Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LIII, вып. 1, 1966 г.

УДК 622.234.5

О КОНТРОЛЕ РАБОТЫ И РЕГУЛИРОВАНИИ ГИДРОТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК

В. И. Гвоздев

Основным критерием производительности гидротранспортной установки является ее производительность по твердой фазе, которую в предположении, что скорость движения воды и твердых частиц в трубопроводе одинакова, можно выразить формулой

$$A = \frac{P}{T},$$

где P — вес перемещаемого твердого материала за время T

Так как за единицу времени

$$P = V_{тв}\gamma_{тв} = V_{общ}\gamma_{см} - \gamma_0 (V_{общ} - V_{тв}),$$

где $V_{тв}$ и $V_{общ}$ — объем перемещаемых твердого материала и гидросмеси; $\gamma_{тв}$, $\gamma_{см}$ и γ_0 — удельный вес твердого материала, гидросмеси и воды ($\gamma_0 = 1$), то

$$V_{тв} = \frac{V_{общ}(\gamma_{см} - 1)}{\gamma_{тв} - 1}.$$

Выразив перемещаемый объем гидросмеси через скорость движения гидросмеси в трубопроводе v и поперечное сечение трубопровода S, получим

$$V_{тв} = \frac{vS(\gamma_{см} - 1)}{\gamma_{тв} - 1} = kv(\gamma_{см} - 1),$$

где k — постоянная для данной гидротранспортной установки величина,

$$k = \frac{S}{\gamma_{тв} - 1}.$$

Полученное выражение показывает, что для поддержания постоянства заданного режима гидротранспортирования автоматическое устройство должно контролировать и поддерживать на неизменном уровне значения двух параметров — скорости перемещения гидросмеси и ее удельного веса. Желателен также визуальный контроль этих параметров и регистрация количества перемещенного твердого материала. Кроме этих основных функций, автоматическое устройство должно обеспечивать выполнение ряда других, обычных для общепромышленных установок задач, связанных с пуском и защитой двигателя, сигнализацией и отключением установки при возникновении аварийных режимов и т. д.

В Ленинградском горном институте в 1960—1961 гг. разработаны и исследованы датчики скорости (расходомеры) и датчики плотности (консистомеры). Скорость (расход) пульпы измеряли при этом индукционным методом. По этому методу измеряемый поток жидкости или пульпы пропускают через магнитопроницаемый участок трубопровода (камеру), на который наложено внешнее магнитное поле. В жидкости наводится э. д. с., величина которой при постоянной магнитной индукции и неизменном диаметре трубопровода прямо пропорциональна скорости движения потока. Наведенная э. д. с. снимается с двух диаметрально расположенных электродов, введенных до внутренней поверхности трубопровода, и после соответствующего усиления и освобождения от внешних помех в специальном электронном устройстве *ЭУ* измеряется. По величине измеренной э. д. с. судят о скорости потока.

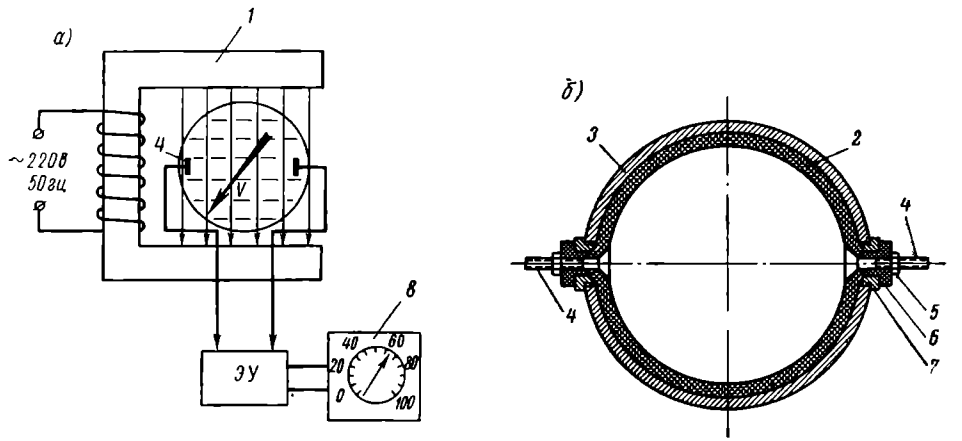


Рис. 1. Принцип измерения скорости жидкости или пульпы индукционным расходомером (*а*) и поперечное сечение камеры датчика (*б*).

