</sup>;

$\psi$  — коэффициент, учитывающий отличие формы частиц от шаровой.

Анализируя процессы, протекающие в диффузионной области (высокореакционное топливо) и интегрируя (11), имеем:

$$\frac{\alpha_{\delta_{0i}} \tau}{\beta \delta_{0i}} = \frac{Nu_d D \tau}{\beta \delta_{0i}^2} = \int_x^1 \frac{\frac{Nu_d D}{K \delta_{0i}} + t}{a + I_1(t)} dt. \quad (12)$$

Механический недожог определяем по формуле

$$q_4 = \frac{Q_k K_p I_1(x)}{Q_H^p}, \quad (13)$$

где  $Q_k$  и  $Q_H^p$  — теплота сгорания кокса и древесных отходов.

В вычислительном центре ЦНИИМЭ проведены расчеты по определению механического недожога с учетом специфики древесного топлива (см. табл.).

Топливо	Влажность $W^P$ , %	Теплота сгорания $Q_{н}^P$ , МДж/кг	Энергия активации $E$ , МДж/моль	Скоростная константа $K_0 \cdot 10^{-4}$ , м/с	Плотность кокса $\rho_k$ , кг/м <sup>3</sup>	Выход летучих $V$ , %	Теплота сгорания кокса $Q_k$ , МДж/кг
Антрацит	8,5	20,05	140,4	4,5	1500	3,5	33,94
Древесные отходы	До 55,0	16,76	129,9	60,0	340	85	33,94

Данные по расчетам приведены на рис. 1—4.

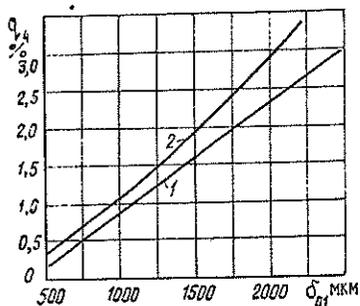


Рис. 1. Зависимость механического недожога  $q_4$  от размера частиц  $d_{01}$  при различных значениях влажности.

1 —  $W^P = 10$ ; 2 — 30 %.

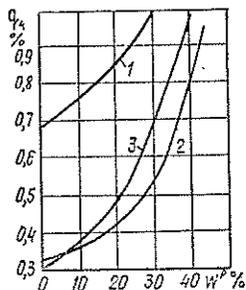


Рис. 2. Зависимость механического недожога  $q_4$  от влажности  $W^P$  при различных значениях коэффициента избытка воздуха.

1 —  $\alpha = 1,2$ ; 2 — 1,5; 3 — 1,9.

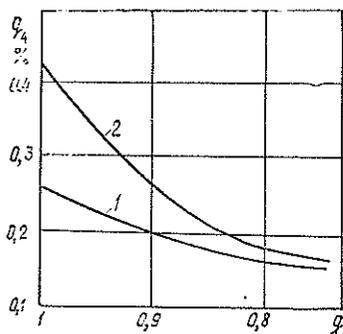


Рис. 3. Зависимость механического недожога  $q_4$  от массовой доли мазута  $g$  при различных значениях влажности древесной пыли.

1 —  $W^P = 0$ ; 2 — 30 %.

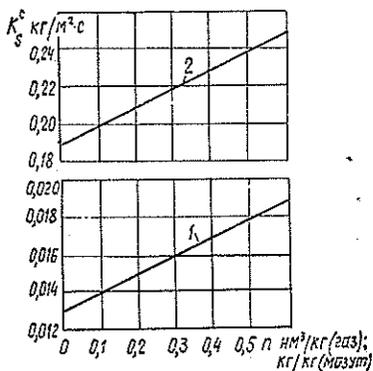


Рис. 4. Зависимость средней интегральной скорости горения  $K_S^c$  угольной пыли и мелкофракционных древесных отходов от количества природного газа или мазута, приходящегося на 1 кг пыли или на 1 кг отходов.

1 — угольная пыль в смеси с природным газом; 2 — мелкофракционные древесные отходы в смеси с мазутом.

