

**Кириченко Е.А., д.т.н., профессор, Кириченко В.Е., к.т.н., доцент,
Хворостяной Н.Н., студент гр. ГМЕ-08-1с**
(Государственное ВУЗ “Национальный горный университет”, г. Днепропетровск,
Украина)

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ, ПЕРЕКАЧИВАЮЩЕЙ ДВУХФАЗНУЮ СМЕСЬ

В результате многолетнего ведения горных работ возникает необходимость перехода на глубокие горизонты. В связи с чем усложняются организация водоотлива. Это в том числе вызвано и высокими давлениями в нагнетательных трубопроводах насосных установок в виду отсутствия надежной высоконапорной запорно-регулирующей арматуры.

Одним из практических способов снижения давления в нагнетательных трубопроводах насосных установок может быть организация водоотлива в виде водовоздушной смеси [1], плотность которой меньше плотности воды, что и обеспечивает желаемый эффект. В этом случае трубопровод будет транспортировать двухфазную смесь. Этот вопрос был рассмотрен в работе [1], а механизм работы насоса при прокачке двухфазной среды остался неисследованным.

Известен способ регулирования режимов работы водоотливной установки впуском воздуха во всас насоса, приводящий к потере напора, производительности и мощности насосного агрегата. В отличие от известного способа в данной статье предлагается подавать воздух в промежуточную ступень многосекционного шахтного насоса, при этом все предшествующие ступени работают только на воде.

Поэтому целью настоящей работы является разработка математической модели описывающей процессы движения одно и двухфазных сред, в проточных частях многосекционного центробежного насоса и выявление основных механизмов снижения напора многоступенчатого насоса, первые ступени которого перекачивают только шахтную воду, а последующие осуществляют её перекачку в виде водовоздушной смеси.

Насосная установка осуществляющая предлагаемый способ шахтного водоотлива [2] включает: многоступенчатый насос с всасывающим и нагнетательным трубопроводами, компрессор, в промежуточном сечении нагнетательного трубопровода расположен аккумулятор пневмоэнергии, соединенный дополнительным трубопроводом с промежуточной ступенью насоса и компрессором. При этом все сообщенные с аккумулятором трубопроводы снабжены управляемыми задвижками.

Согласно предлагаемому способу отделяемый от жидкости в аккумуляторе сжатый воздух вновь подается в промежуточную ступень насоса и цикл повторяется. Таким образом, основная часть нагнетательного трубопровода заполнена водовоздушной смесью, плотность которой меньше плотности воды, что и обеспечивает снижение давления в нижнем сечении этого трубопровода.

Для прояснения механизма снижения напора многоступенчатого центробежного насоса при прокачке двухфазной среды необходимо учесть влияние сжимаемости, давления на выходе из ступени, конденсации, режима течения, относительного скольжения фаз и, конечно, истинного объемного газосодержания. Хотя модель пренебрегает некоторыми из перечисленных выше факторов, есть основание полагать, что в настоящее время она является наиболее строгой и достоверной.

Первоначально рассмотрен процесс прокачки водовоздушной смеси одной ступенью насоса используя метод контрольного объема Рис.1.

