

**ПАРОВЫЕ КОТЛЫ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО,
ГОРЕЛОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА
И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ КОТЛОВ**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ШАРОВОЙ
БАРАБАННОЙ МЕЛЬНИЦЫ ПРИ РАЗМОЛЕ БУРЫХ УГЛЕЙ**

© 2021 г. С. Д. Иванов^а, *, А. Н. Кудряшов^а, В. В. Ощепков^а

^аИркутский национальный исследовательский технический университет,
ул. Лермонтова, д. 83, г. Иркутск, 664074 Россия

*e-mail: ivsd55@yandex.ru

Поступила в редакцию 24.02.2020 г.

После доработки 25.03.2020 г.

Принята к публикации 20.05.2020 г.

Шаровые барабанные мельницы (ШБМ) являются одним из основных типов углеразмольного оборудования в России. Существенный недостаток ШБМ – высокое потребление электроэнергии (значительная часть собственных нужд ТЭС). При огромных масштабах производства уменьшение этих затрат даже на несколько процентов дает значительный экономический эффект. Рассмотрена задача минимизации удельных затрат энергии на размол и транспорт азейского угля в шаровой барабанной мельнице ШК-32. Для влажных бурых углей эффективность размола и транспорта угольной пыли достигается обычно в режиме равенства размольной и сушильной производительностей мельницы. Реализация этого режима – условие необходимое, но недостаточное. Получена система уравнений, описывающих процессы размола и транспорта угольной пыли. Анализ уравнений показывает, что удельные затраты энергии на размол обратно пропорциональны расходу воздуха, а удельные затраты на транспорт пылегазового потока пропорциональны квадрату расхода воздуха. Этот факт обеспечивает наличие минимума удельных затрат энергии на пылеприготовление. Проведено сравнение расчетных затрат удельной энергии на пылеприготовление в шаровой барабанной мельнице ШК-32 с экспериментальными результатами, которые были получены при режимно-наладочных испытаниях пылесистемы Иркутской ТЭЦ-9. Средние отклонения результатов расчетов от экспериментальных данных находятся в диапазоне $\pm 10\%$. Сравнение расчетных и экспериментальных данных свидетельствует о том, что математическая модель режима равенства размольной и сушильной производительностей ШБМ адекватно описывает процессы, протекающие при подготовке топлива к сжиганию. Показано, что повышения эффективности пылесистем с ШБМ можно достичь только после подробного исследования транспорта угольной пыли. В предложенном методе определения оптимальной производительности ШБМ последовательно учтено влияние полидисперсности угольной пыли на аэродинамическое сопротивление мельницы.

Ключевые слова: шаровая барабанная мельница, удельные затраты энергии на пылеприготовление, сушильная производительность мельницы, гранулометрический состав угольной пыли

DOI: 10.1134/S0040363621010136

При размоле углей используются пылесистемы с шаровыми барабанными мельницами [1], повышение эффективности работы которых определяется удельными затратами энергии на производство угольной пыли при заданных влажности, температуре и гранулометрическом составе. В ШБМ одновременно происходят измельчение, сушка угля и аэродинамическая сепарация угольной пыли. На качество этих процессов оказывают влияние:

конструктивные параметры (размеры ШБМ, скорость вращения барабана, форма брони и т.п.);

режимные параметры (степень заполнения барабана шарами, вентиляция мельницы, производительность по угольной пыли заданного качества);

внешние факторы (исходная влажность и твердость угля, температура сушильного агента, присосы воздуха и т.д.).

Наличие большого количества переменных затрудняет оптимизацию затрат энергии на пылеприготовление [2]. Следует отметить, что наибольшее влияние оказывают режимные параметры, управляя которыми можно компенсировать случайные вариации внешних факторов. Но утверждать, что полученный режим является оптимальным, невозможно без дополнительных исследований.

Эффективным способом стабилизации внешних факторов является модернизация конструктивных элементов, обеспечивающих предварительную сушку топлива, уплотнение каналов транспорта уг-

ля, подогрев сушильного агента. Очевидно, что эти мероприятия повышают сушильную производительность мельницы, что приводит к росту ее размольной производительности, которая, в свою очередь, влияет на эффективность работы ШБМ. Этим соответствием можно управлять с помощью размольной производительности при изменении шаровой загрузки мельницы [3, 4] или формирования заданного гранулометрического состава пыли [5, 6]. При использовании ШБМ для размол влажных углей ее сушильная производительность ограничивает размольную производительность. Поэтому для анализа эффективности работы ШБМ необходимо определять реальную размольную производительность по уравнениям теплового баланса сушки угля.

