

Задаваясь значениями давления пара в конденсаторе при различных нагрузках турбины по (2), (3), (5) можно рассчитать изменение удельного расхода тепла на турбину при отклонении начального параметра на заданную величину. Табличные значения  $\Delta q$  аппроксимируются аналитическим выражением, содержащим фактические величины соответствующего начального параметра, мощности блока и давления отработавшего пара.

Для температуры острого пара

$$\Delta q_{t_0} = (t_0 - 565) (0,03043 - 0,00000665 N_{\Gamma} + 0,058 p_{\kappa}). \quad (7)$$

Для температуры горячего промперегрева

$$\Delta q_{t_{01}} = (t_{01} - 546 - 0,12 N_{\Gamma}) (0,01136 + 0,000006 N_{\Gamma} + 0,067 p_{\kappa}). \quad (8)$$

Для потери давления в тракте промежуточного перегрева

$$\Delta q_{\Delta p} = (14 - \Delta p) (0,0125 + 0,000059 N_{\Gamma} + 0,115 p_{\kappa}). \quad (9)$$

Для давления острого пара

$$\Delta q_{p_0} = (p_0 - 130) (0,0127 + 0,00005 N_{\Gamma} + 0,1 p_{\kappa}). \quad (10)$$

Е.Н. Толчинский, В.Д. Дунский, В.В. Ашейчик

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗМОЛА В ПЫЛЕСИСТЕМАХ С МЕЛЬНИЦАМИ-ВЕНТИЛЯТОРАМИ

В данной статье приводятся результаты исследования процесса измельчения топлива на экспериментальной установке.

Под процессом измельчения влажного полидисперсного материала, каким является фрезерный торф, в пылесистеме с мельницами-вентиляторами (МВ) понимается суммарный эффект измельчения за счет энергии мелющего органа и диспергирования материала во время сушки. Измельчение топлива в полости мельницы-вентилятора происходит за счет удара лопаткой колеса по частице, разрушения частицы при ударе о броню корпуса, а также истирания топлива о поверхность ло-

патки колеса при скольжении. Эффективность измельчения топлива зависит от энергии колеса (частоты вращения), от концентрации топлива на входе в МВ и степени подсушки влажного топлива перед поступлением в мельницу.

Сушка топлива изменяет реологические свойства материала, что способствует лучшему размолу в мельнице, а также вызывает предварительное измельчение вследствие распада конгломератов из слипшихся мелких частиц, растрескивания под действием термических напряжений и дробления от соударения частиц и трения их о стенки сушильной шахты [1].

Для выявления причин, вызывающих измельчение, исследование проводилось в изотермических и неизотермических условиях. В опытах использовался фрезерный торф со степенью разложения  $S = 30 - 35\%$ . Влажность торфа ( $W^p$ ) изменялась от 25 до 52%. Окружная скорость колеса МВ варьировалась в пределах 40 - 70 м/с. Расходная концентрация ( $\mu_p$ ) в опытах изменялась от 0,06 до 0,25 кг/кг.

В работе [1] интенсивность измельчения материала оценивалась по изменению полного остатка на сите для какой-либо фракции. Однако по изменению одной лишь узкой фракции нельзя судить об измельчении всей совокупности частиц такого полидисперсного материала, как фрезерный торф. В исследованиях по измельчению фрезерного торфа в пылесистеме с МВ параметром, определяющим степень измельчения, была выбрана удельная поверхность одного килограмма материала. Удельная поверхность частиц материала в зависимости от их диаметра определяется по уравнению

$$\sigma = \frac{6}{\gamma_M d_M},$$

где  $d_M$  - диаметр частицы топлива;  $\gamma_M$  - плотность топлива.

Диаметр материала связан с эквивалентным диаметром равенством

$$d_M = d_{\ominus} f^{0,5},$$

где  $f$  - коэффициент формы.

Коэффициент формы для частиц фрезерного торфа верхового и низинного типов изменяется в пределах 1,2 - 2,8 [2]. В

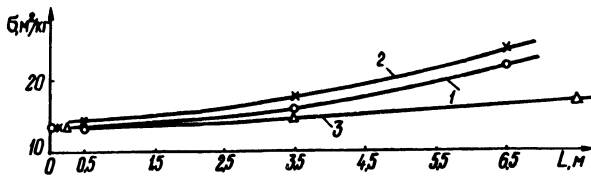


Рис. 1. Приращение удельной поверхности фрезерного торфа по длине шахты в изотермических условиях:  
 1 —  $W^D = 25\%$ ;  $B_0 = 210$  кг/ч; 2 —  $W^D = 25\%$ ,  $B_0 = 150$  кг/ч; 3 —  $W^D = 33 \div 53\%$ ,  $B_0 = 75$  кг/ч.

