

## РАЦИОНАЛЬНОЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ ПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЙ МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ ГИДРОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Автор: А.П. Гришко

Источник: Горный информационно – аналитический бюллетень (научно – технический журнал) = Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal), № 5, 2006. – с. 386-391.

Семинар № 15

**Н**апоры, реализуемые центробежными грунтовыми насосами, а также давления на их всасывающей стороне ограничены известными техническими факторами. Поэтому увеличение расстояния доставки горной массы, отмечаемое при гидровскрышных работах на ряде угольных карьеров, приводит к необходимости использования много-ступенчатых гидротранспортных систем с рассредоточением грунтовых насосов по трассе гидротранспортирования. Такое же положение наблюдается и при гидротранспортировании хвостов обогатительных и дробильно-сортировочных фабрик.

Возможны и реализуются две принципиальные схемы много-ступенчатых гидротранспортных систем. При первой из них (с разрывом непрерывности гидротранспортного потока) перекачивающие станции гидротранспортной системы оборудуются промежуточными зумпфами, выполняющими роль демпфирующих емкостей для соответствующего согласования рабочих режимов головной и перекачивающей станций. Вторая схема предполагает жесткое соединение головных и перекачивающих насосов общей системой трубопроводов без разрыва гидротранспортного потока.

Наличие промежуточного зумпфа на перекачивающей станции, на наш взгляд, следует считать безусловно оправданным в тех случаях, когда на перекачивающей станции объединяются или концентрируются гидротранспортные потоки от забой-

ных установок, расположенных на удаленных друг от друга участках горных работ. В этом случае рабочие режимы забойных гидротранспортных установок могут существенно отличаться даже при использовании одного и того типа грунтовых насосов. Кроме того, эти режимы могут по разным причинам изменяться во времени. Промежуточный зумпф на перекачивающей станции в таких случаях выполняет роль усреднителя расхода гидро-смеси на магистральном участке гидротранспортной системы, обеспечивая необходимую эффективность ее эксплуатации.

В тех случаях, когда гидротранспортный поток формируется одной стационарной головной насосной станцией, много-ступенчатая система с жестким соединением грунтовых насосов является более предпочтительной. Отсутствие промежуточных зумпфов существенно удешевляет гидротранспортную систему. Появляется возможность дистанционного управления перекачивающими станциями и полной их автоматизации. Снимаются проблемы утепления промежуточных зумпфов при эксплуатации гидротранспортной системы в зимний период.

Главным аргументом в пользу гидротранспортных систем с промежуточными зумпфами остается возможность более простого и надежного согласования рабочих режимов головных и перекачивающих станций и обеспечения их устойчивости в процессе эксплуатации. Однако, как показывает имеющийся опыт, вопросы согла-

сования и стабилизации рабочих режимов гидротранспортных систем с жестким соединением грунтовых насосов успешно решаются при правильном выборе местоположения перекачивающих станций и их оборудовании необходимым комплектом предохранительной арматуры. Надлежащий выбор местоположения перекачивающих станций необходим и для гидротранспортных систем с промежуточными зумпфами.

Рациональное местоположение перекачивающей станции в общем случае должно обеспечивать одинаковый расход головного и перекачивающего насосов. В частном случае, когда насосы жестко соединены системой трубопроводов, напор на входе в перекачивающие насосы не должен превышать предельной величины по паспорту и не должен снижаться ниже допустимой вакуумметрической высоты всасывания, определяющей границу кавитационных режимов. Ниже рассматриваются три графических метода определения рационального местоположения перекачивающих станций гидротранспортных систем.

Метод пьезометрических напоров. Расчеты и графические построения выполняются в два последовательных этапа. На первом этапе после предварительного выбора насосов и определения необходимого их количества в последовательном соединении выполняется графический анализ рабочего режима гидротранспортной системы. При этом по известным методикам [1, 2, 3] рассчитываются и строятся суммарная напорная характеристика последовательно соединенных насосов и напорная характеристика общей внешней сети. Затем по точке пересечения указанных напорных характеристик определяют действительные напор  $H_{н.с}$  и расход  $Q_{н.с}$  последовательного соединения насосов, а на основе соответствующего обратного построения находят напоры, реализуемые каждым насосом, задействованным в последовательном соединении ( $H_1, H_2$  и т.д.).

