

2. Завгородний Е.Х. К вопросу о динамических нагрузках конвейерных лент при неустановившемся движении конвейеров. - В кн. : Вопросы рудничного транспорта. М., 1962, вып. 6. – С. 24-36.

3. Карпин Е.Б. Средства автоматизации для измерения и дозирования массы. – М.: Машиностроение, 1971. – 469 с.

4. Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г. Расчет ленточных конвейеров для шахт и карьеров. – М.: МГИ, 1972. – 296 с.

УДК 539.4.012

## **О ВОЗМОЖНОСТЯХ КОНТРОЛЯ РАСХОДА ДВУХФАЗНЫХ СМЕСЕЙ**

**В.Д. Кирнос**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительной, теоретической и прикладной механики

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, Украина, e-mail: [lololo@ua.fm](mailto:lololo@ua.fm)

**Аннотация.** В работе проведен анализ существующих способов измерения расхода жидких и двухфазных смесей при обогащении полезных ископаемых. Дана оценка эффективности их использования. Предложен метод измерения расхода двухфазных смесей, исключающий главные недостатки существующих.

*Ключевые слова:* двухфазная смесь, насос; гидротранспортная система, трубопровод, анемометр.

## **ON THE POSSIBILITIES OF CONTROLLING THE FLOW OF TWO-PHASE MIXTURES**

**V. Kirnos**, Ph.D., Associate Professor, Department of Structural, Theoretical and Applied Mechanics

State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: [lololo@ua.fm](mailto:lololo@ua.fm)

**Abstract.** The analysis of existing methods for measuring the flow of liquid and two-phase mixtures in mineral processing. Evaluate the effectiveness of their use. Proposed a method for measuring the flow of two-phase mixtures, excluding the major drawbacks of existing.

*Keywords:* two-phase mixture, pump, hydro-system, plumbing, anemometer.

**Введение.** На горнорудных предприятиях при обогащении руд, например железных, для перекачки пульпы (двухфазных смесей) в технологических линиях нашли широкое применение грунтовые насосы. При этом в процессе эксплуатации гидротранспортные системы должны иметь

стабильные технические характеристики, так как это прямо влияет на качественные показатели обогащения руд. Учитывая, что грунтовые насосы перекачивают пульпу, являющуюся абразивной средой, происходит постоянное изнашивание проточных частей насосов. Следствием этого является нарастающая потеря их производительности, а соответственно изменение технических характеристик гидротранспортных систем. Кроме того обогатительные комбинаты – крупнейшие потребители воды. Ее расход достигает здесь до 30 кубических метров на тонну концентрата. Технологическая вода обогатительных фабрик содержит растворенные и взвешенные вещества, количество которых достигает до 1000 мг/л. Поэтому она обладает высокой коррозионной активностью и абразивностью. Примерный состав взвешенных веществ в воде для обогатительных фабрик Кривбасса следующий: кварц – 30...40%, слоистые глинистые минералы – 25...30%, амфиболы – 15...20%, магнетит – 3...7%, агрегаты мелких частиц органического происхождения – 3...7%. Таким образом, техническая вода представляет двухфазную смесь.

На обогатительных фабриках, где для обогащения руд применена флотация, возможное уменьшение pH воды ниже 7,5 усиливает ее коррозионное действие на металлы. Все эти показатели технической воды приводят также к нарастающей потере производительности насосов для ее перекачки.

С целью поддержания качества обогащения руд надо оперативно производить регулирование технологических линий обогатительных фабрик. Следовательно, возникает необходимость в периодическом измерении производительности грунтовых насосов для перекачки пульпы и технической воды. Это достигается измерением расхода жидких смесей.

**Цель работы.** Анализ существующих методов контроля расхода двухфазных смесей и разработка метода контроля, исключающего недостатки существующих.

**Материал и результаты исследований.** В настоящее время существует множество методов для измерения расхода жидких сред. Основными из них являются: метод переменного перепада давления, электромагнитный, метод переменного уровня, ультразвуковой, обтекания, тахометрический, с внешним силовым воздействием, ядерно-магнитного резонанса.

