

рой не превышает 0,06–0,09 %. При $\alpha < 1,25$ влияние на концентрацию СО в продуктах сгорания значительно. Увеличение влагосодержания ВТЭ до 20% приводит к снижению содержания оксидов углерода с 0,7 до 0,12% (т.е. в 5,8 раза).

Один из основных продуктов неполного сгорания топлива – сажистые частицы. При увеличении влагосодержания ВТЭ до 25% их содержание уменьшается на 70–80%. Влияние влагосодержания ВТЭ на концентрацию сажи сохраняется (в отличие от содержания СО) на всех эксплуатационных режимах при изменении коэффициента избытка воздуха в диапазоне $\alpha = 1,18 \dots 1,33$.

Комплексным методом воздействия на образование вредных веществ в факеле является сжигание обводненного топлива в виде ВТЭ. В этом случае благодаря существенному улучшению процессов распыливания топлива (вторичного дробления капель) и смесеобразования значительно уменьшается образование продуктов неполного сгорания и улучшаются условия их последующего выгорания. Ускорение начальных стадий процесса горения при минимальных избытках воздуха благоприятно скажется на уменьшении образования «топливных» окислов азота.

Одновременно с перечисленными положительными явлениями при сжигании ВТЭ уменьшается скорость отложений на газовой стороне поверхностей нагрева котла (вследствие уменьшения сажеобразования), что увеличивает срок эксплуатации котла между чистками.

Список литературы:

- [1] Иванов В.М. Топливные эмульсии. М.: АН СССР, 1970.
[2] Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. Л.: Недра, 1988.

И.С. Сухарев
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

СТРАТЕГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АЭРАТОРА ПУЛЬПЫ В СОСТАВЕ ЗЕМСНАРЯДА ДЛЯ ДОБЫЧИ САПРОПЕЛЯ

Гидротранспорт сапропеля в современных грунтонасосных установках производится со значительными энергозатратами, связанными с вязко-пластичными свойствами грунта. Аэрирование пульпы при добыче сапропеля естественной влажности является важнейшим способом повышения энергоэффективности грунтозаборной установки. На практике установлено, что снижение потерь на трение происходит при достижении мелкодисперсной структуры течения смеси сапропель-воздух, когда пузырьки воздуха равномерно распределены по всему объему пульпы [3]. Изучение свойств системы сапропель-воздух позволит определить оптимальные параметры режима течения смеси и конструкции аэратора, которые повысят энергетическую эффективность грунтонасосной установки.

Течение вязко-пластичной жидкости в каналах является важнейшим предметом исследования при изучении свойств сапропеля. Согласно [1] необходимо установить параметры течения смеси сапропель-воздух. Для двухфазной смеси перепад давления составит:

$$\Delta P = \frac{64}{Re'_{пл}} \frac{l}{D} \frac{\rho'(U'_{см})}{2}, \quad (1)$$

где l – длина канала, м;

D – диаметр канала, м;

ρ' – плотность смеси, кг/м³;

$U'_{см}$ – скорость смеси;

$Re'_{пл}$ – комплексный критерий, характеризующий вязко-пластичные и инерционные свойства жидкости, и определяющийся следующим образом:

$$Re'_{пл} = \frac{Re'}{1 + \frac{I'}{6} \left\{ 1 - \left[\frac{I'}{8,87 \left(1 + \frac{I'}{6} \right)} \right] \right\}}, \quad (2)$$

где Re' – критерий Рейнольдса для смеси;

I' – критерий Ильюшина для смеси

$$I' = \frac{P'_0 D}{\eta'_{пл} U'_{см}}, \quad (3)$$

где P'_0 – напряжение сдвига смеси, Па;

$\eta'_{пл}$ – пластическая вязкость смеси, Па с.

Тогда с учетом (1–3) физическую модель течения смеси, необходимую для определения плана эксперимента можно записать следующим образом:

$$\begin{aligned} \eta'_{пл} &= f_1(\eta_{пл}, P_0, d_{отв}, P_\Gamma, Q_\Gamma, Q_\Gamma) \\ P'_0 &= f_2(\eta_{пл}, P_0, d_{отв}, P_\Gamma, Q_\Gamma, Q_\Gamma) \end{aligned} \quad (4)$$

где $d_{отв}$ – диаметр отверстия подачи воздуха, м;

P_Γ – давление воздуха, Па;

Q_Γ, Q_Γ – расход жидкой и газовой фаз соответственно, м³/с.