наших расчетах коэффициент формы принимался равным  $f = 2,0$ .

Эквивалентный диаметр определялся на основании зерновых характеристик по зависимости

$$d_{\text{э}} = \frac{100}{\sum \frac{\Delta i}{d_i}},$$

где  $\Delta i$  — весовая доля в смеси частиц размера  $d_i$ .

Измельчение любой узкой фракции материала при прохождении его по тракту пылесистемы тотчас скажется на уменьшении эквивалентного диаметра, что приведет к увеличению поверхности 1 кг материала, по изменению которой оценивается эффективность измельчения.

На рис. 1 показано изменение удельной поверхности фрезерного торфа по длине сушильной шахты. Удельная поверхность для фрезерного торфа с влажностью  $W^D = 25\%$  и  $B_0 = 150$  кг/ч (кривая 1) возрастает с  $S_1 = 14$  м²/кг (в начальном участке шахты) до  $S_2 = 22$  м²/кг на расстоянии 6,5 м от начала входа материала. Другими словами, приращение поверхности за счет трения частиц о стенки сушильной шахты и соударения друг с другом на расстоянии 6,5 м составляет 60%. С возрастанием расхода материала с 150 до 210 кг/ч для фрезерного торфа той же влажности приращение составляет уже приблизительно 70% (кривая 2) за счет увеличения концентрации, а следовательно, и частоты столкновения. С повышением влажности фрезерного торфа до 33 — 52% эффект измельчения по длине шахты практически исчезает (кривая 3),

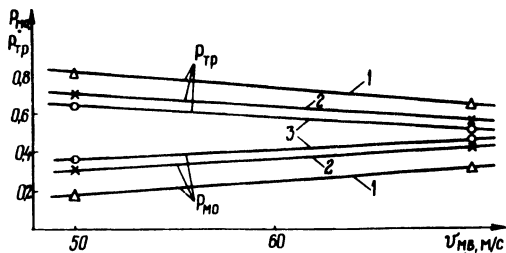


Рис. 2. Зависимость коэффициентов  $r_{\text{тр}}$  и  $r_{\text{м.о}}$  от окружной скорости колеса МВ при  $w^p = 25\%$  (1, 2, 3 —  $V_0 = 210, 150, 95$  кг/ч).

так как частицы торфа приобретают пластичность и в изотермических условиях их трение о шахту и соударение друг с другом не вызывает разрушения.

Фрезерный торф невысокой влажности (25%) очень интенсивно измельчается в шахте и эта доля составляет 0,8 от общего измельчения в пылесистеме при окружной скорости колеса  $v_{\text{М.В}} = 50$  м/с (рис. 2). С ростом окружной скорости колеса МВ  $v_{\text{М.В}}$  уменьшается доля измельчения торфа за счет трения  $r_{\text{тр}}$  и возрастает доля измельчения за счет работы мелющего органа  $r_{\text{м.о}}$ . Так, при  $v_{\text{М.В}} = 70$  м/с и  $V_0 = 210$  кг/ч  $r_{\text{тр}} = 0,65$  и  $r_{\text{м.о}} = 0,35$ , а при  $v_{\text{М.В}} = 50$  м/с  $r_{\text{тр}} = 0,8$  и  $r_{\text{м.о}} = 0,2$ .

Коэффициент измельчения трением в шахте  $r_{\text{тр}}$  и коэффициент измельчения за счет энергии мелющего органа  $r_{\text{м.о}}$  определяется из выражений

$$r_{\text{тр}} = \frac{\Delta \sigma_{\text{тр}}}{\Delta \sigma_{\Sigma}}, \quad r_{\text{м.о}} = \frac{\Delta \sigma_{\text{м.о}}}{\Delta \sigma_{\Sigma}},$$

где  $\Delta \sigma_{\text{тр}}$  и  $\Delta \sigma_{\text{м.о}}$  — приращение удельной поверхности соответственно в сушильной шахте и в полости МВ;  $\Delta \sigma_{\Sigma}$  — суммарное измельчение материала в пылесистеме.