Задачей второго этапа является построение линии пьезометрических напоров трассы трубопроводов (см. рис. 1). Для этого с соблюдением принятого линейного масштаба предварительно вычерчивается спрямленный план-профиль трассы трубопроводов, на котором отмечаются точки перегиба трассы в горизонтальной и вертикальной плоскостях (0, 1, 2, . . . , 7 в примере, показанном на рис. 1), а также указываются расстояния  $l_i$  между указанными точками и их геодезические отметки  $z_i$ . Далее для каждой точки плана-профиля трассы рассчитываются пьезометрические напоры  $H_{ci}$ , численные значения которых служат ординатами точек линии пьезометрических напоров (показано в верхней части рис. 1).

Пьезометрический напор в отдельно взятых точках трассы трубопровода численно равен его сопротивлению на участке от головной насосной станции до указанных точек при расчетном расходе  $Q_{н.с}$  последовательного соединения насосов:

$$H_{ci} = (z_i - z_0) + k_i i_r L_i,$$

где  $z_0$  — отметка уровня гидросмеси в приемном зумпфе головной насосной станции;  $z_i$  — геодезические отметки рассматриваемых точек перегиба (реперов) трассы;  $k_i$  — коэффициент, учитывающий местные потери напора;  $i_r$  — удельные линейные потери напора в трубопроводе, определяемые в зависимости от физико-механических свойств гидросмеси, ее расхода и диаметра трубопровода [3];  $L_i$  — расстояние по трассе трубопроводов от головного насоса  $ГН$  до рассматриваемого репера, м.

Требуемый напор для конечной точки трассы трубопроводов, по-видимому, равен расчетному напору последовательного соединения насосов  $H_{н.с}$ . Откладывая по оси ординат величину напора  $H_1$  головного насоса и определяя точку на трассе с равновеликим ему требуемым напором (см. рис. 1), находят необходимое местоположение перекачивающего насоса  $ПН$ .

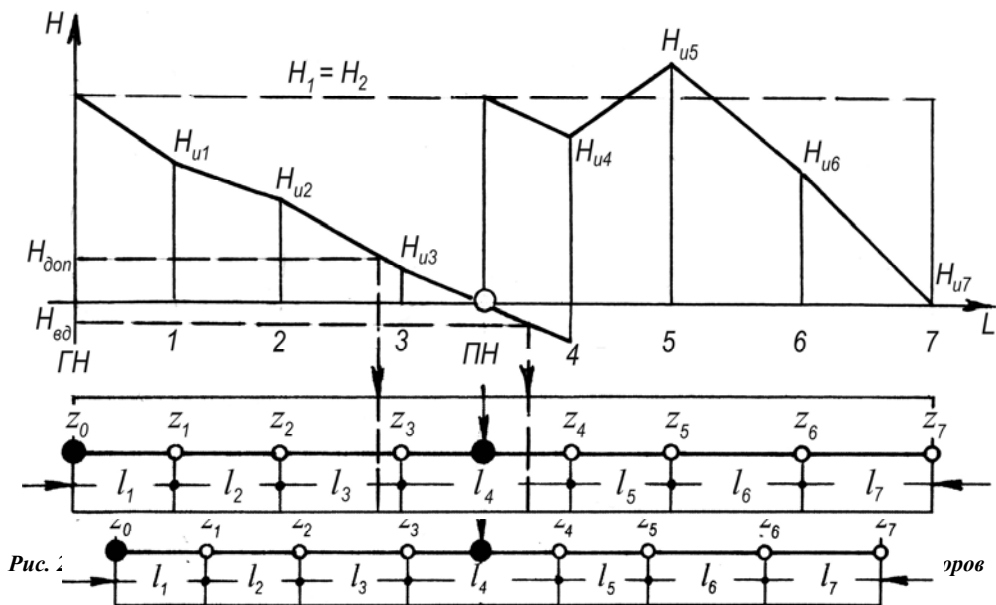


Рис. 1. Определение местоположения перекачивающей станции методом пьезометрических напоров

Если количество насосов в последовательном соединении больше двух (например, три насоса), то после определения местоположения первого перекачивающего насоса по расчетному его напору  $H_1$ , как это было показано выше, определяют расчетный напор двух первых насосов, который равен их сумме  $H_1+H_2$ . Необходимое место-положение третьего насоса будет в той точке трассы трубопроводов, где пьезометрический напор равен  $H_1+H_2$ . Аналогично описанному выше производится анализ рабочих режимов и определение местоположения перекачивающих станций для систем с четырьмя и более последовательно соединенными насосами.