Определяющим параметром дисперсионной структуры течения газожидкостных смесей по горизонтальным трубопроводам является размер пузырька. Для решения поставленной задачи его объем не должен превышать критического значения для всплытия в вязко-пластичной жидкости. Т.е. необходимо определить $d_{отв}^{max}$, Q_Γ^{max} , при которых будет обеспечиваться условие статического равновесия пузырьков воздуха в сапропелевой пульпе. Для истечения газа в вязкую среду уравнение баланса сил [5] можно записать:

$$\frac{4}{3} \pi r_{пл}^3 g (\rho_\Gamma - \rho_\Gamma) = 2\pi r_{отв} \sigma + 6\pi \eta'_{пл} \frac{3}{4} \frac{Q_\Gamma}{\pi r_{пл}}, \quad (5)$$

где $r_{пл}, r_{отв}$ – радиус пузырька и отверстия соответственно;

ρ_Γ, ρ_Γ – плотность жидкости и газа;

σ – сила поверхностного натяжения на границе раздела фаз.

Из уравнения (5) можно установить, что в значительной степени радиус сформированного пузырька зависит от расхода воздуха. Различные исследования истечения газа в неньютоновскую жидкость свели данную зависимость к эмпирической, для которой при сферической форме пузырька:

$$r_{пл} = 0,69 Q_\Gamma^{\frac{2}{3}} \mu^{-\frac{1}{3}} \quad (6)$$

Большинство исследований проводилось для дилатантных и псевдопластичных жидкостей, течение которых описывается моделями Оствальд-де-Вилля, Балкли-Гершеля [7,8] и Сиско [9]. Это объясняется тем, что эти жидкости широко используются в теплообменных аппаратах, производстве полимеров, транспорте газонефтяных смесей.

Формирование пузырька воздуха, параметры его роста, отрыва и движения в сапропелевой пульпе является достаточно сложным процессом. Большинство исследований проводились без учета характерных параметров бингамовских сред. Определение величин $d_{\text{отв}}^{\text{max}}$, $Q_{\text{г}}^{\text{max}}$ для вязко-пластичной жидкости является наиболее актуальной проблемой для решения поставленной задачи по созданию эффективного аэратора пульпы грунтонасосной установки.

Список литературы

- [1] Арефьев Н.Н. Научное обоснование технических решений и разработка на их основе средств повышения эффективности судовых энергетических установок землесосных снарядов: дисс. на соиск. уч. ст. д.т.н.: 05.08.05/ Николай Николаевич Арефьев; ВГАВТ. – Н. Новгород, 2010. – 389 с.
- [2] Арманд А.А. Сопротивление при движении двухфазной системы по горизонтальным трубам: Тр. инст-та/ А.А. Арманд, Е.И. Неструева – Изв. Всесоюз. теплотехн. института, 1946 – Вып.9 – 16-23с.
- [3] Грунтозаборное устройство землесосного снаряда: пат. 1613616 Рос. Федерация: МКИ⁵ E02F3/88, E21C45/00/ Н.Н. Арефьев, Н.В. Лукин, Е.Ю. Милославский; заявитель ГИИВТ (СССР), патентообладатель Н.Н. Арефьев (RU). – №4483682/27-03; заявл. 19.09.88; опубл. 15.12.90, Бюл. №46.
- [4] Костерин С.И. Исследования влияния диаметра и расположения трубы на гидравлические сопротивления и структуры течения газожидкостной смеси/ С.И., Костерин. – Изв. АН ССР, ОТН, 1949. – №12 –1834–1835 с.
- [5] Кутателадзе С.С. Гидродинамика газожидкостных систем/ С.С. Кутателадзе, М.А. Стырикович – М.: Энергия, 1976 – 296с.
- [6] Семенов Н.И. Гидравлические сопротивления течений газо-жидкостных смесей в горизонтальных трубах/ Н.И.Семенов. – Докл. АН ССР, 1955. – Т. 104, №4 – 513–516 с.
- [7] Соковин О.М. Флотационная очистка сточных вод с аномальной вязкостью: дисс. на соиск. уч. ст. д.т.н.: 11.00.11/ Олег Михайлович Соковин; ВГТУ. – Киров, 1998. – 228 с.
- [8] Chhabra R.P. Bubbles, drops and particles in Non-Newtonian fluids/ R.P. Chhabra. – 2nd ed. – USA: CRC Press, 2006. – 771 p.
- [9] Ruiz-Viera M.J. On the drag reduction for the two-phase horizontal pipe flow of highly viscous non-Newtonian liquid/air mixtures: Case of lubricating grease/ M.J. Ruiz-Viera, M.A. Delgado, J.M. Franco, M.C. Sanchez, C. Gallegos – Elsevier: International Journal of Multiphase Flow, Vol. 32, Issue 2, 2006 – p. 232–247.

А.Г. Чичурин, С.Г. Яковлев, Н.Н. Борисов
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕГРЕВА ВОДЫ НА ПАРООБРАЗОВАНИЕ В ПАРОВОМ КОТЛЕ

В докладе рассмотрен механизм парообразования в паровых котлах, показана целесообразность учета пара вторичного вскипания, рассматривается степень его влияния на парообразование.

В основе тепловых расчетов при проектировании паровых котлов лежат положения теории процессов кипения воды на поверхностях нагрева в большом объеме воды. Согласно данной теории пузырьки пара образуются на поверхности нагрева и растут