

Кириченко Е.А., д.т.н, проф., Евтеев В.В., научный сотрудник

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ ПРИ СНАРЯДНОЙ СТРУКТУРЕ ТЕЧЕНИЯ В ГЛУБОКОВОДНОМ ЭРЛИФТЕ

На основании разработанного численно-аналитического метода и соответствующего программного обеспечения выполнены исследования транспортирования твердых частиц при снарядной структуре течения применительно к глубоководным гидроподъемам. Рассмотрены варианты гидроподъема различных монодисперсных составов твердых частиц. Для приближения полученных результатов к промышленным установкам производительность по сухому минеральному сырью принята 77,8 кг / с (1000000 т / год), а изменение плотности твердых частиц выбрано в наиболее характерном для полезных ископаемых подводных месторождений диапазоне 1400...2500 кг / м³. Размеры частиц варьировались в диапазоне 0,001...0,15 м. Глубина разработки месторождения соответствовала 4000...6000 м. Плотность частиц в каждом рассматриваемом монодисперсном составе твердого материала считалась постоянной. Подводящий и подъемный трубопроводы в данных расчетах приняты с неизменной площадью поперечного сечения и диаметром 0,46 м.

В результате изучения динамики формы расширяющегося газового пузыря в градиентном потоке с учетом влияния стенок трубы, установлено, что длина первого газового снаряда в момент образования снарядной структуры течения (ССТ) из пузырьковой, может быть принятой равной диаметру трубы. Это позволило разработать замкнутую расчетную схему, предусматривающую предварительное определение длины первой жидкостной пробки и связки (газовый пузырь + жидкостная пробка) по высоте подъемной трубы. Величина истинного газосодержания в начале ССТ с одной стороны определялись на основании полуэмпирической модели двухфазного газожидкостного потока [1], а с другой стороны моделировались отношением длины газового снаряда к длине связки.

Ниже даны наиболее характерные результаты транспортирования твердых частиц с физико-механическими свойствами конкреций Аравийского месторождения Индийского океана.

За время движения по участку подъемной трубы, соответствующему снарядной структуре течения, твердые частицы в зависимости от крупности двигались непрерывно, скачкообразно и циклически. Под циклом подразумевается сумма восходящей и нисходящей (включая останов частицы) фаз движения в пределах одной или нескольких связок.

Частицы диаметром $d_T = 0,001$ м имели положительную фазовую скорость по всей протяженности ССТ и поднимались непрерывно вверх практически со скоростью транспортирующей (несущей) среды.

Частицы диаметром 0,004 м имели положительную фазовую скорость по длине снарядного потока и транспортировались вверх скачкообразно, ускоряясь в жидкостных пробках и замедляясь в газовых снарядах.

Частицы крупностью 0,03 м имели положительную фазовую скорость и транспортировались вверх скачкообразно, ускоряясь в жидкостных пробках и практически останавливаясь в газовых снарядах вблизи области с наименьшей транспортирующей способностью снарядного потока.

Частицы диаметром 0,05 м имели положительную фазовую скорость и двигались циклически (число циклов 85) с ускорением подъема в жидкостных пробках и равно-

мерным нисходящим движением малых амплитуд в газовых снарядах вблизи области с минимальной транспортирующей способностью снарядного потока, расположенной на расстоянии 760 м от смесителя.

Частицы диаметром 0,1 м имели положительную фазовую скорость и двигались циклически (число циклов 128) с равномерным подъемом в жидкостных пробках и ускоренным нисходящим движением малых амплитуд в газовых снарядах во время прохождения области с минимальной транспортирующей способностью снарядного потока, удаленной от смесителя на 540 м.

Частицы диаметром 0,12 м имели нулевую фазовую скорость, двигаясь с замедлением подъема в жидкостных пробках и ускоренным нисходящим движением средней амплитуды в газовых снарядах, и не поднимались выше 490 м от смесителя (уровень критического сечения для данных частиц).

Частицы диаметром 0,15 м совершали циклическое движение, характеризующееся замедленным подъемом в жидкостных пробках и ускоренным нисходящим движением в газовых снарядах, а также не поднимались выше критического сечения, находящегося на расстоянии 445 м от смесителя.

Из анализа полученных результатов установлено, что твердые частицы по типу движения при ССТ с практической точки зрения целесообразно объединить в три группы: мелкие частицы диаметром до 0,004...0,005 м, которые поднимаются непрерывно в жидкостных пробках и газовых снарядах; средние частицы диаметром до 0,02...0,03 м, движущиеся скачкообразно с замедлением подъема или остановкой в газовых снарядах; крупные частицы диаметром до 0,1...0,12 м, которые совершают циклическое движение с нисходящей фазой в газовых снарядах. Поэтому частицы третьей группы перед подачей в подводный трубопровод эрлифта должны обязательно подвергаться дроблению.

На базе полученных результатов разработаны и запатентованы новые технологические и технические решения, обеспечивающие устойчивое транспортирование твердых полезных ископаемых в глубоководном эрлифтном гидроподъеме [1, 2].

Список литературы

1. Кириченко Е.А. Механика глубоководных гидротранспортных систем в морском горном деле: [монография] / Евгений Алексеевич Кириченко. – Д.: Национальный горный университет, 2009. – 344 с.
2. Динамика глубоководных гидроподъемов в морском горном деле: [монография] / Е.А. Кириченко, В.Г. Шворак, В.Е. Кириченко, В.В. Евтеев. – Д.: Национальный горный университет, 2010. – 259 с.