Метод избыточных напоров. Как и в описанном выше методе, на первом этапе производится графический анализ рабочего режима с определением расчетных расхода и суммарного напора гидротранспортной системы, а также напоров каждого из насосов в последовательном соединении. Если насосы однотипны, по-видимому, реализуемые ими напоры бу-

дут одинаковыми. При двухступенчатой гидротранспортной системе  $H_1 = H_2$ .

После вычерчивания плана-профиля трассы трубопроводов приступают к построению линии избыточных напоров, под которым понимают разность между суммарным напором насосов, расположенных слева от рассматриваемого репера трассы, и сопротивлением участка трубопровода между головной насосной станцией и репером трассы при расчетном рабочем режиме гидротранспортной системы:

$$H_{ui} = \sum H_i - H_{ci} ,$$

где  $H_{ci}$  определяется по формуле, приведенной выше, а избыточный напор в начальной точке трассы равен напору головного насоса.

Построение линии избыточных напоров применительно к двухступенчатой гидротранспортной системе ( $H_1 = H_2$ ) представлено на рис. 2. Ее построение начинают от нулевого репера, где  $H_{n0} = H_1$ , постепенно переходя к последующим ре-

перам. Точка пересечения линии избыточных напоров с осью абсцисс ( $H = 0$ ) определяет положение перекачивающей насосной станции ПН.

Точки пересечения линии избыточных напоров с линиями допустимого напора на входе в насосные агрегаты  $H_{\text{доп}}$  и допустимой вакуумметрической высоты всасывания  $H_{\text{вд}}$  (показано пунктиром на рис. 2) определяют левую и правую границы трассы трубопроводов, где выполняются оговоренные выше условия эксплуатации насосов. Если по каким-то техническим причинам перекачивающая станция не может быть расположена в точке трассы с нулевым избыточным напором, целесообразным является ее смещение в сторону более высоких значений  $H_{\text{доп}}$ , то есть к левой из указанных выше границ.

После определения положения первой перекачивающей насосной станции для соответствующего ей репера трассы ордината  $H_{ci}$  увеличивается на величину напора перекачивающего насоса и производятся вычисление и построение ординат линии избыточных напоров для последующих реперов до тех пор, пока указанная линия снова не пересечет ось абсцисс. Метод избыточных напоров считается более предпочтительным при большом числе

перекачивающих станций в гидротранспортной системе.

Метод путевых расходов. Исходными документами для определения местоположения перекачивающей станции при использовании этого метода является описанный выше план-профиль трассы трубопроводов, а также напорные характеристики головного и перекачивающего насосов.

Идеология метода состоит в следующем (см. рис. 3.). В реперах трассы трубопроводов, обозначенных цифрами, условно располагают перекачивающую станцию и определяют рабочие режимы головного и перекачивающего насосов при их раздельной работе на соответствующие участки трубопровода.

Для головного насоса этим участком является трубопровод между головной станцией и рассматриваемым репером, а для перекачивающего — трубопровод от репера до выпуска в конечном пункте транспортирования гидросмеси. Устойчивость рабочего режима и отсутствие кавитации будут обеспечены, если расход головного насоса не меньше расхода перекачивающего насоса. Оптимальному варианту, по-видимому, соответствует равенство указанных расходов жидкости.