Метод переменного перепада давления основан на измерении перепада давления, создаваемого с помощью сужающегося устройства, например диафрагмы [1]. Перепад давления через отборные устройства измеряется дифференциальным манометром и в виде электрического сигнала передается на вторичный прибор, градуированный в единицах расхода. Расходомеры, работающие на методе переменного перепада, не

имеют подвижных деталей, не требуют сложного обслуживания, надежны в работе. Данные приборы получили широкое распространение для измерения расхода воды и других жидкостей с неизменяющимися физическими свойствами благодаря своей универсальности и легкости серийного производства. Однако перечисленные свойства технологической воды железорудных фабрик, несомненно, сказываются на точности и надежности измерений ее расхода. В процессе эксплуатации таких расходомеров часто меняется профиль сужающего устройства, замена которого очень трудоемка. При этом отборные устройства засоряются шлаками, в первичных приборах часто выходят из строя мембранные блоки и изменяется их упругость. Для измерения расхода ферромагнитной пульпы метод переменного перепада давлений непригоден из-за повышенной абразивности и коррозионности по сравнению с технологической водой. Кроме того, при уменьшении пульпового потока или наличии препятствий она разделяется на плотный осадок и воду.

Электромагнитные расходомеры работают на принципе электромагнитной индукции [2]. Существует множество типов электромагнитных расходомеров, однако их применение ограничивается рядом причин:

- расход пульпы определяется при условии полного заполнения трубопровода;
- корпус прибора может влиять на устойчивость измерений, действуя как короткозамкнутый проводник, он также действует как экран против блуждающих токов от других носителей электрического тока, что вызывает необходимость его первоклассного заземления;
- устойчивость магнитного поля зависит от колебаний напряжения в питающей сети;
- износ или загрязнение электродов.

Ультразвуковые расходомеры. Принцип действия их основан на том, что скорость распространения ультразвуковых колебаний в среде, движущейся относительно стенок трубопровода, равна векторной сумме скорости ультразвука относительно среды и скорости самой среды относительно стенок [3]. Если установить в трубопровод два излучающих пьезоэлемента, один из которых излучает ультразвуковую волну по направлению потока, а другой – против него, то при движении потока возникает разность скорости прохождения волн по двум каналам, которая однозначно зависит от скорости потока. По этой разнице времени и определяется расход движущейся среды в трубопроводе. Положительным свойством таких расходомеров является их безконтактность измерения. К недостаткам следует отнести их чувствительность к различным факторам (содержание твердого в пульпе, пузырьков воздуха). Эти факторы существенно искажа-

ют характер распространения звука в контролируемой среде. Это приводит к увеличению дополнительных погрешностей прибора. К тому же, необходимо отметить сложность измерительной схемы ультразвуковых расходомеров.

Ядерно-магнитные расходомеры. Они работают на принципе ядерно-магнитного резонанса. Это – явление поглощения ядрами вещества, предварительно помещенного в магнитное поле, энергии электромагнитного поля. Поглощение энергии возможно при резонансе угловой частоты электромагнитного поля к лармовой. К достоинствам ядерно-магнитных расходомеров следует отнести: высокую чувствительность, отсутствие движущихся и выступающих внутрь трубопровода деталей преобразователя расхода, отсутствие чувствительности к перемене ориентировки трубопровода в пространстве, линейность шкалы. Главными недостатками их является отсутствие опыта промышленного применения и высокая стоимость. Все эти недостатки исключают их эффективное использование для данных целей.

Методы переменного уровня, обтекания, с внешним силовым взаимодействием и тахометрический, также не нашли своего применения для измерения двухкомпонентных смесей из-за наличия выступающих деталей.

Все недостатки существующих методов контроля расхода двухфазных смесей требуют нового метода контроля, исключающего недостатки существующих.

Предлагается метод измерения расхода двухфазных смесей косвенным способом. Суть данного вопроса можно пояснить на примере работы гидротранспортной системы, подающей слив рудоразмольной мельницы в технологическую линию. Гидротранспортная система состоит из рабочего зумпфа 3 с грунтовым насосом 1, нагнетательного трубопровода 5, пульподелителя 6, дополнительного трубопровода 7, резервного зумпфа 4, дополнительного насоса 2 с нагнетательным трубопроводом 8, измерительной трубы 9 и анемометра 10. Здесь измерительная труба 9 крепится вертикально в зумпфе 4 (рис. 1).