В [7, 8] представлен анализ результатов режимных испытаний пылесистемы с мельницей ШК-32 и промежуточным бункером пыли при размоле на Иркутской ТЭЦ-9 (г. Ангарск) углей Азейского месторождения. Эксперименты были проведены в широком диапазоне по шаровой загрузке (от 41 до 69 т) при степени заполнения барабана шарами $\psi_6 = 0.190-0.318$. Для каждого значения ψ_6 расход горячего воздуха изменяли в пределах от 64000 до 106000 м³/ч. Поэтому удельные затраты энергии на производство угольной пыли изменялись в широком диапазоне – от 17 до 25 кВт · ч/т.

В [7] показано, что сушильная производительность с удовлетворительной точностью совпадает с размольной производительностью мельницы (коэффициент корреляции равен 0.98), что гарантирует эффективность работы ШБМ. На самом деле соответствие размольной и сушильной производительностей является условием необходимым, но недостаточным. Для достижения полной оптимизации работы ШБМ должно выполняться условие [9]

$$K_{\text{вент}} = V_{\text{в}}/V_{\text{м.в. опт}} = 1,$$

где $K_{\text{вент}}$ – коэффициент вентиляции; $V_{\text{в}}$ – расход сушильного агента (воздух); $V_{\text{м.в. опт}}$ – оптимальный расход воздуха через пылесистему (производительность мельничного вентилятора) по условиям размол, обеспечивающий минимум удельных затрат энергии на размол и транспорт угольной пыли.

СИСТЕМА УРАВНЕНИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА УДЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ НА ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЕ В ШБМ

Эффективный режим работы пылесистемы достигается при равенстве размольной B_p и сушильной B_c производительностей мельницы

$$B_p = B_c. \quad (1)$$

Сушильная производительность вычисляется по уравнению теплового баланса пылесистемы [9]

$$B_c = \left\{ V_{\text{в}}^{\text{н.ф.у}} [h_{\text{в}}(t_{\text{г.в}}) + K_{\text{прис}} h_{\text{в}}(t_{\text{х.в}}) - (1 + K_{\text{прис}}) h_{\text{в}}(t_2)] + 0.7 N_6 - Q_5 \right\} / [\Delta W (2493 + 1.97 t_2) + c_{\text{т}} t_2], \quad (2)$$

где $V_{\text{в}}^{\text{н.ф.у}}$ – расход сушильного агента при нормальных физических условиях (давление 0.1013 МПа, температура 273.15 К); $h_{\text{в}}$ – энтальпия воздуха; $t_{\text{г.в}}$, $t_{\text{х.в}}$ – температура горячего и холодного воздуха; $K_{\text{прис}}$ – коэффициент присоса; t_2 – температура пылегазовой смеси на выходе из ШБМ; N_6 – мощность, потребляемая ШБМ; $Q_5 = 6.441 (D_6 L_6)^{0.7}$ – аппроксимация потерь тепла в окружающую среду [9, 10]; D_6 , L_6 – диаметр и длина ШБМ;

$$\Delta W = \frac{W^{\text{р}} - W^{\text{п}}}{100 - W^{\text{п}}}$$

– доля испарившейся влаги; $W^{\text{р}}$ – влажность рабочей массы исходного угля; $W^{\text{п}}$ – влажность угольной пыли на выходе из ШБМ; $c_{\text{т}}$ – теплосъемность топлива.

Мощность N_6 , потребляемая ШБМ на размол угля, записывается в виде

$$N_6 = N_{\text{р}} + N_{\text{вр}} + N_{\text{м}},$$

где $N_{\text{р}}$, $N_{\text{вр}}$ – мощность, затрачиваемая на размол топлива и вращение пустого барабана; $N_{\text{м}} = 50$ кВт – мощность, затрачиваемая на маслосистему мельницы ШК-32 [9].

