

С.В. ЛЕНИЧ, асп., ст. препод., ВНУ им. В. Даля, Луганск

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ УГЛЯ В ПНЕВМОТРАНСПОРТНОЙ ИЗМЕЛЬЧАЮЩЕЙ УСТАНОВКЕ

В статье приведены варианты конструктивного исполнения пневмотранспортной измельчающей установки, совмещающей процесс пневмотранспортирования с измельчением сыпучих материалов и предназначенной для приготовления пылеугольной смеси для факельного сжигания в теплоэнергетических установках. Представлены результаты теоретического и экспериментального исследований измельчения антрацита в разработанном устройстве.

Постановка проблемы. В настоящее время на ТЭС Украины широко применяется пылевидный уголь. Одним из важнейших факторов эффективности использования твёрдого топлива на ТЭС и в котельных является тонкость его помола перед подачей к горелкам.

В теплоэнергетике Украины утонение помола особенно важно, так как для факельного сжигания в основном используются низкорреакционный антрацит и тощий уголь, а тонкий помол позволяет в значительной степени компенсировать отрицательное влияние малого выхода летучих ускорением горения твёрдых частиц благодаря развитой поверхности.

Таким образом, создание более эффективных и менее энергоёмких способов и технологий измельчения угля для сжигания представляет собой весьма важную, актуальную научно-производственную и техническую задачу.

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ мирового развития тонкого измельчения показывает, что наиболее эффективными являются измельчители ударного действия [1 – 5]. Это, прежде всего мельницы, основанные на пневматических способах измельчения: пневматические, струйные (газоструйные), струйно-роторные и др. При этом разрушение частиц осуществляется за счёт удара о размольную плиту или друг с другом.

Цель статьи. Целью данной работы является исследование процесса измельчения угля в пневмотранспортных измельчающих установках, совмещающих процесс пневмотранспорта с измельчением сыпучих материалов.

Изложение основного материала. Для создания экономичного способа приготовления угольной пыли нами предлагается осуществлять измельчение

угля в процессе его пневмотранспорта. Измельчение осуществляется путем разгона частиц потоком воздуха и удара их об отбойные элементы колен пневмотранспортной измельчающей установки [6]. При этом измельчение частиц материала, обычно относимое к недостаткам пневмотранспорта, в данном случае играет положительную роль.

На кафедре «Транспортные системы» ВНУ им. В. Даля разработано два варианта конструкции пневмотранспортной измельчающей установки. Первый вариант (рис. 1) представляет собой зигзагообразный измельчительный трубопровод, устанавливаемый в линейную часть трубопроводов, транспортирующих уголь.

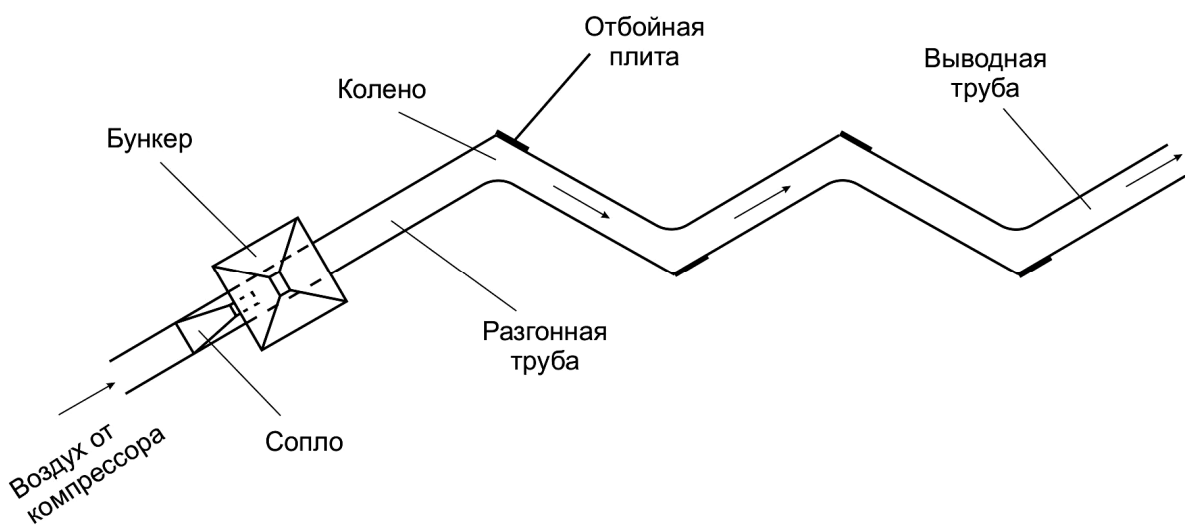


Рис. 1 – Зигзагообразный измельчительный трубопровод (вид сверху)

Второй вариант (рис. 2) предполагает использование измельчающей установки, в виде вертикального змеевика с П-образными коленами. Наличие дополнительных сопел поддува в нижней части П-образных колен препятствует завалу материала и увеличивает скорость аэросмеси после каждого поворота.