При увеличении окружной скорости колеса увеличивается энергия, сообщаемая лопатками колеса частицам фрезерного торфа. При столкновении эти тела обмениваются энергией. Минимальная энергия колеса, вызывающая достаточные разруша-

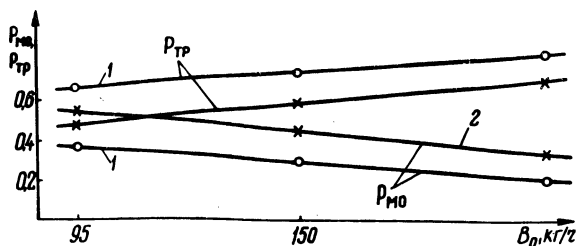


Рис. 3. Изменение коэффициентов  $p_{MO}$  и  $p_{TP}$  от расхода материала через пылесистему (1, 2 --  $V_{M.B} = 50, 70 \text{ м/с}$ ).

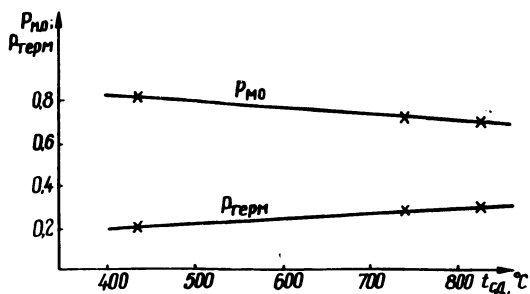


Рис. 4. Зависимость коэффициентов  $p_{MO}$  и  $p_{терм}$  при изменении температуры сушильного агента.

ющие напряжения в частице, определяется реологическими свойствами размалываемого материала. Для фрезерного торфа эти свойства зависят в основном от влагосодержания. С увеличением влажности фрезерный торф становится пластичным, и энергия удара не вызывает разрушения частицы. По-разному измельчаются при ударном размоле и частицы торфа различного диаметра.

С увеличением окружной скорости колеса МВ от 40 до 70 м/с (рис. 2) доля измельчения фрезерного торфа за счет энергии колеса МВ  $p_{MO}$  увеличивается и тем значительнее, чем меньше влажность торфа и чем меньше загрузка МВ по топливу.

С увеличением загрузки МВ по топливу доля измельчения за счет энергии колеса уменьшается, а измельчение в шахте трением возрастает (рис. 3).

Приращением поверхности материала вследствие размола, совмещенного с сушкой, увеличивается. Кроме увеличения поверхности материала в сушильной шахте, эффективнее происходит размол и в самой мельнице, так как предвключенная сушка создает благоприятные условия для размола.

На рис. 4 представлено изменение  $r_{\text{терм}}$  и  $r_{\text{М.о}}$  в зависимости от температуры сушильного агента при  $V^{\text{М.о}} = 125 \text{ кг/ч}$ . При увеличении  $t_{\text{с.а}}$  от 430 до 830 °С  $r_{\text{терм}}$  возрастает с 0,2 до 0,3 в абсолютных величинах, или на 50%. Доля  $r_{\text{М.о}}$  примерно настолько же снижается при общем увеличении поверхности материала в пылесистеме с ростом  $t_{\text{с.а}}$ . Снижение  $r_{\text{М.о}}$  объясняется ростом  $r_{\text{терм}}$  в том же диапазоне температур. Как показали опыты, размол фрезерного торфа, совмещенный с сушкой, увеличивает удельную поверхность материала приблизительно в 3 – 5 раз по сравнению с размолом в изотермических условиях, если исходная влажность торфа  $W^{\text{Р}} = 25 - 33\%$ , и приблизительно в 20 раз, если  $W^{\text{Р}} = 50\%$ .

#### Л и т е р а т у р а

1. Любошиц И.Л. Искусственная сушка фрезерного торфа. – "Труды ин-та энергетики АН БССР", 1958, вып. 5. 2. Кислов Н.В. Физические и аэродинамические свойства измельченного торфа. Под ред. Ф.А. Опейко. Минск, 1967.

В.И. Щербич, В.Л. Ходырев

#### ВЫБОР УРАВНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ВОДЫ И ПАРА В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА ЭКОНОМИЧНОСТИ ТУРБОУАГРЕГАТОВ

При расчете характеристик состояния узлов (проточная часть турбины, поверхность охлаждения конденсатора, регенеративные и сетевые подогреватели), показателей изменения экономичности, материальных и энергетических балансов турбоагрегата требуются уравнения состояния воды и пара для вычисления энтальпий, энтропии пара, температуры и давления насыщенного пара [1]. Табличное представление в ЭВМ указан-