Функциональная зависимость N_6 от степени заполнения барабана мельницы по данным режимно-наладочных испытаний (рис. 1) выглядит следующим образом:

$$\ln(N_6 - N_{\text{вр}} - N_{\text{м}}) = 7.354 + 0.56 \ln \psi_6. \quad (3)$$

После приведения (3) к стандартному виду [9] получаем

$$N_6 = \frac{1}{\eta_{\text{эл}} \eta_{\text{пр}}} (0.0746 D_6^3 L_6 n_6 \psi_6^{0.56} \gamma_{\text{н.ш}} K_{\text{бр}} K_{\text{т}} + 1.86 D_6 L_6 n_6 S_6) + N_{\text{м}}, \quad (4)$$

где $\eta_{\text{эл}} = 0.92$ – КПД электродвигателя [9]; $\eta_{\text{пр}}$ – КПД привода; n_6 – скорость вращения барабана; $\gamma_{\text{н.ш}} = 4.9$ т/м³ – насыпная плотность шаров; $K_{\text{бр}}$ – коэффициент, учитывающий форму брони; $K_{\text{т}}$ – коэффициент, учитывающий свойства топлива; S_6 – толщина стенки барабана.

Мощность, затрачиваемая на размол топлива, пропорциональна $\psi_6^{0.56}$, тогда как в [9] она пропорциональна $\psi_6^{0.9}$. Поэтому необходимо учесть, что $K_{\text{т}} \sim \psi_6^{-\alpha}$ [9], причем $\alpha < 1$. Эта зависимость уже включена в аппроксимацию (4), в которой $K_{\text{т}} = 1$.

Расход электроэнергии \mathcal{E} на пылеприготовление равен сумме расходов электроэнергии на разлом топлива \mathcal{E}_p и его пневмотранспорт $\mathcal{E}_{пт}$:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_p + \mathcal{E}_{пт} = \frac{N_6}{B_p} + \frac{N_{пт}}{B_p}, \quad (5)$$

где $N_{пт}$ – мощность, обеспечивающая пневмотранспорт пыли.

Размольная производительность мельницы B_p определяется из равенств (1), (2). Мощность мельничного вентилятора, в свою очередь, зависит от расхода воздуха и сопротивления мельницы $\Delta p_{ШБМ}$:

$$N_{пт} = \frac{(1 + \mu)V_B \Delta p_{ШБМ}}{\eta_{эл} \eta_{м.в}},$$

где $\mu = B_p / (\rho_v V_B^{н.ф.у})$ – пылесодержание потока воздуха; ρ_v – плотность воздуха при нормальных условиях; $\eta_{м.в}$ – КПД мельничного вентилятора.

Перепад давлений в мельнице состоит из перепада давления при транспорте однородной пылевоздушной смеси $\Delta p_{гом}$ и перепада давления из-за инжекции измельченных частиц в основной поток $\Delta p_{инж}$ [11]

$$\Delta p_{ШБМ} = \Delta p_{гом} + \Delta p_{инж}. \quad (6)$$

В предыдущих исследованиях были получены критериальные уравнения для этих составляющих перепада давлений в ШБМ [8]. В несколько модернизированном виде перепад давлений при транспорте газозвеси в мельнице ШК-32 можно записать следующим образом:

$$\Delta p_{гом} = \frac{2975(1 + \mu)^{0.684} \rho_v w_B^2}{2 Re_B^{0.316}}, \quad (7)$$

где $w_B = 4V_B^{н.ф.у} / (\pi D_6^2)$ – средняя характерная скорость воздуха в ШБМ; $Re_B = w_B D_6 / \nu_v$ – число Рейнольдса для воздуха в ШБМ (здесь ν_v – коэффициент кинематической вязкости воздуха при температуре пылегазовой смеси на выходе из ШБМ).

На рис. 2 показана зависимость коэффициента сопротивления однородного потока $\zeta_{гом}$ от числа Рейнольдса при транспорте газозвеси в мельнице ШК-32. Потери давления на инжекцию измельченных частиц в основной поток вычисляли по формуле [8]

$$\Delta p_{инж} = 233 \left(\frac{\langle d \rangle}{d^*} \right)^{0.116} \frac{(1 + \mu) \rho_v w_B^2}{2}, \quad (8)$$

где $\langle d \rangle$ – средний диаметр частиц пыли полидисперсной системы; $d^* = \nu_v / \sqrt{\langle w_{вит}^2 \rangle}$ – характерный диаметр частиц пыли (здесь $\langle w_{вит}^2 \rangle$ – средняя квадратичная скорость витания частиц пыли).