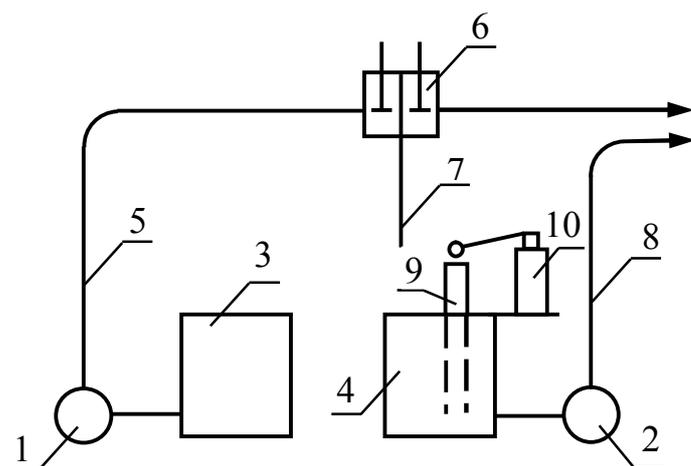


Рисунок 1 – Технологическая схема измерения расхода пульпы

В рабочем режиме слив мельницы поступает в зумпф 3, откуда насосом 1 подается в технологическую линию по трубопроводу 5 через пульподелитель 6. В режиме измерения производительности рабочего насоса 1 пульподелитель 6 отключает трубопровод 5 от технологической линии и переключает его на трубопровод 7. Пульпа поступает в резервный зумпф 4, одновременно заполняя его и измерительную трубу 9 по принципу сообщающихся сосудов. По мере заполнения пульпой зумпфа 4 из трубы 9 вытесняется находящийся там воздух. При этом скорость движения воздуха по трубе 9 соответствует скорости движения пульпы при заполнении зумпфа. Скорость вытесняемого воздуха измеряется с помощью анемометра 10, установленного на выходе из трубы 9. Производительность рабочего насоса 1 определяется по скорости движения вытесняемого воздуха:

$$Q = F \cdot V,$$

где  $V$  - скорость движения воздуха,  $F$  - площадь поперечного сечения резервного зумпфа.

После окончания замера трубопровод 9 пульподелителем 6 снова подключается к технологической линии и гидротранспортная система вводится в рабочий режим. Насос 2 откачивает пульпу из измерительного зумпфа 4 и через трубопровод 8 подает ее в технологическую линию. В качестве дополнительного насоса 2 можно использовать резервный.

**Вывод.** Таким образом, предлагаемый способ измерения позволяет в процессе работы насосной установки определять расход перекачиваемой смеси и соответственно оперативно корректировать параметры технологических процессов. Продолжительность замера не превышает 20 ... 30 секунд, поэтому такое кратковременное отключение нагнетательного трубо-

провода 5 от технологической линии не оказывает явного отрицательного влияния на ход технологического процесса.

Точность измерения расхода смесей данным способом была оценена на лабораторной экспериментальной установке. Сравнительный анализ результатов измерения предлагаемым способом и с помощью мерного бака показал, что различие между ними не превышает 5%.

Экономическая эффективность данного способа может быть определена повышением массовой доли железа в концентрате за счет поддержания рациональных параметров технологического процесса при их оперативном контроле.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гейер В.Г. Гидравлика и гидропривод / [В.Г. Гейер, В.С. Дулин, А.Г. Боруменский, А.Н. Заря]. – М.: Недра, 1970. – 302 с.
2. Константинов Ю.М. Гидравлика /Ю.М. Константинов. – К.: Вища школа, 1981 – 360 с.
3. Ржевская Н.Д. О возможностях контроля циклов измельчения и классификации ультразвуковыми методами / Н.Д. Ржевская // Физические и химические процессы горного производства. – 1971. – С. 78 – 81.

УДК 537.528:537.529:622.233

### ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОГО МЕТОДА ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ НЕГАБАРИТОВ ГОРНЫХ ПОРОД

**А.А. Кладько**, магистрант кафедры техники и электрофизики высоких напряжений, группа 4ТМ31

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Россия, e-mail: [andkladd@mail.ru](mailto:andkladd@mail.ru)

**Аннотация.** Исследованы методы разрушения горных пород, оценка их экономической эффективности и экологической безопасности.

*Ключевые слова:* разрушение горных пород, экологическая безопасность, электроразрядное разрушение, негабарит.

### PROSPECTS FOR THE USE OF AN PLASMA BLAST TECHNOLOGY FOR THE DESTRUCTION OF OVERSIZE ROCKS

**A. Kladdko**, Master of Department of High Voltage Engineering and Electrophysics, group 4ТМ31

National Research “Tomsk Polytechnic University”, Tomsk, Russia, e-mail: [andkladd@mail.ru](mailto:andkladd@mail.ru)