Путь непрерывного движения материала в предлагаемом устройстве во много раз больше чем у существующих пневматических мельниц. Степень измельчения регулируется скоростью потока и числом колен. Предлагаемое устройство конструктивно чрезвычайно просто и позволяет совместить процессы пневмотранспорта и измельчения материала.

В работе [7], на основе закона Ребиндера с использованием теории удара получено выражение для определения прироста поверхности при ударе о неподвижную преграду кубообразной (щебневидной) частицы сыпучего мате-

риала:

$$\Delta S = \frac{d^3}{2 \cdot k_r} \cdot \left[\frac{\rho \cdot V_u^2}{g} (1 - \sin^2 \alpha - k_e^2 \cdot \cos^2 \alpha) - \frac{\sigma_p^2}{E} \right], \quad (1)$$

где ΔS – прирост поверхности, м^2 ; d – средний размер (ребра) кубообразной частицы, м ; k_r – эмпирический коэффициент пропорциональности, представляющий собой затраты энергии на создание единицы новой поверхности, $\text{Дж}/\text{м}^2$; ρ – удельный вес материала, $\text{Н}/\text{м}^3$; V_u – скорость частицы в момент удара, $\text{м}/\text{с}$; g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$; k_e – коэффициент восстановления при ударе, зависящий от формы и физико-механических свойств сталкивающихся тел, $0 < k_e < 1$; α – угол между нормалью к неподвижной поверхности и направлением удара (угол атаки); σ_p – предельное напряжение упругих деформаций (предел прочности материала), $\text{Н}/\text{м}^2$; E – модуль Юнга, $\text{Н}/\text{м}^2$.

