

Бас Т.П.

Бас И.К.

*Национальная  
металлургическая  
академия Украины*

УДК 822.762

## ГЕНЕРИРОВАНИЕ АССИМЕТРИЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ В ВОЗДУШНО-ПУЛЬСАЦИОННЫХ ОТСАДОЧНЫХ МАШИНАХ

*Отримано систему рівнянь, яка описує негармонічні коливання робочого середовища в повітряно – пульсаційній відсаджувальній машині з двома приводами. Підтверджено можливість генерування і регулювання форми коливань рідини відповідно до вимог технології збагачування.*

*The system of equation, that describes inharmonic vibrations of work environment in jig with two drives, is received. The possibility of excitability and regulation forms of liquid's vibrations, accordingly to demands of technology for concentration, is confirmed.*

**Постановка задачі.** Повышение эффективности процесса отсадки полезных ископаемых, отличающихся по гравитационным свойствам, за счет обоснованного выбора рациональных параметров приводов с регулируемыми асимметричными колебаниями рабочей среды.

**Целью статьи** является составление математической модели процесса колебаний рабочей среды в двухприводной воздушно-пульсационной отсадочной машине.

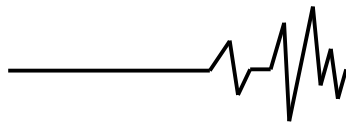
**Основная часть.** Отсадка – один из основных процессов обогащения полезных ископаемых. Конструкции машин, реализующие этот процесс и эксплуатирующиеся в настоящее время на территории Украины, разработаны в 60 – 70-х годах прошлого века. За время, прошедшее с тех пор, изменилась не только сырьевая база, при возросших требованиях к удельным энергозатратам, но и концентрации по переработке полезных ископаемых.

Как известно, процесс отсадки заключается в расслоении исходного материала (угля, руды) по плотности под воздействием жидкости, совершающей в вертикальном направлении периодические колебания, то есть перемещения, при

которых через равные промежутки времени состояние (положение) колеблющейся жидкости повторяется [1].

Отечественными и зарубежными специалистами на основании теоретических, лабораторных и промышленных исследований установлено, что на качественно-количественные показатели процесса отсадки существенное влияние оказывают не только период и амплитуда [2], но и форма генерируемых машиной вынужденных колебаний жидкости [3, 4]. При этом подчёркивается, что для сырья различного гравитационного и гранулометрического составов оптимальными могут оказываться различные по форме колебания [5]. Это предопределило целесообразность создания отсадочных машин, позволяющих не только генерировать вынужденные колебания жидкости определённой формы, но и осуществлять оперативную регулировку этой формы в ходе ведения технологического процесса.

Технически наиболее просто конкретную форму колебаний жидкости можно генерировать в низкочастотных отсадочных машинах поршневого (диафрагмового) типа путём задания рабочему органу (поршню, диафрагме) соответствующего режима перемещения с помощью кулачкового, кулисного или другого механизма. Однако подобное решение исключило бы возможность организации регулировки амплитуды и формы колебаний жидкости в ходе



осуществления технологического процесса. Кроме того, механический привод рабочего органа этих машин не позволяет создавать конструкции машин достаточной единичной производительности [3, 6]

В воздушно-пульсационных (беспоршневых) отсадочных машинах для генерирования вынужденных периодических колебаний жидкости использован пневматический привод одностороннего непосредственного воздействия на свободную поверхность жидкости (принцип Баума) [7]. Это разрешило не только создавать высокопроизводительные агрегаты единичной мощностью до 500...600 т/ч по исходному сырью, но и обеспечило возможность осуществления плавной оперативной, регулировки амплитуды колебаний жидкости в технологическом (ситовом) отделении машины в пределах от нуля до максимума.

Достоинства привода в значительной мере позволили воздушно-пульсационным отсадочным машинам превзойти по техническим и экономическим показателям отсадочные машины других типов и успешно конкурировать с новейшими технологическими процессами обогащения [1,4,6].