1 — сердечник электромагнита; *2* — изоляционное покрытие; *3* — сталь 1Х18Н9Т; *4* — электрод; *5* — гайка; *6* — изоляционная шайба; *7* — штуцер; *8* — измерительный прибор.

В результате исследований разработаны, изготовлены и испытаны на различных пульпах расходомеры с внутренним диаметром трубы 150 и 200 *мм*, рассчитанные на внутреннее давление до нескольких десятков атмосфер (рис. 1). Расходомер с диаметром камеры датчика 200 *мм* дает измерения в пределах 0—175, 0—350, 0—700 и 0—1400 $м^3/ч$. Изменение пределов осуществляется переключателем в электронной схеме. Погрешность расходомера не превышает 2—3% от измеряемой величины. На рис. 2 представлены градуировочные кривые расходомеров.

Индукционный принцип позволяет измерять скорости в напорных трубопроводах промышленных гидротранспортных установок с высокой точностью. Исследованный в Ленинградском горном институте весовой принцип измерения плотности пульпы в напорных трубопроводах несмотря на ряд оригинальных конструктивных и принципиальных решений не дал в созданных плотномерах требуемой точности. Основным затруднением в создании весовых плотномеров является незначительность изменения плотности гидросмеси даже при существенном изменении соотношения жидкой и твердой фаз. Если принять, например, для угля удельный вес твердого 1,3 и соотношение жидкого к твердому 5 1 (очень большая консистенция), то удельный вес смеси $\gamma_{см} = 1{,}05$. При увеличении количества угля вдвое $\gamma_{см} = 1{,}084$, т. е. возрастает всего на 0,034. Следовательно, для регистрации промежуточных значений удельного веса гидросмеси

в интервале соотношений жидкого к твердому от 5 1 до 5 2 плотномер должен реагировать на изменения измеряемой величины по крайней мере тысячными долями.

Однако и при любом другом способе измерения плотности пульпы встретятся осложнения. Например, подсос воздуха и выделение газов из воды транспортируемого материала исказят показания не только весовых, но и других типов плотномеров.

Пока не существует плотномеров, позволяющих достаточно точно определять удельный вес гидросмеси, схему автоматического регулирования работы гидротранспортной установки предлагается осуществлять

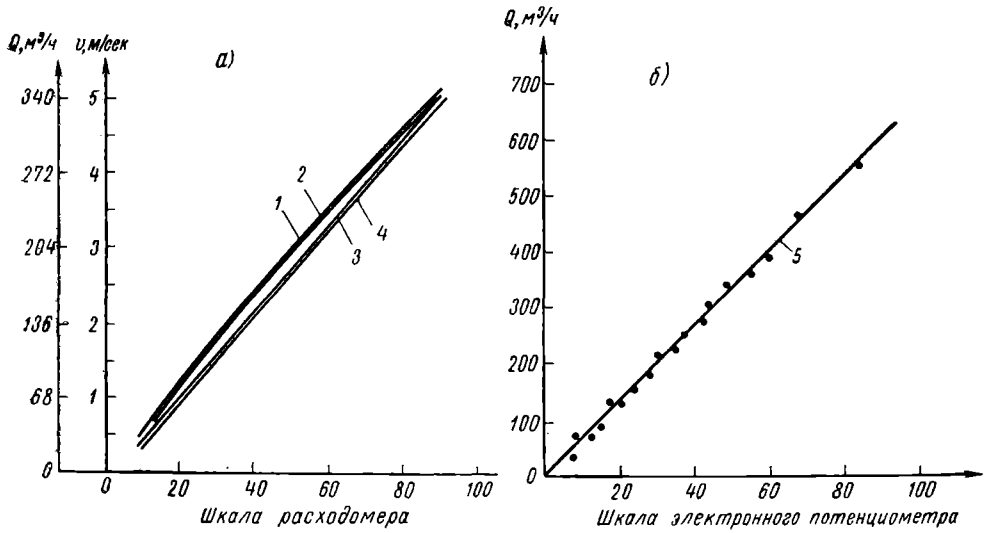


Рис. Градуировочные кривые расходомера диаметром камеры 150 *мм* (*а*) и 200 *мм* (*б*)