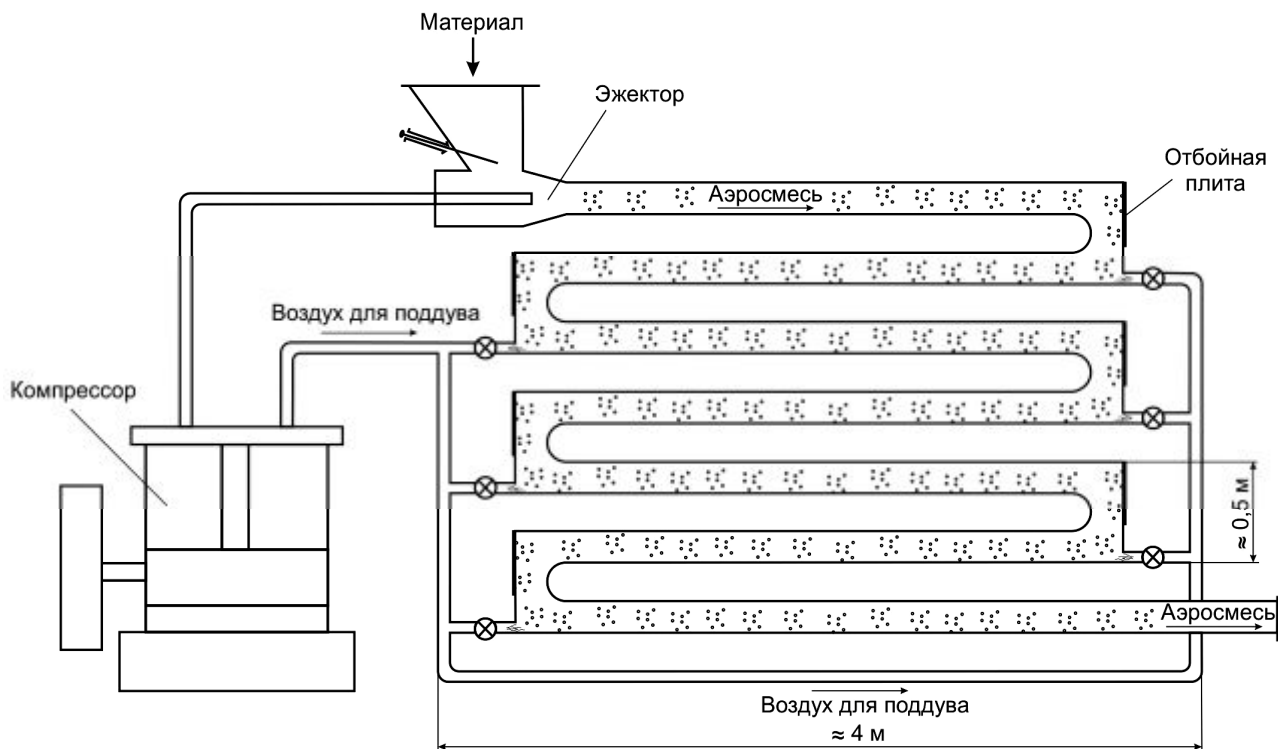


Рис. 2 – Вертикальный измельчительный змеевик (общий вид)

Измельчение антрацита осуществляется путём нескольких последовательных ударов частиц о внешнюю стенку колен трубопровода. После каждого удара угольная пыль – полидисперсна, т.е. состоит из частиц различного

размера. Поэтому при измельчении множества частиц в потоке пневмотранспорта предложено определять прирост удельной поверхности ΔS_m (отношение прироста поверхности ΔS к массе измельчаемого материала) угольной пыли после прохождения колена трубопровода.

С учётом (1) получено выражение:

$$\Delta S_m = \frac{1}{2 \cdot k_r \cdot k_{cm}} \cdot \left[V^2 (1 - \sin^2 \alpha - k_g^2 \cdot \cos^2 \alpha) - \frac{\sigma_p^2 \cdot g}{E \cdot \rho} \right], \quad (2)$$

где k_{cm} – коэффициент, учитывающий затраты энергии расходуемой на процессы, сопровождающие образование новой поверхности (трение и удары между частицами, придание разделяющимся частям кинетической энергии и т.д.).

Коэффициент k_{cm} зависит от скорости пневмосмеси V , угла поворота колена трубопровода δ , массовой концентрации μ и удельной поверхности S_m частиц угольной пыли перед ударом.

Полученная математическая модель требует уточнения, для чего были проведены экспериментальные исследования измельчения антрацита в пневмотранспортной измельчающей установке в зависимости от конструктивных и технологических параметров.

Методика экспериментального исследования описана в работе [8].

В результате обработки экспериментальных данных было получено уравнение для нескольких последовательных ударов:

$$\Delta S_{m_i} = -2,66 + 0,2165V + 0,06\delta - 1,7875\mu - 0,2 \left[S_{m_0} + \sum_{i=2}^n \Delta S_{m_{i-1}} \right], \quad (3)$$

где ΔS_{m_i} – прирост удельной поверхности после i -го удара, $\text{м}^2/\text{кг}$; S_{m_0} – первоначальная удельная поверхность угольной пыли, $\text{м}^2/\text{кг}$; i – номер удара (цикла измельчения); n – общее количество ударов (циклов измельчения).

На графике (рис. 3) представлена зависимость $\Delta S_m = f(S_m)$, определённая по уравнению (3) для первых 5-ти ударов и показано сравнение с экспериментальными точками.

