Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института
им.Г.В.Плеханова, т.LXIX, вып.1,1975 г.

ВЫБОР СРЕДСТВ ИССЛЕДОВАНИЯ АЭРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФЛОТАЦИОННЫХ МАШИН

Н.Н.ДЕНЕГИНА, В.В.ДЕНЕГИН

Одним из важнейших аэрогидродинамических показателей любой флотационной машины является аэрация. С понятием аэрации отождествляют количественные соотношения воздушной и жидкой фаз, а также качественные характеристики крупности воздушных пузырьков и их распределения по объему камеры. Количественная сторона процесса аэрации может быть выражена через степень аэрации и плотность флотационной системы. Между ними существует определенная связь, выраженная соотношением

$$\rho_{пв} = \rho_{п}(1 - \zeta), \qquad (1)$$

где $\rho_{пв}$ – плотность пульповоздушной смеси; $\rho_{п}$ – плотность пульпы; ζ – степень аэрации.

Характеристику крупности воздушных пузырьков связывают с понятием дисперсности. Причем при определенной степени аэрации дисперсность возрастает с уменьшением крупности воздушных пузырьков.

О распределении воздуха правильнее всего судить по степени аэрации ζ_i в отдельных точках камеры. Среднее содержание воздуха в единице объема

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{n} \zeta_i}{n}, \qquad (2)$$

где n – число исследуемых точек.

Как показано В.И.Классеном и В.Н.Мокроусовым [2], неравномерность распределения воздуха

$$B = \frac{\beta \cdot 100}{A}, \qquad (3)$$

где β – среднеквадратичный коэффициент неравномерности,

$$\beta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\zeta_i - A)^2}{n-1}} .$$

Вопросы теории аэрации применительно к флотационным машинам разработаны далеко не полно. Нет, например, научно обоснованных методик расчета основных аэрационных параметров машины. Поэтому особое значение приобретают экспериментальные исследования аэрации в камере флотационной машины. Из-за трудностей, связанных с проведением экспериментов на пульповоздушных смесях, в ряде случаев приходится вести исследования на водовоздушной смеси. Так, в вопросах конструирования, моделирования и сравнительной оценки применимости того или иного типа аэратора критерием оценки, как правило, являются аэрационные характеристики, полученные в результате стендовых испытаний на водовоздушной смеси. В настоящей работе обосновывается выбор средств экспериментального исследования аэрационных характеристик при работе на водовоздушной смеси.

Известно, что потоки в камере флотационной машины носят турбулентный характер, поэтому степень аэрации в данной точке камеры, т.е. местное газосодержание, является беспорядочно пульсирующей величиной, изменяющейся во времени в весьма широких пределах. Это обстоятельство следует иметь в виду при выборе средств исследования аэрационных характеристик камеры флотационной машины, так как используемая аппаратура должна обеспечить осреднение по времени значений местного газосодержания.

Осреднять выходной сигнал по времени можно двумя способами: 1) в измерительной цепи аппаратуры непосредственно в процессе измерения; 2) в процессе обработки записей, представляющих собой регистрацию мгновенных значений выходного сигнала в измерительной цепи аппаратуры. В обоих случаях измерения имеют смысл, если выходной сигнал является линейной функцией степени аэрации.

Существенное влияние на результаты измерений может оказывать изменение в процессе измерений температуры воды и ее химического состава. Так, электрическое сопротивление воды меняется на 5% при изменении температуры на $1^{\circ}C$. Поэтому важно, чтобы аппаратура позволяла своевременно обнаруживать вероятные колебания температуры и химического состава и имелась бы возможность тарировать преобразователь (датчика) до и после опыта. Кроме того, конструктивные формы преобразователя не должны вносить заметных изменений в поток.

Все известные методы определения степени аэрации основываются на одном из следующих свойств изучаемой среды: 1) на различном поглощении жидкой и воздушной фазой гамма-, бета- и рентгеновских лучей; 2) на разнице в плотности жидкой и воздушной фаз (измерение степени аэрации по перепаду давления – пьезометрический метод;

траверсирование); 3) на разнице в диэлектрической и акустической проницаемости сред (метод проводимости, емкостной метод).