Усреднение диаметра и скорости витания производили по распределению Розина–Раммлера [8].

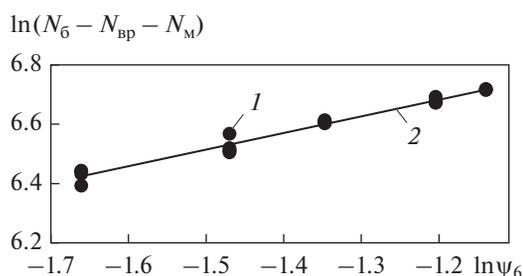


Рис. 1. Зависимость мощности, потребляемой мельницей, от степени загрузки барабана шарами. 1 – экспериментальные данные [7]; 2 – результаты расчета по аппроксимирующему уравнению (3)

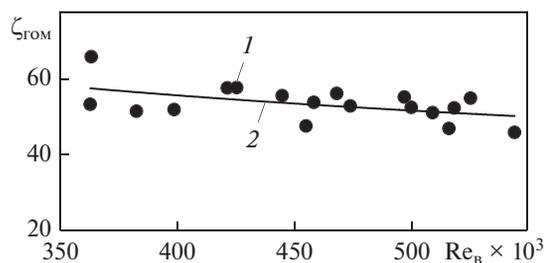


Рис. 2. Зависимость коэффициента сопротивления однородного потока $\zeta_{гом}$ от числа Рейнольдса при транспорте газозвеси в мельнице ШК-32. 1 – результаты моделирования по [8]; 2 – результаты расчета по критериальному уравнению (7)

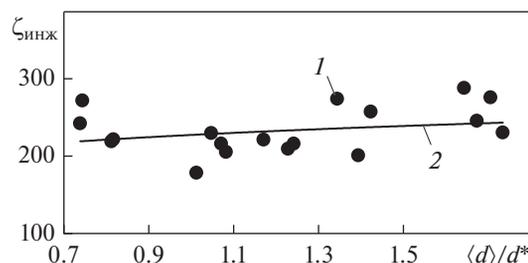


Рис. 3. Зависимость коэффициента сопротивления, вызванного инжекцией частиц, $\zeta_{инж}$ от безразмерного среднего диаметра частиц угольной пыли при транспорте газозвеси в мельнице ШК-32. 1 – результаты моделирования по экспериментальным данным [7, 8]; 2 – результаты расчета по критериальному уравнению (8)

Зависимость коэффициента сопротивления, вызванного инжекцией частиц, $\zeta_{инж}$ от безразмерного среднего диаметра частиц угольной пыли при транспорте газозвеси в мельнице ШК-32 показана на рис. 3.

Скорость витания частиц пыли зависит от их диаметра и в гравитационном поле определяется скоростью турбулентных пульсаций основного потока. Это определяет зависимость безразмер-

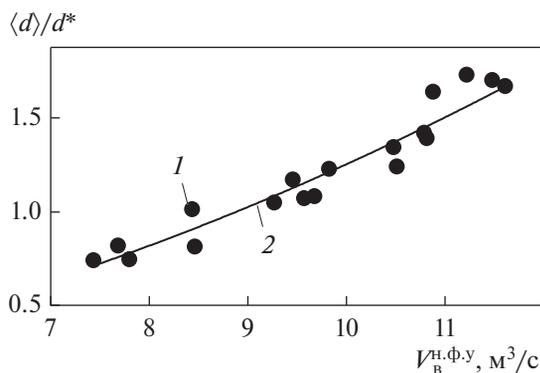


Рис. 4. Зависимость отношения $\langle d \rangle / d^*$ от расхода воздуха через ШБМ.
1 – экспериментальные данные; 2 – результаты расчета по уравнению (9)

ного среднего диаметра частиц пыли от объемного расхода сушильного агента

$$\langle d \rangle / d^* = 0.01537 (V_B^{н.ф.у})^{1.91}. \quad (9)$$

На рис. 4 показана зависимость отношения $\langle d \rangle / d^*$ от расхода воздуха через ШБМ. Аналогичная зависимость для основного режимного параметра R_{90} (остаток пыли на сите 90 мкм) имеет вид

$$R_{90} = 1.223 (V_B^{н.ф.у})^{1.42}.$$

На рис. 5 приведены аэродинамическое сопротивление течения пылеугольной газозвеси в ШБМ, рассчитанное по формулам (6)–(9), и экспериментальное сопротивление $\Delta p_{ШБМ}^{эксп}$. Отклонение аппроксимации аэродинамического сопротивления ШБМ от экспериментальных данных в основном не превышает 10%.