Исходя из того, что вынужденные периодические колебания жидкости заданной формы в воздушно-пульсационной отсадочной машине могут быть вызваны вынуждающей силой (давлением сжатого воздуха), периодически изменяющейся по соответствующему закону [1], конструкторы и исследователи направили свои усилия на совершенствование конструкций пульсаторов. То есть устройств, определяющих характер изменения во времени давления сжатого воздуха в воздушно-пульсационном отделении машины [1,3,4].

Задача пульсаторов при этом сводилась к тому, чтобы открыв к определённому времени  $t$  (с) на соответствующую величину  $F$  ( $\text{м}^2$ ) окно впуска (или выпуска) сжатого воздуха, ввести в приводное отделение (или вывести из него) требуемое количество сжатого воздуха  $Y$  ( $\text{н.м}^3$ ), которое обеспечит повышение (или снижение) давления в приводном отделении до уровня  $H$  (м вод.ст.) и вызовет перемещение свободной поверхности жидкости по вертикали в приводном отделении на величину  $S_n$  (м), а в технологическом (отсадочном) — на ве-

личину  $S_T$  (м). В результате этого предполагалось достигнуть колебания жидкости требуемой формы:

$$S_T = f(t).$$

На обогатительных фабриках эксплуатируются отсадочные машины, оснащенные пульсаторами различных конструкций (роторные, клапанные и т. п.), способные в определённых пределах осуществлять регулировку формы колебаний жидкости. Однако описанное направление не обеспечивает должного приближения фактически получаемых форм колебаний жидкости к рекомендуемым (циклы Майера, Томаса, Бёрда) [1, 4], что объясняется “большой сжимаемостью воздуха”, исключающей при реальной частоте пульсаций жидкости учет “сложного взаимодействия сил тяжести, инерции и давления сжатого воздуха”, проявляющих себя в воздушно-пульсационной отсадочной машине [4].

Это предопределило поиски альтернативного пути к созданию машины, генерирующей регулируемые по форме периодические колебания жидкости. При этом за основу было взято известное положение о том, что любое периодическое колебание можно представить в виде суммы различных гармонических колебаний:

$$K = l + m + n + p, \quad (1)$$

где  $K$  - периодическое негармоническое колебание;

$l, m, n, p$  - гармоники спектра

колебания  $K$ .

Но из выражения (1) можно предположить, что если

$$R = l + m, \quad (2)$$

а

$$W = n + p, \quad (3)$$

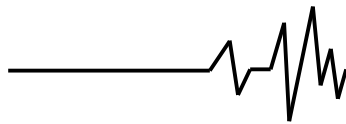
то

$$K = R + W, \quad (4)$$

где  $R$  и  $W$  - периодические негармонические колебания.

Тогда выражение (4) можно прочитать, как любое периодическое негармоническое колебание может быть представлено в виде суммы более простых периодических негармонических колебаний, если суммы их гармоник идентичны.

Следовательно, снабдив технологическую камеру отсадочной машины двумя (или несколькими) параллельно работающими приводами, генерирующими вынуждаемые периодические колебания различных спектров,



можно получить в ситовом отделении сложные колебания (жидкости) любой формы.

Предлагается новая конструкция воздушно-пульсационной отсадочной машины с двумя пневматическими приводами одностороннего действия, способная генерировать сложные, регулируемые по форме, колебания жидкости.

Каждая камера такой машины включает технологическое (ситовое) отделение *A* и два приводных отделения *B* и *C*, в которых размещаются соответственно связанные друг с другом кинематически пневмоприводы одностороннего действия, генерирующие колебания низкочастотных и высокочастотных спектров.