Преимущество применения рентгеновских и гамма-лучей: проходящий луч не воздействует на режим аэрации; кроме того, аппаратура находится вне исследуемого объема водовоздушной смеси и не вносит искажений в поток. Недостаток метода: пространственное усреднение плотности происходит по большому участку, практически по ширине камеры.

Применение бета-лучей ограничено, так как точность метода невелика и, кроме того, из-за слабой проникающей способности бета-лучей необходимо погружать излучатель и ионизационный счетчик в среду, что вносит значительные искажения в поток.

Пьезометрический метод измерения степени аэрации очень прост, однако он не дает возможности определять мгновенные значения газосодержания, так как осреднение во времени происходит в цепи прибора.

Характерным недостатком ультразвукового метода определения газосодержания является громоздкость и сложность аппаратуры, кроме того, излучающий и приемный пьезоэлементы приходится погружать в исследуемую среду.

Для исследования аэрации в камере флотационной машины можно рекомендовать два метода: пьезометрический и резистивный. Пьезометрический метод может служить для ориентировочных замеров степени аэрации в камере. Резистивный метод требует применения регистрирующей аппаратуры и последующей математической обработки записей. Метод основан на том, что техническая вода представляет собой электролит, а находящийся в ней воздух можно считать диэлектриком.

Резистивный метод позволяет фиксировать мгновенные значения степени аэрации водовоздушного потока и, кроме того, после обработки осциллографических записей получить усреднение показаний во времени, что является непременным требованием при измерении аэрации. Другим требованием является усреднение по пространству. Оно связано с тем, что понятие плотности применимо лишь к сплошной среде, а водовоздушная смесь состоит из отдельных пузырьков разного размера, размещенных в жидкости весьма хаотично.

Измеряемый объем должен содержать такое число пузырьков N, при котором можно было бы пренебречь чисто статистическими флуктуациями [3]. При диаметре пузырька d и диаметре объема D_V, для которого производится измерение, имеем

$$\frac{D_V}{d} \geqslant \sqrt{N(1-\zeta)} . \qquad (4)$$

Это условие позволяет выбрать конкретный тип преобразователя. Необходимо заметить, что резистивный метод измерения степени аэрации может применяться в нескольких вариантах в зависимости от типа используемого преобразователя: плоского, штыревого, бифилярного и коаксиального.

Удовлетворить требованию, выражаемому неравенством (4), могут лишь плоский и коаксильный преобразователи. Из этих двух типов преобразователей предпочтительнее первый, так как он проще в изготовлении и обладает меньшей погрешностью из-за несоосного потоку расположения.

Для измерения степени аэрации был принят резистивный метод с преобразователем, имеющим плоские латунные пластины в качестве электродов (рис. 1). Выбор латуни для пластин обусловлен стремлением свести к минимуму эффекты, связанные с поляризацией электродов. Размеры пластин 30х30 мм, расстояние между ними δ = 10 мм. Это удовлетворяет неравенству (4), если иметь в виду, что средний диаметр пузырьков воздуха d = 2÷1 мм.

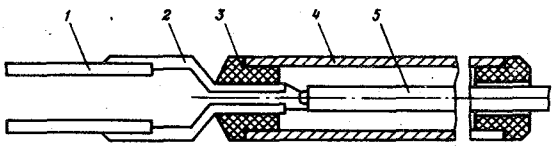


Рис. 1. Датчик для замеров степени аэрации потоков

Латунные пластины 1 датчика припаяны к штырям 2, входящим в гнезда эбонитовой пробки 3, размещенной на одном конце трубки 4. К концам штырей припаяна основная жила и экран кабеля 5, подключаемого к соответствующим гнездам регистрирующего прибора. Такой датчик применялся на кафедре конструирования горных машин для исследования аэрационных характеристик в камере механической флотационной машины объемом 0,5 м^3. В качестве преобразователя сигнала использовался прибор ОК-102. Схема на рис. 2 позволяет реализовать метод, основанный на зависимости между электрическим сопротивлением токопроводящей газожидкостной смеси и ее концентрацией