Удельный расход энергии на пневмотранспорт угольной пыли

$$\mathfrak{E}_{пт} = \frac{(1 + \mu) V_B (\Delta p_{гом} + \Delta p_{инж})}{\eta_{эл} \eta_{м.в} B_p}. \quad (10)$$

Удельные энергозатраты на размол угля в мельнице ШК-32 составляют

$$\mathfrak{E}_p = (0.0746 D_6^3 L_6 n_6 \psi_6^{0.56} \gamma_{н.ш} K_{бр} K_T + 1.86 D_6 L_6 n_6 \psi_6 + \eta_{эл} \eta_{пр} N_m) / (\eta_{эл} \eta_{пр} B_p). \quad (11)$$

Уравнения (5)–(11) – замкнутая система уравнений, описывающая удельные энергозатраты на процесс пылеприготовления в ШБМ ШК-32 и включающая практически все внешние параметры, влияющие на этот процесс.

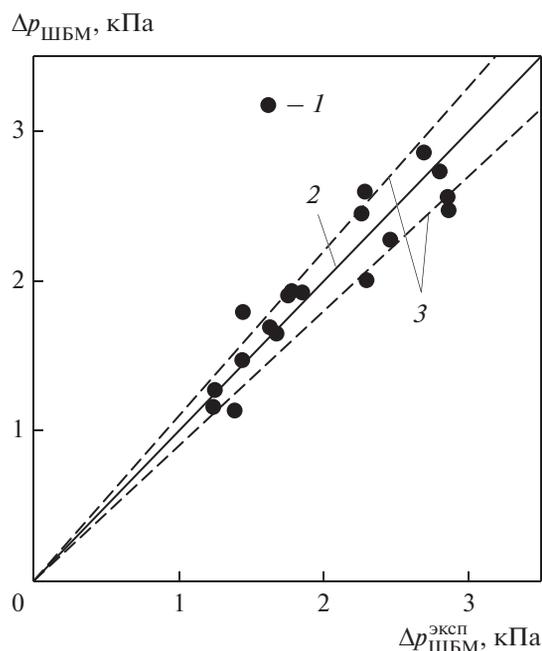


Рис. 5. Сравнение экспериментальных и расчетных данных по потере давления в мельнице ШК-32.
1 – экспериментальные и расчетные данные; 2 – линия точного совпадения экспериментальных и расчетных данных; 3 – границы точности $\pm 10\%$

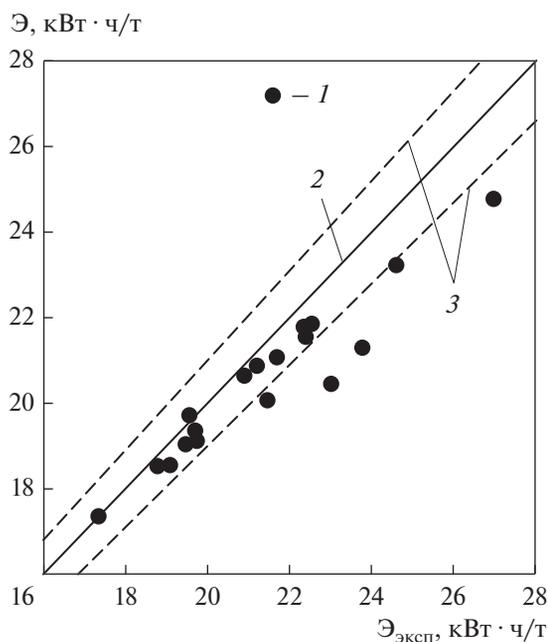


Рис. 6. Сопоставление экспериментальных и расчетных данных по удельным расходам электроэнергии на пылеприготовление в мельнице ШК-32.
1 – экспериментальные и расчетные данные; 2 – линия точного совпадения экспериментальных и расчетных данных; 3 – границы точности $\pm 5\%$