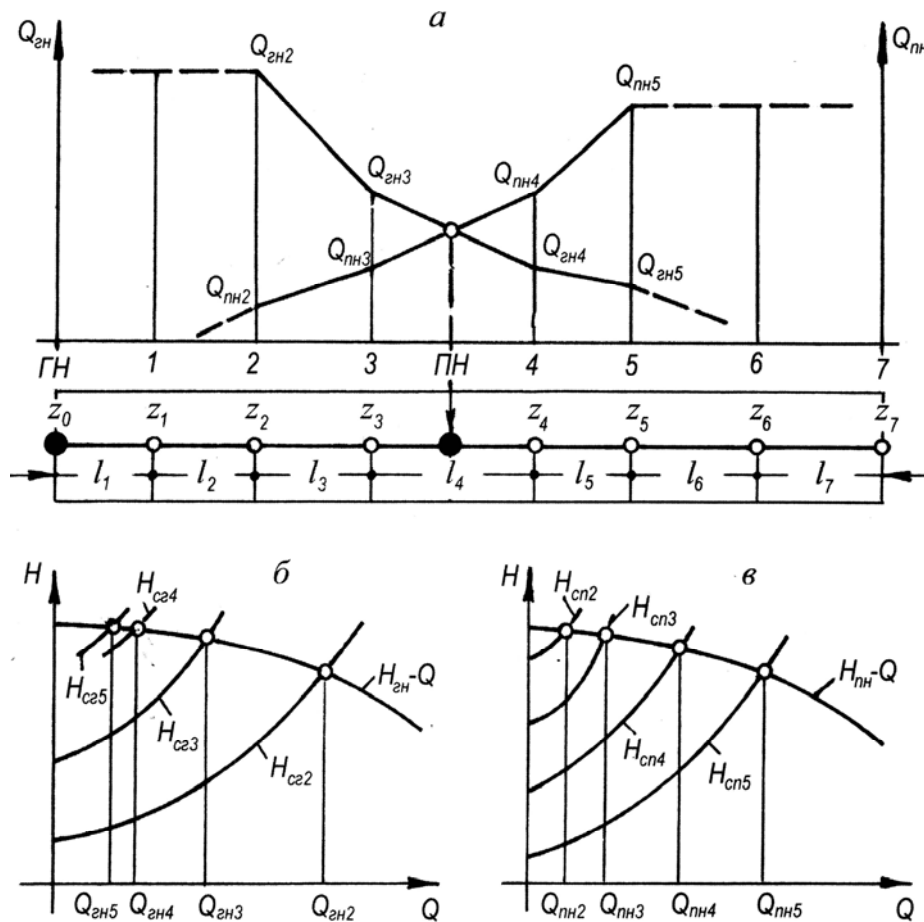


Рис. 3. Определение местоположения перекачивающих станций методом путевых расходов

Если для каждого пикета определить возможный расход жидкости головной и перекачивающего насосов, нанести их на чертеже плана-профиля трассы трубопроводов в виде ординат с соблюдением соответствующего масштаба, то после соединения полученных точек отрезками прямых линий будем иметь так называемые линии расчетных путевых расходов головной и перекачивающей насосных станций. Точка пересечения указанных линий соответствует равенству расходов головной и перекачивающего насосов, а следовательно, и искомому оптимальному местоположению перекачивающей насосной станции (см. рис. 3, а).

Путевые расходы головной и перекачивающего насосов для каждого пикета определяются по точкам пересечения их индивидуальных напорных характеристик  $H_{гн}-Q$  и  $H_{пн}-Q$  с напорными характеристиками соответствующих участков трассы трубопровода  $H_{сгi}$  и  $H_{спi}$  (см. рис. 3, б и в). Последние рассчитываются с использованием известных методик [3].

При определении путевых расходов следует полагать головной насос работающим на трубопровод, полностью заполненный гидросмесью с максимальной концентрацией твердой составляющей, а перекачивающий насос — работающим на трубопровод, заполненный водой. В этом

случае удается предотвратить возможное рассогласование рабочих режимов головного и перекачивающего насосов с опас-

ностью кавитации в последнем при переходных процессах пуска гидротранспортной системы.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гришко А.П. Стационарные установки карьеров. — М.: Недра, 1982.

2. Толстых В.И., Гришко А.П. Графоаналитические методы определения местоположения перекачивающих станций. М.: «Промыш-

ленность строительных материалов Москвы», № 8, 1985.

3. Шелоганов В.И., Кононенко Е.А. Насосные установки гидромеханизации. М.: МГТУ, 1999.

---

#### Коротко об авторах

Гришко А.П. — кандидат технических наук, профессор, кафедра «Горная механика и транспорт» Московский государственный горный университет.



---

© В.П. Дьяченко, 2006

УДК 622.014.3:502.76

**В.П. Дьяченко**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СЛУЧАЙНОЙ ЗАГРУЗКИ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ УСИЛИЯ В ЛЕНТЕ КОНВЕЙЕРА СТРУКТУРНЫМ МЕТОДОМ**

Семинар № 15

**В** работе [1] нами предложена структурная динамическая модель ленточного конвейера как распределенной в пространстве системы. Использование понятий структурной теории распределенных систем, в частности типовых звеньев с распределенными передаточными функциями [2], позволяет учесть динамические эффекты, присутствующие только в распределенным системам, при переходе к эквивалентной сосредоточенной системе. Ниже показано, как предложенный подход позволяет корректно составить уравнение продольных

колебаний рабочей ветви ленточного конвейера и выявить причину автоколебаний в системе «привод – лента», наблюдаемых на мощных ленточных конвейерах.

Примем за начало координат точку набегания ленты на приводной барабан, а ось  $X$  направим вдоль рабочей ветви конвейера. Считая силы сопротивления движению ленты и инерции движущихся частей роликосопор распределенными, уравнение движения ленты запишем в виде: