

**Кириченко Е.А., д.т.н, проф., Романюков А.В., соискатель, с.н.с.**

*(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепрпетровск, Украина)*

## **ДИНАМИКА ДВУХФАЗНЫХ ПОТОКОВ В ГЛУБОКОВОДНОМ НАСОСНОМ ГИДРОПОДЪЕМЕ**

На сегодняшний день в Украине ощущается дефицит некоторых стратегических цветных металлов, добываемых из материковых месторождений традиционным способом. В связи с этим, дальнейшее наращивание минерально-сырьевой базы Украины тесно связано с освоением рудных месторождений Мирового океана.

Одним из наиболее перспективных способов транспортирования твердых полезных ископаемых с морского дна является глубоководный насосный гидроподъем (ГНГ) [1].

Работа посвящена актуальной проблеме освоения минерального потенциала Мирового океана, решение которой напрямую связано с разработкой эффективных способов регулирования и управления глубоководными насосными установками.

При этом подъем минерального сырья на базовое плавсредство связан с решением ряда задач расчета динамики двухфазных (вода и твердые частицы) потоков, что обусловлено множеством переходных и нестационарных процессов, которые сопровождают работу насосной установки. Вообще говоря, в связи с большой протяженностью гидравлических трактов и особенностями эксплуатации, глубоководные насосные гидроподъемы (ГНГ) практически постоянно работают в нестационарных или квазистационарных режимах.

Существующие на сегодня методики расчета насосных установок, транспортирующих гидросмеси (пульпы), в основном базируются на представлении о смеси, как об однородной жидкости [2]. Авторы этих методик, как правило, сконцентрированы на проблемах гидроудара в трубопроводных системах отводя твердым частицам в потоке пассивную роль, сводящуюся только к повышению плотности смеси [3]. Такой подход позволяет использовать для расчетов упрощенный математический аппарат [4], базирующийся на гомогенной модели, что существенно снижает точность получаемых результатов, т.к. вода и твердые частицы обладают различными инерционными свойствами. Очевидно, такие методики с приемлемой для инженерных расчетов точностью позволяют рассчитывать параметры наземного гидротранспорта, который можно проектировать с «запасом» по прочности. Однако, при расчете таких уникальных машиностроительных объектов, как ГНГ, такой подход едва ли является приемлемым, т.к. не учитывает специфику эксплуатации горно-морского оборудования в сложных условиях больших глубин.

Таким образом, одним из сдерживающих факторов развития глубоководных гидроподъемов является отсутствие результатов исследований нестационарных режимов и динамических процессов в элементах глубоководных гидроподъемов, а также математического описания переходных процессов, и, в конечном итоге, отсутствие достаточно точной и физически обоснованной методики расчета параметров ГНГ и ее программной реализации.

Исходя из вышеперечисленных особенностей, методика расчета ГНГ должна удовлетворять таким основным требованиям:

- высокая точность в связи с отсутствием «запасов» в прочностных параметрах ГНГ;

- комплексность и оперативность, что подразумевает возможность исследования всего спектра нестационарных и переходных процессов в рамках единого математического аппарата, базирующегося на дифференциальных уравнениях одного типа;

Ранее строгий корректный расчет динамических процессов в гидротранспортных системах, перекачивающих гетерогенные смеси, не представлялся возможным, главным образом, из-за отсутствия адекватной, физически обоснованной математической модели, наиболее полно учитывающей специфику глубоководного гидротранспорта и весь спектр динамических эффектов.

Однако, после того как в работе [5] такая модель движения двухкомпонентной среды была получена и выведены характеристические соотношения для этой модели, впервые открылась возможность разработки комплексной методики расчета динамики гетерогенных потоков в проточных частях ГНГ, которая бы удовлетворяла сформулированным выше требованиям.

Такая методика автоматически обеспечивает возможность расчета параметров всего спектра динамических процессов в глубоководных насосных гидроподъемах от медленных концентрационных волн, сопровождающих процессы, связанные с пуском системы, до быстрых нестационарных процессов при различных вариантах аварийного останова и т.д.

В настоящей работе впервые разработана комплексная методика расчета динамики двухфазных потоков, позволяющая оперативно и с высокой степенью точности исследовать весь спектр нестационарных и переходных процессов в глубоководных насосных установках в рамках единого математического аппарата.

На базе разработанной методики составлен программный комплекс HydroWorks 2p, позволяющий решать различные задачи, связанные с двухфазными течениями и определять параметры нестационарных и переходных режимов в глубоководных насосных добычных установках. Разработанный комплекс пригоден для расчета всего спектра переходных режимов от запуска системы на воде до процессов, связанных с регулированием и остановом при работе установки на пульпе.

С использованием данного программного комплекса исследованы переходные процессы в глубоководной насосной установке и получены основные зависимости параметров системы от времени в различных сечениях трубопровода. Установлено, что колебания давлений и вызванные ими динамические напряжения могут достигать критических значений и существенным образом влиять на работоспособность установки вплоть до нарушения ее целостности.

### Список литературы

1. Фокс Д.А. Гидравлический анализ неустановившегося течения в трубопроводах / Фокс Д.А. – М.: Энергоиздат, 1981. – 248 с.
2. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред / Нигматулин Р.И. – М.: Наука, 1987, ч. 1. – 464 с.
3. Картвелишвили Н.А. Динамика напорных трубопроводов / Картвелишвили Н.А. – М.: Энергия, 1979. – 224 с.
4. Уоллис Г. Одномерные двухфазные течения / Уоллис Г. – М.: Мир, 1972. – 440 с.
5. Разработка многофункциональной динамической модели многофазной среды применительно к эрлифтному гидроподъему / О.Г. Гоман, Е.А. Кириченко, В.Е. Кириченко и др. // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ: НГУ. – 2008. – №8. – С. 89 – 93.