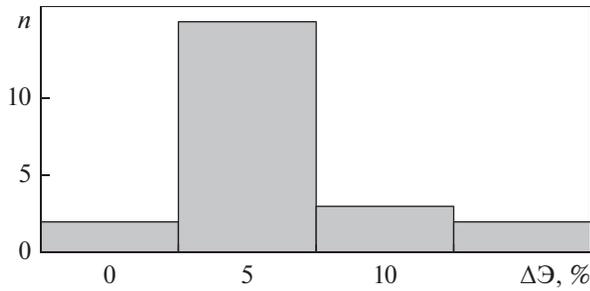


Рис. 7. Распределение относительной погрешности ΔЭ по числу случаев *n*, попавших в заданный диапазон

ВЕРИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЯ

На рис. 6 представлены данные по удельным расходам энергии на пылеприготовление в мель-

нице ШК-32, полученные по формулам (5), (10), (11), и экспериментальные данные. Отклонение аппроксимации энергозатрат ШБМ от эксперимента в основном не превышает 5%.

На рис. 7 приведена гистограмма распределения числа случаев попадания относительной погрешности ΔЭ в заданный интервал при сравнении результатов расчетов по формулам (5), (10), (11) с экспериментальными данными.

На рис. 8 показана зависимость удельных энергозатрат при размоле азейского бурого угля в мельнице ШК-32 от расхода воздуха. Из рис. 8, б-г видно, что энергозатраты на пылеприготовление в ШБМ, рассчитанные по формулам (5), (10), (11), с удовлетворительной точностью совпадают с экспериментальными данными. Энергозатраты минимальны при расходе воздуха в диапазоне 12–15 м³/с, что соответствует оптимальному режиму работы мельницы. Основной показатель качества