Процесс колебания жидкости в отделениях *A*, *B* и *C* в бесконечно малом *i*-ом интервале времени описывается системой уравнений:

$$\begin{cases} \frac{L_{Ai}}{g} a_{Ai} + \xi_A \frac{V_{Ai}^2}{2g} + S_{Ai} = H_{Ai} - H_{0i}; \\ \frac{L_{Bi}}{g} a_{Bi} + \xi_B \frac{V_{Bi}^2}{2g} + S_{Bi} = H_{Bi} - H_{0i}; \\ \frac{L_{Ci}}{g} a_{Ci} + \xi_C \frac{V_{Ci}^2}{2g} + S_{Ci} = H_{Ci} - H_{0i}; \\ Q_{Ai} + Q_{Bi} + Q_{Ci} = 0, \end{cases} \quad (5)$$

где  $H_{0i}$  - напор в точке *O* в *i*-ый интервал времени, м вод.ст.;

$H_{Ai}$ ,  $H_{Bi}$ ,  $H_{Ci}$  - соответственно, избыточное давление воздуха на свободные поверхности в отделениях *A*, *B* и *C* в *i*-ый интервал времени, м вод.ст.;

$S_{Ai}$ ,  $S_{Bi}$ ,  $S_{Ci}$  - соответственно, перемещения жидкости в отделениях *A*, *B* и *C* в *i*-ый интервал времени, м вод.ст.;

$V_{Ai}$ ,  $V_{Bi}$ ,  $V_{Ci}$  - соответственно, скорости жидкости в отделениях *A*, *B* и *C* в *i*-ый интервал времени, м/с;

$a_{Ai}$ ,  $a_{Bi}$ ,  $a_{Ci}$  - соответственно, ускорения жидкости в отделениях *A*, *B* и *C* в *i*-ый интервал времени, м/с<sup>2</sup>;

$L_{Ai}$ ,  $L_{Bi}$ ,  $L_{Ci}$  - соответственно, средние линии тока в отделениях *A*, *B* и *C* в *i*-ый интервал времени, м;

$\xi_A$ ,  $\xi_B$ ,  $\xi_C$  - соответственно, коэффициенты сопротивления движению жидкости в отделениях *A*, *B* и *C*;

$Q_{Ai}$ ,  $Q_{Bi}$ ,  $Q_{Ci}$  - соответственно, расходы жидкости в отделениях *A*, *B* и *C* в *i*-ый интервал времени, м<sup>3</sup>/с.

**Выводы.** Выполненные исследования математической модели двухприводной воздушно-пульсационной отсадочной машины:

- подтвердили возможность генерирования и регулировки формы колебаний жидкости в ситовом отделении машины в соответствии с требованиями технологии обогащения;
- позволили уточнить ожидаемые режимы эксплуатации каждого из приводов при решении конкретных задач.
- обосновали принципиальный подход к выбору конструкции и величин конструктивных параметров, как машины в целом, так и каждого из приводов, подлежащих проверке на физической модели.

#### Литература

1. Самылин Н.А., Золотко А.А., Починок В.В. Отсадка. / Н.А. Самылин, А.А. Золотко, В.В. Починок - М.: Недра. 1976. -319 с.
2. Кизевальтер Б.В. Влияние числа и размаха колебаний жидкости на процесс отсадки. / Б.В. Кизевальтер // Обогащение руд. 1958. - № 5. - С.76 - 80.
3. Митчелл Д.Г. Обогащение угля. / Д.Г. Митчелл - Углетехиздат. 1956. - 258 с.
4. Благов И.О., Коткин А.М., Фоменко Т.Г. Гравитационные процессы обогащения. / И.О. Благов., А.М. Коткин, Т.Г. Фоменко - М.: Госгортехиздат. 1962. - 232с.
5. Кизевальтер Б.В. Теоретические основы гравитационных процессов обогащения./ Б.В. Кизевальтер - М.: Недра. 1979 - 298 с.
6. Бинкевич В.А. Использование безпоршневых отсадочных машин для обогащения руд. / В.А. Бинкевич // Горный журнал. 1968. - № 1(15). - С. 24 - 27.
7. Герц В.У., Крейнин Г.В. Расчёт, пневмоприводов./ В.У. Герц, Г.В. Крейнин - М.: Машиностроение. 1975. - 272 с.