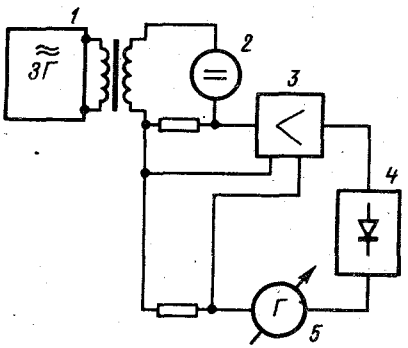


Рис. 2. Схема включения датчика аэрации в измерительную цепь
1 – звуковой генератор; 2 – датчик; 3 – усилитель; 4 – детектор; 5 – гальванометр

$$1 - \zeta = f\left(\frac{R_0}{R_{см}}\right), \qquad (5)$$

где R_0 и $R_{см}$ – сопротивление воды и газожидкостной смеси в объеме эффективного электрического поля датчика.

Для пластинчатого преобразователя можно применить уравнение Максвелла, полученное им в результате аналитического решения задачи о проводимости некоторого объема суспензии (эмульсии), образованной токопроводящей жидкостью и сферическими части-

цами (капельками, пузырьками газа) диэлектрика. Уравнение Максвелла для нашего случая можно представить в виде

$$1-\zeta=\frac{1{,}5R_0I_{\text{п}}}{U_{\text{г}}+0{,}5R_0I_{\text{п}}}=\frac{1{,}5R_0}{R_{\text{см}}+0{,}5R_0}\ , \qquad (16)$$

где $U_{\text{г}}$ – напряжение на выходе генератора; $I_{\text{п}}$ – ток в цепи преобразователя.

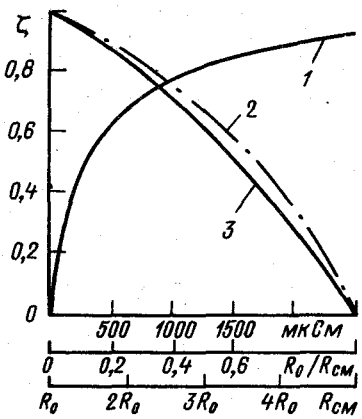


Рис. 3. Теоретические (1,2) и экспериментальная (3) зависимости степени аэрации от сопротивления среды

На рис. 3 показана зависимость $\zeta=f(R_{\text{см}})$ в единицах R_0 (кривая 1) и $\zeta=f\left(\frac{1}{R_{\text{см}}}\right)$, т.е. величина газосодержания в функции от проводимости среды (кривая 2), построенные по уравнению (6). Там же приведена тарировочная кривая (3), построенная для датчика описанной конструкции. Как видно из рисунка, зависимость $\zeta=f\left(\frac{1}{R_{\text{см}}}\right)$ не является прямолинейной. Однако для практических условий работы флотационной машины наибольшая величина степени аэрации ζ не превышает 0,5 (за исключением пенного слоя). Следовательно, в диапазоне $0\leqslant\zeta\leqslant0{,}5$ датчик рассматриваемой конструкции вполне применим для исследования в аэрированных потоках.

Тарировка датчика осуществлялась на установке, позволявшей получить потоки со скоростями 0–10 м/с и фиксированным содержанием воздуха 0–90%. Кроме того, для корректировки в процессе экспериментов применялась тарировка методом ступенчатого погружения пластин датчика в жидкость [1].

Таким образом, для исследования степени аэрации в камере флотационной машины можно рекомендовать резистивный метод, являющийся весьма простым и надежным средством экспериментального изучения характеристик машины и обеспечивающий достаточную точность получаемых результатов.

Литература

1. Азимов Ю.И., Маминов О.В. Экспериментальное определение газосодержания двухфазных потоков. – Изв. вузов, "Химия и химическая технология", 1967, № 1.

2. Классен В.И., Мокроусов В.Н. Введение в теорию флотации. М., изд.ГИТИ, 1959.

3. Метод исследования и количественного измерения качества псевдоожижения. Л., изд. ВВИТКУ, 1963. Авт.: О.Н.Тодес, И.И.Петренко, В.П.Скворцов, В.М.Элиашберг.