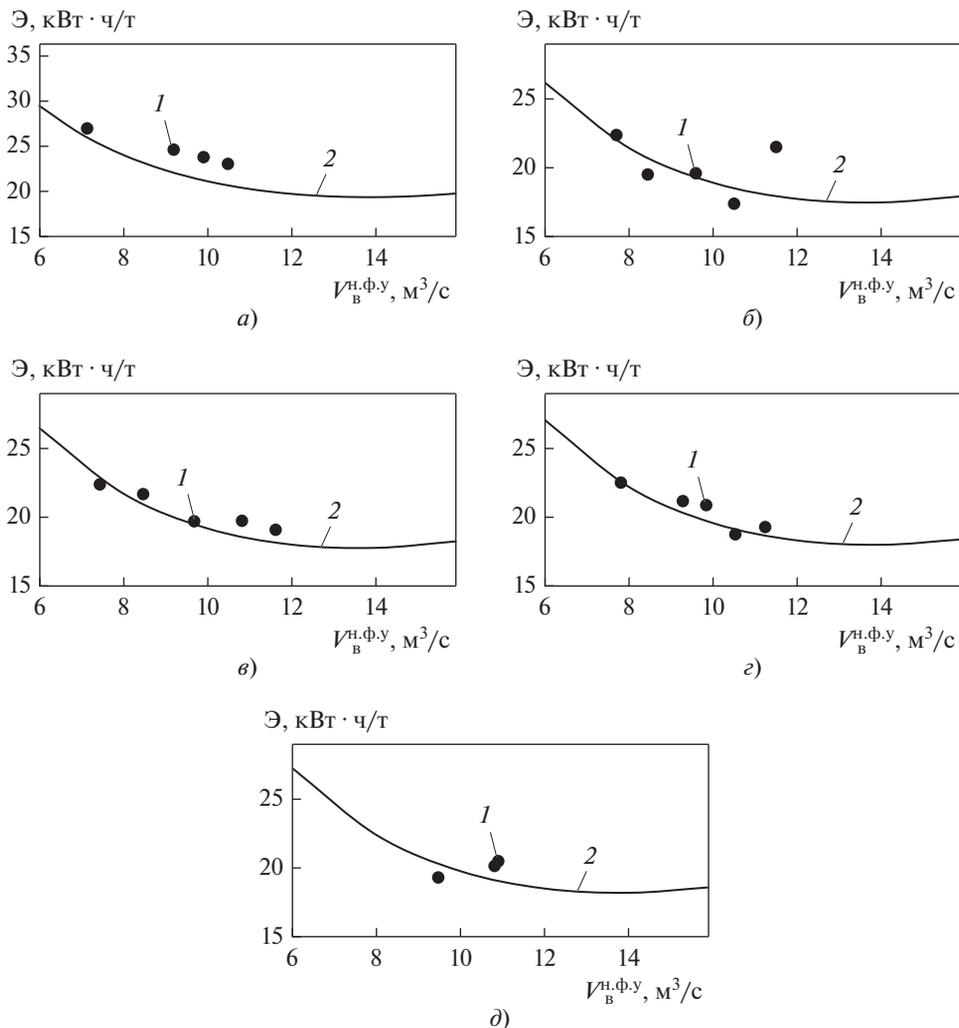


Рис. 8. Зависимость удельных энергозатрат от расхода воздуха при размоле азейского бурого угля в мельнице ШК-32. 1 – экспериментальные данные; 2 – результаты расчета по формуле (11); ψ_б: а – 0.19; б – 0.23; в – 0.26; г – 0.30; д – 0.32

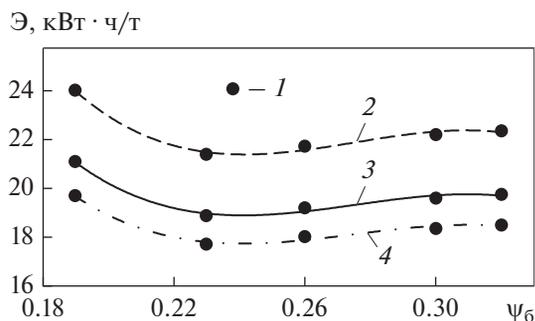


Рис. 9. Зависимость энергозатрат мельницы ШК-32, рассчитанных по формулам (5), (10), (11), от степени загрузки при размол азейского бурого угля. 1 — расчет по формулам (5), (10), (11) для опытных данных; аппроксимация расчетных данных по формулам (5), (10), (11) при $V_6^{\text{н.ф.у}}$, м³/с: 2 — 8; 3 — 10; 4 — 12

пыли $R_{90} = 41 - 57\%$ при $W^{\text{п}} = 13 - 16\%$ соответствуют нормативным требованиям [9]. В ходе наладочных испытаний режим при $K_{\text{вен}} \approx 1$ не был реализован вследствие недостаточной производительности мельничного вентилятора. На рис. 8, а, д экспериментальные и расчетные энергозатраты плохо согласуются, так как мельница работала, по-видимому, в условиях близких к завалу [12].

Зависимость удельных затрат энергии от шаровой загрузки, показанная на рис. 9, рассчитана по формулам (5), (10), (11). На всех кривых минимуму удельных затрат энергии соответствует $\psi_6 \approx 0.23$, при этом очевидно, что абсолютный минимум будет достигаться при $K_{\text{вен}} = 1$. Следует отметить, что отклонение расхода сушильного агента от оптимального приводит к существенному росту удельных затрат энергии. Аналогичные зависимости были получены в исследовании [3] для угля марок ГСШ и Г в мельнице Ш-50А, но только для одного фиксированного расхода сушильного агента.

ВЫВОДЫ

1. Удельные затраты энергии на размол угля в барабанной шаровой мельнице обратно пропорциональны расходу сушильного агента. Удельные затраты на транспорт пылегазового потока прямо пропорциональны квадрату расхода сушильного агента.

2. Оптимальная производительность шаровой барабанной мельницы, работающей с пылевым бункером, при различной шаровой загрузке соответствует расходу сушильного агента (воздуха), при котором достигается минимальный расход электроэнергии.