Согласно проведенным расчетам, добавление мазута к мелкофракционным древесным отходам, в составе которых имеются как мелкие, так и крупные фракции, уменьшает механический недожог, особенно для влажных и крупных фракций ( $W^P \geq 30\%$ ,  $d_{01} > 200$  мкм). Этот вывод очень существен, так как для большинства твердых топлив (антрацит, каменный уголь) добавка мазута, хотя и повышает и стабилизирует температурный уровень в топочной камере, ведет к увеличению недожога [4]. Это происходит потому, что горение угля осуществляется при недостатке кислорода, который отбирается высокорекреакционным топливом (мазутотом).

Древесина, богатая летучими, из-за высокой химической активности (константа скорости реакции на порядок выше, чем у антрацита) практически горит совместно с мазутом в диффузионной области, чем и объясняется увеличение скорости выгорания и уменьшение механического недожога. Этот процесс происходит потому, что древесное топливо отличается от всех других видов твердого топлива значительно большим содержанием кислорода (40%), а также большим выходом летучих компонентов (85%). Это обеспечивает достаточное количество окислителя и активное совместное сгорание древесины и мазута. Однако необходимо отметить, что для крупных фракций, несмотря на наличие мазута, недожог имеет место, и для полной его ликвидации необходимо существенно увеличить интенсификацию процессов тепло-массообмена (увеличение чисел Рейнольдса и Нуссельта в формуле (1)). При увеличении скорости прямоточного потока резко падает время пребывания в топочной камере частицы, которая не успевает сгореть. Поэтому для мелкофракционных древесных отходов, необходим циклонный способ для совместного сжигания их с топочным мазутом.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Липпе Б. К. Сжигание мелких топлив во взвешенном состоянии. — Изв. ВТИ, 1932, № 3, с. 15—35. [2]. Основы практической теории горения/ Под ред. В. В. Померанцева. — Л.: Энергия, Ленингр. отд-ние, 1973. — 264 с. [3]. Померанцев В. В., Шагалова С. Л., Арефьев К. И. Приближенная методика расчета выгорания пылеугольного факела. — Теплоэнергетика, 1958, № 11, с. 33—41. [4]. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. — М.: Энергия, 1973. — 296 с.

УДК 674.093.26.03 : 53.087

### СИСТЕМА ПОСТАНОВОЧНОГО УЧЕТА СЫРЬЯ НА БАЗЕ УВМ

Н. А. СКУРИХИН, М. М. ТИМАШЕВ, Ю. К. ЯХОНТОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Постановочный учет фанерного сырья на предприятиях деревообрабатывающей промышленности ведется эпизодически. Это объясняется значительной трудоемкостью операции учета, поскольку чураки обмеряют вручную. Отсутствие данных об объемах перерабатываемого сырья не позволяет, в свою очередь, решать задачи рационального его использования, следить за соблюдением нормативов процентного выхода шпона, правильно оплачивать труд работающих. Задачу учета сырья для луцильного отделения предприятия можно решить с помощью автоматической системы учета с применением управляющей вычислительной машины, работающей в режиме контроля.

Автоматическая система учета (рис. 1) включает в себя: датчики на луцильных станках (Д1—Д4), устройство преобразования сигналов датчиков (УПС) и управляющую вычислительную машину «Электроника ДЗ-28» с устройством ввода-вывода данных «Консул-260». Устройства преобразования сигналов датчиков и сами датчики — нестандартные устройства системы. Датчики реализованы на контактных и бесконтактных конечных выключателях. Устройство преобразования сигналов выполнено на интегральных микросхемах серии К155.

По функциональному назначению автоматическую систему учета сырья можно разделить на подсистему контроля диаметра чурака и на вычислительно-информационную подсистему. В основу работы первой подсистемы положен принцип статистического усреднения результатов отдельных измерений диаметров чураков за некоторое определенное время работы станка.

Так как точность результатов измерения диаметра одного чурака определяется величиной случайной ошибки, то при неизменном способе измерения среднюю квадратичную ошибку в определении среднего диаметра чурака  $\sigma_{\bar{d}}$  можно уменьшить за счет увеличения числа измеренных чураков:

$$\sigma_{\bar{d}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}},$$