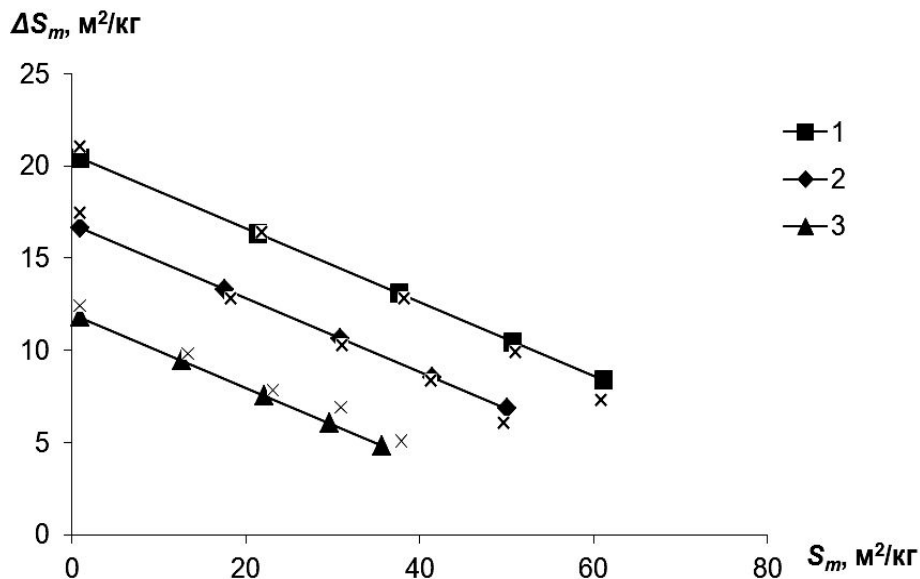


Рис. 3 – График зависимости $\Delta S_m = f(S_m)$: 1 – $V = 90$ м/с, $\delta = 75^\circ$, $\mu = 0,4$ кг/кг; 2 – $V = 70$ м/с, $\delta = 90^\circ$, $\mu = 0,6$ кг/кг; 3 – $V = 50$ м/с, $\delta = 75^\circ$, $\mu = 0,4$ кг/кг; \times – экспериментальные точки.

Выводы.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали полную работоспособность предлагаемого устройства, значительное снижение энергоемкости процесса измельчения угля, возможность обогащения угольной пыли, достаточную производительность.

Так, при скорости углевоздушной смеси $V = 90$ м/с и массовой концентрации $\mu = 0,8$ кг/кг на пневмотранспортной измельчающей установке с коленом $\delta = 75^\circ$ после 5 ударов получена угольная пыль, с остатком на сите $R_{90} = 32\%$, а после 8 ударов – $R_{90} = 9\%$.

Список литературы: 1. Гуюмджян П.П. Интенсификация процессов тонкого измельчения, механической активации твёрдых материалов с разработкой высокоэффективных машин и технологий для переработки отходов промышленности: дис. ... докт. техн. наук: 05.02.13 / Перч Погосович Гуюмджян. – Иваново: ИСХИ, 1989. – 406 с. 2. Дмитриева Л.А. Исследование процесса измельчения хрупких материалов: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.13 «Машины, агрегаты и процессы» / Л.А. Дмитриева. – Иваново: ИГАСУ, 2006. – 165 с. 3. Земсков Е.П. Теоретическое исследование процесса высокодисперсного ударного разрушения одиночной частицы / [Е.П. Земсков, А.И. Зайцев, В.А. Васильев и др.] // Интенсивная механическая технология сыпучих материалов: межвуз. сб. научн. тр. – Иваново: ИХТИ, 1990. – С. 38 – 42. 4. Белов Н.Н. Динамика высокоскоростного удара и сопутствующие физические явления / [Н.Н. Белов, Н.Т. Югов, Д.Г. Копаница и др.] – Томск: STT, 2005. – 360 с. 5. Peter M. Silverberg. Homing on the best size reduction method / Peter M. Silverberg, Stephan Miranda Sharon, Yaeger Hosokawa // Micron Powder System. Chemical Engineering. – 1998. – Vol. 105, № 12. – P. 102. 6. Пат. № 44274 Україна, МПК В02С 19/00, В02С 23/06. Подрібнювач / Турушин В.О., Нечаєв Г.І., Леніч С.В.. – заявл. 05.05.09; опубл. 25.09.09, Бюл.

№ 18. **7.** Турушин В.О. Закономірності руйнування сипких матеріалів в подрібнювачах ударної дії / В.О. Турушин, С.В. Ленич // Вісник СХУ ім. В. Даля. – 2009. – № 5 (135). – С. 11 – 15. **8.** Ленич С.В. Методика експериментального дослідження измельчення угля в пневмотранспортній измельчаючій установці / С.В. Ленич, В.А. Турушин, В.В. Ставцев // Вісник СХУ ім. В. Даля. – 2011. – № 5 (159), Ч. 2. – С. 319 – 325.

Поступила в редколлегию 25.08.12

УДК 621.926

Исследование процесса измельчения угля в пневмотранспортной измельчающей установке / С.В. ЛЕНИЧ // Вісник НТУ «ХПІ». – 2012. – № 48 (954). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 99 – 104. – Библиогр.: 8 назв.

У статті наведено варіанти конструктивного виконання пневмотранспортної подрібнювальної установки, що суміщає процес пневмотранспортування з подрібненням сипких матеріалів і призначеної для приготування пиловугільної суміші для факельного спалювання в теплоенергетичних установках. Представлено результати теоретичного і експериментального досліджень подрібнення антрациту в розробленому пристрої.

The modification of pneumatic transport mills, combining the process of pneumatic transport with milling of dry materials and intended for pulverized coal preparation for flaring in the burners are presented in the paper. The results of theoretical and experimental researches of anthracite milling in the developed device are adduced.