3. Предложенный метод определения оптимальной производительности шаровой барабанной мельницы учитывает влияние полидисперсности угольной пыли на аэродинамическое сопротивление и обеспечивает возможность анализировать работу мельницы в реальных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Повышение** надежности и улучшение технико-экономических показателей углеразмольного оборудования и пылесистем ТЭС / Ю.Н. Втюрин, Л.А. Лептин, А.М. Бычков, В.М. Шенаев, А.Б. Волков // Теплоэнергетика. 2000. № 7. С. 44–51.
2. **Ромадин В.П.** Пылеприготовление. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1953.
3. **Гольшев Л.В., Гут Ф.Е.** Определение режимов эффективного размол в шаровой барабанной мельнице // Энергетик. 2013. № 4. С. 66–69.
4. **Гольшев Л.В., Мысак И.С.** Метод определения шаровой загрузки и производительности мельницы по мощности, потребляемой ШБМ // Теплоэнергетика. 2012. № 8. С. 19–22.
5. **Шувалов С.И., Веренин А.А., Ворошилов О.А.** Влияние структуры пылесистемы на ее производительность // Теплоэнергетика. 2018. № 11. С. 54–61. <https://doi.org/10.1134/S0040363618110061>
6. **Математическая** модель пылесистемы с шаровой барабанной мельницей для анализа схем классификации / С.И. Шувалов, С.С. Новосильцева, А.А. Веренин, О.А. Ворошилов // Вестник ИГЭУ. 2017. Вып. 8. С. 10–18.
7. **Иванов С.Д., Кудряшов А.Н., Ощепков В.В.** Определение параметров аэродинамического сопротивления элементов оборудования систем пылеприготовления котельных агрегатов по экспериментальным данным // Вестник ИрГТУ. 2015. № 2 (97). С. 199–206.
8. **Иванов С.Д., Кудряшов А.Н., Ощепков В.В.** Аэродинамическое сопротивление шаровой барабанной мельницы при транспорте полидисперсной угольной газозвеси // ИФЖ. 2018. Т. 91. № 2. С. 371–376.
9. **Соколов Н.В., Кисельгоф М.Л.** Расчет и проектирование пылеприготовительных установок котельных агрегатов (нормативные материалы). Л.: ОНТИ ЦКТИ, 1971.
10. **Лебедев А.Н.** Подготовка и размол топлива на электростанциях. М.: Энергия, 1969.
11. **Уоллис Г.** Одномерные двухфазные течения. М.: Мир, 1972.
12. **Брусин М.А., Гофайзен А.В.** Наладка и исследование шаровой барабанной мельницы Ш-25 с фрикционным приводом // Теплоэнергетика. 1969. № 11. С. 46–50.

Determining Optimum Productivity of a Ball Drum Mill When Milling Brown Coals

S. D. Ivanov^{a, *}, A. N. Kudryashov^a, and V. V. Oshchepkov^a

^a*Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, 664074 Russia*

**e-mail: ivsd55@yandex.ru*

Abstract—Ball drum mills (BDM) are one of the main types of coal-grinding equipment in Russia. A significant drawback of BDM is high power consumption (a significant part of the TPP's own needs). With a huge scale of production, reducing these costs even by a few percent gives a significant economic effect. The problem of minimizing the specific energy consumption for grinding and transporting Azean coal in an ShK-32 ball drum mill is considered. For moist brown coals, the efficiency of grinding and transport of coal dust is usually achieved in the mode of equality of the grinding and drying capacities of the mill. The implementation of this regime is a necessary but insufficient condition. A system of equations is obtained to describe the processes of grinding and transport of coal dust. The analysis of the equations shows that the specific energy consumption for grinding is inversely proportional to the air consumption, and the specific costs for the transport of the dust and gas flow are proportional to the square of the air consumption. This fact ensures the presence of a minimum specific energy consumption for pulverization. A comparison of the estimated consumption of specific energy for pulverizing in an ShK-32 ball drum mill with experimental results obtained during routine commissioning tests of the dust system of the Irkutsk CHPP-9 is made. The average deviations of the calculation results from the experimental data are in the range of $\pm 10\%$. Comparison of the calculated and experimental data indicates that the mathematical model of the mode of equality of the grinding and drying capacities of the BDM adequately describes the processes occurring during the preparation of fuel for combustion. It is shown that an increase in the efficiency of dust systems with BDM can be achieved only after a detailed study of the transport of coal dust. In the proposed method for determining the optimal performance of the ball mill, the effect of the polydispersity of coal dust on the aerodynamic resistance of the mill is consistently taken into account.

Keywords: ball drum mill, specific energy consumption for pulverization, drying capacity of the mill, particle size distribution of coal dust