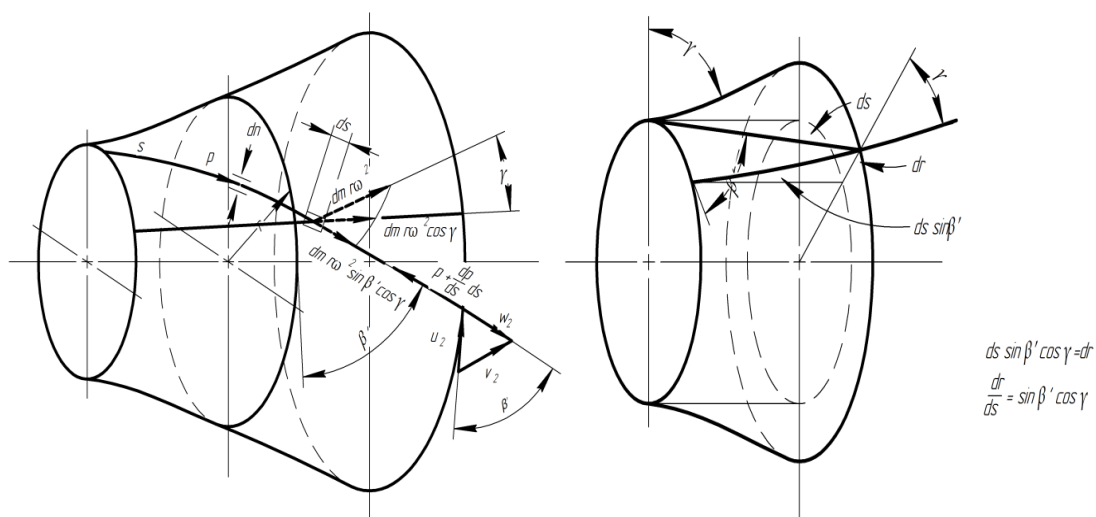


Рисунок 1 – Метод контрольного объема для вращающихся сил и диаграммы сил.

Получено уравнение характеризующее отношение напоров насоса при прокачке одно- и двухфазной сред.

$$\frac{\Delta H_{TP}}{\Delta H_{SP}} = 1 - \frac{\Delta H_{\alpha} + \Delta H_s + \Delta H_w}{\Delta H_{SP}},$$

где ΔH_{SP} – приращение напора для однофазного потока; ΔH_{TP} – приращение напора для двухфазного потока, а ΔH_w , ΔH_{α} , ΔH_s – потери напора, обусловленные увеличением скорости, изменением истинного объемного газосодержания и скоростью скольжения соответственно.

В результате моделирования исследуемых процессов установлено, что среди составляющих снижения напора величина ΔH_w вносит больший вклад чем ΔH_{α} которая в свою очередь превосходит величину ΔH_s . То есть результирующее снижение напора в основном зависит от увеличения относительной скорости жидкой фазы на выходе из насоса при прокачке двухфазной среды, а вклад от относительного скольжения жидкой и газовой фаз будет иметь меньшее влияние, но все же превосходить вклад от изменения объемного газосодержания при движении двухфазной среды в межлопастном канале.

Установлено, что уменьшение напора, в ступенях прокачивающих двухфазную смесь будут снижаться по квазилинейной зависимости от объемного газосодержания с каждой последующей секцией многоступенчатого насоса, что является новым научным результатом.

Анализ выполненных контрольных расчетов в широком диапазоне изменения исходных данных указывает на отсутствие ощутимого снижения производительности насосной установки, вследствие того, что снижение напора рабочих колес насоса перекачивающих водовоздушную смесь, как правило, компенсируется уменьшением геодезической высоты характеристик внешней сети.

Разработанная математическая модель насосной установки для откачки шахтной воды в виде водовоздушной смеси, позволяет последовательно рассчитать основные параметры и режимы работы предложенного альтернативного водоотлива, реализующего откачку шахтной воды с глубоких горизонтов непосредственно на земную поверхность.

К преимуществам данного способа, кроме прочего, следует отнести исключение таких опасных гидродинамических явлений как гидроудары, что достигается за счет

существенного уменьшения скорости звука в нагнетательном трубопроводе, заполненного водовоздушной смесью.

Выводы

Впервые разработана математическая модель, описывающая процесс перекачки одно и двухфазных сред в проточных частях многоступенчатого центробежного насоса.

Выявлен механизм снижения напора центробежного насоса, первые ступени которого перекачивают шахтную воду, а последующие работают на водовоздушной смеси.

Дана наглядная физическая трактовка исследуемых процессов и установлены новые закономерности изменения основных расходных параметров.

Список литературы

1. Кириченко Е. А., Евтеев В. В. Об одном альтернативном способе организации водоотлива глубоких шахт// Научный вестник НГУ. – Серия Горная механика и машины, 2004. – №7. – С.51-55.

2. Пат. 61294 України, F04F1/00, F04F1/20, E21F17/00. Спосіб підйому багатокомпонентної суміші з великих глибин і насосна установка для його реалізації / Кириченко Є.О., Чеберячко І.М., Євтєєв В.В., Шворак В.Г., Кириченко В.Є. – Опубл. 25.06.2007, Бюл. № 9.