— водоугольная пульпа с отношением $\frac{V_{тв}}{V_{воды}} = \frac{1}{4}$ и объема твердого к воде соответственно $\frac{1}{4}$ и $\frac{1}{8}$; — вода с нефтеносным песчаником с отношением объема твердого к воде $\frac{1}{8}$; *4* — вода из водопровода; вода; шкала 0—700 м³/ч.

по одному параметру — скорости гидросмеси, так как скорость движения потока гидросмеси существенно зависит от консистенции пульпы.

При перекачке чистой воды скорость движения потока будет максимальной. При увеличении консистенции * существенно возрастают гидравлические сопротивления трубопровода, характеристика трубопровода становится круче, производительность насоса по гидросмеси и скорость движения потока в трубопроводе уменьшаются по степенному закону, что достаточно точно регистрирует индукционный расходомер.

По данным исследований на лабораторной гидротранспортной установке в Ленинградском горном институте и на опытно-промышленной установке шахты № 3 комбината «Сланцы» при транспортировании сланцевой породы и угля с крупностью кусков до 35—40 *мм* увеличение удельного веса гидросмеси на 3—5% приводит к уменьшению скорости пульпы

* Термин «консистенция» здесь подчеркивает, что на гидравлические сопротивления трубопровода оказывает влияние также гранулометрический состав перемещаемой гидросмеси.

в трубопроводе диаметром 156 *мм* на 17—20%. Некоторое снижение скорости движения гидросмеси в трубопроводе не означает уменьшения производительности установки, так как с более плотной пульпой транспортируется большее количество твердого материала. Увеличение консистенции гидросмеси также влияет на режим работы приводного двигателя насоса — увеличиваются потребляемая из сети мощность и момент вращения на валу двигателя. Скорость вращения двигателя и рабочего колеса насоса уменьшаются.

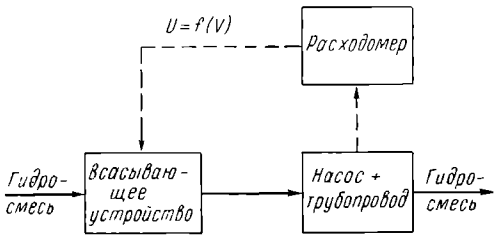


Рис. 3. Структурная схема автоматического регулирования гидротранспортной установки.

Однако перечисленные параметры изменяются незначительно, поэтому определение производительности установки непосредственным измерением мощности, момента или числа оборотов двигателя не дает положительных результатов. Например, при увеличении удельного веса гидросмеси от 1,1 до 1,2 (увеличение производительности установки вдвое) абсолютные затраты мощности возрастают не более, чем на 9% *. Изменение числа оборотов асинхронного короткозамкнутого двигателя, обладающего жесткой механической характеристикой, также не может превышать 3—4% во всем нормально используемом диапазоне нагрузок.

В связи с изложенным нами предлагается оценивать производительность и регулировать режим работы гидротранспортной установки по скорости движения гидросмеси в нагнетательном трубопроводе, поддерживая эту скорость постоянной непрерывным воздействием расходомера на узел всасывания с целью поддержания на заданном уровне плотности транспортируемой гидросмеси, по схеме рис. 3.

Регулируемый узел всасывания может быть с подвижным всасывающим трубопроводом (рис. 4, *а*), с неподвижным всасывающим трубопроводом по системе В. Б. Гейера (рис. 4, *б*) или разработанный Донецким политехническим институтом в 1960 г.

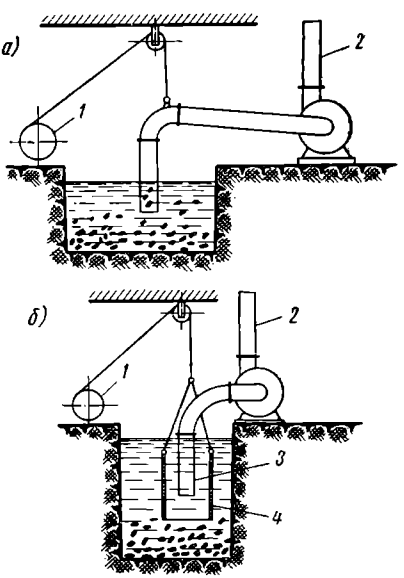


Рис. 4. Узлы всасывания с подвижным (*а*) и неподвижным (*б*) всасывающим трубопроводом:

1 — лебедка; *2* — нагнетательный трубопровод; *3* — всасывающая труба; *4* — наружная труба.

В предлагаемой схеме автоматического регулирования скорость потока гидросмеси в нагнетательном трубопроводе непрерывно регистрируется индукционным расходомером. Электрический сигнал расходомера воздействует на систему управления узлом всасывания таким образом, что при увеличении скорости движения гидро-

* А. С. Старикова. Задачи и пути автоматизации гидротранспортных установок. Дистанционное автоматическое и программное управление подъемно-транспортными механизмами и установками. Сб. 2. Московский Дом научно-технической пропаганды, 1961.

смеси в насос поступает более плотная гидросмесь, а при уменьшении скорости, наоборот, гидросмесь меньшей плотности.

Предлагаемая система авторегулирования позволит поддерживать значения основных параметров гидротранспортирования — скорости и плотности гидросмеси — близким к заданным, что обеспечит наименьший удельный расход электроэнергии и исключит простои установки, связанные с забивкой трубопроводов.

При достаточно точном консистомере схему автоматизации гидротранспортной установки можно усовершенствовать. Сигналы консистомера можно использовать для сигнализации о недопустимо низкой или высокой плотности пульпы, для визуального наблюдения и регистрации, для воздействия на систему авторегулирования и учета производительности по твердому материалу (при совместной работе с расходомером).

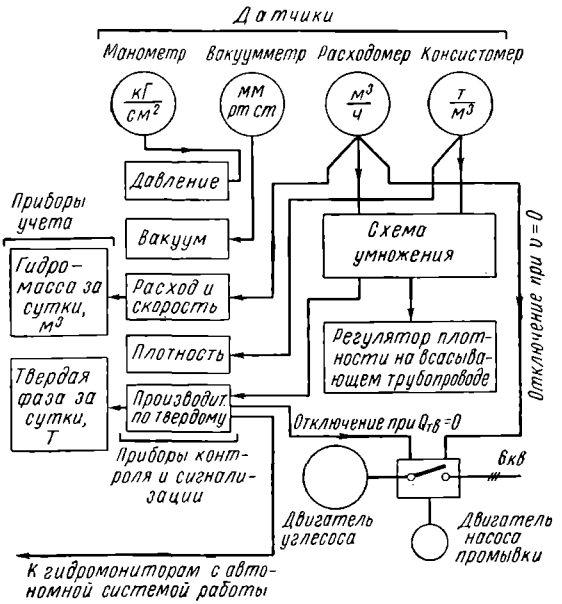


Рис. 5. Структурная схема гидротранспортной установки с приборами контроля и учета.

Для учета производительности установки по твердому веществу необходимо устройство, которое автоматически умножало бы значение плотности транспортируемой среды на ее скорость и давало бы выходной сигнал только тогда, когда значение плотности превышает единицу (плотность воды). Для этого можно использовать общеизвестные электрические схемы умножения. Выходное напряжение такой схемы будет пропорционально мгновенной производительности гидротранспортной установки по твердому. Структурная схема подобной установки приведена на рис. 5.

Дальнейшее развитие автоматизации процессов гидродобычи и гидротранспортирования должно быть направлено на создание средств увязки процесса работы гидротранспортной установки с работой гидромониторов на добычных участках. Это могут обеспечить автоматические гидромониторы и системы передачи сигналов контроля и управления между добычными участками и гидротранспортной установкой. По этому пути направлены исследования института ВНИИгидроуголь и некоторых других организаций.