

УДК 622.648.232.3

ВОПРОСЫ ПОДОБИЯ СИСТЕМЫ ЗАПОЛНЕНИЯ НАСОСОВ ПЕРЕД ПУСКОМ ЭКСГАУСТЕРОМ.

Яценко А.Ф., канд. техн. наук, доц.,
Устименко Т.А., канд. техн. наук, доц.

Донецкий национальный технический университет

Получены масштабные коэффициенты для расчета модельной установки, что позволяет определить основные параметры системы заполнения углесоса.

Scale coefficients were got for model pumping unit. It permits to determine main parameters of coal pump infilling unit.

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами. В настоящее время практически все насосы, используемые в промышленности, имеют положительную высоту всасывания, а это требует предварительного заполнения всасывающего трубопровода и корпуса насоса перекачиваемой жидкостью. Значительные трудности возникают при заполнении насосов, перекачивающих загрязненные жидкости (земснаряды, шламовые и фекальные насосы, углесосы и т.д.).

Анализ исследований и публикаций. Как известно, эти типы насосов не допускают установки обратного клапана на всасывающем трубопроводе и поэтому известные способы заполнения для них неприемлемы. Разработанные способы заполнения [1,2,3] позволяют исключить применение обратного клапана.

В ДонНТУ разработан метод заполнения насосов с использованием эксгаустеров. При экспериментальных исследованиях в качестве эксгаустера применялся водовоздушный эжектор.

Постановка задачи. Для внедрения предложенного метода в промышленность было необходимо провести широкомасштабные исследования на лабораторных и полупромышленных установках. Для того, чтобы эти испытания можно было распространить на целый класс промышленных установок, необходимо получить математическую модель процесса в критериальной форме. Использование теории подобия позволит решить поставленную задачу наиболее эффективно.

Изложение материала и результаты. Составим математическую модель и определим критерии подобия. В [3] получено дифференциальное уравнение заполнения насоса (углесоса) имеет вид:

$$dW = \omega dH + dw + dw_{\text{под}}$$

dW - элементарный объем воздуха, удаляемый эксгаустером;

ωdH - элементарный объем воздуха, вытесняемый столбом воды при подъеме на высоту dH ;

dw - приращение объема воздуха в связи с понижением давления;

$dw_{\text{под}}$ - элементарный объем подсосываемого воздуха за время dt (время изменения уровня воды в трубопроводе на высоту dH).

Выразим элементарный объем воздуха через $Q_3 dt$ и

$$dw = -\frac{w}{n} \frac{dp}{p}, \text{ а } dw_{\text{под}} = A \sqrt{\frac{2(p_a - \rho g H)}{\rho_a}} dt \text{ и, принимая процесс расширения воздуха изотермическим, получим:}$$

$$\omega \frac{dH}{dt} - \frac{V}{p} \frac{dp}{dt} = Q_3 - A \sqrt{\frac{2(p_a - \rho g H)}{\rho_a}}$$

Так как $H = \frac{p - p_a}{\rho g}$ и $dH = -\frac{dp}{\rho g}$ имеем

$$\omega \frac{dH}{dt} + \frac{\omega L}{H_a - H} \frac{dH}{dt} = Q_3 - A \sqrt{\frac{2(p_a - \rho g H)}{\rho_a}},$$

где p_a - атмосферное давление; L, ω - соответственно, длина и площадь сечения всасывающего трубопровода; Q_3 - расход эксгаустера; A - площадь эквивалентного отверстия, через которое проходит то же количество воздуха, что и подсосывается через неплотности системы; ρ, ρ_a - плотность воды и воздуха при атмосферных условиях.

Сделав ряд преобразований и введя приведенную длину всасывающего трубопровода $L = \frac{w}{\omega}$, соответствующую длине всасывающего трубопровода с объемом w , и сделав ряд преобразований, имеем:

$$\frac{dH}{dt} \left(1 + \frac{L}{H_a - H}\right) - v_{\text{возд}} = k \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_a}},$$

где $k = \frac{A}{\omega}$ – отношение площади эквивалентного отверстия к площади сечения трубопровода, $v_{возд} = \frac{Q_э}{\omega}$ – условная скорость движения воздуха по всасывающему трубопроводу.

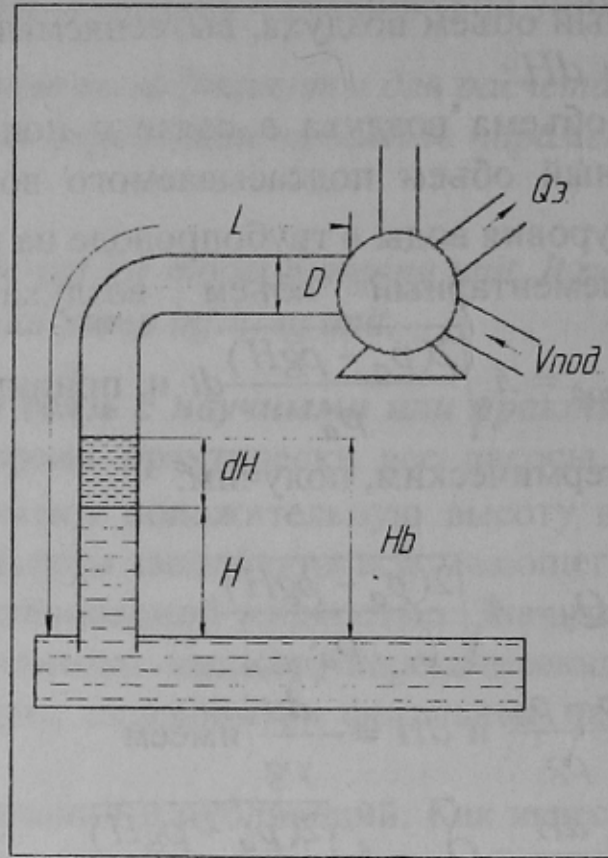


Рис. 1. Схема расчета

Перейдем к безразмерным комплексам. Характерной длиной может быть выбрана высота всасывания или длина всасывающего трубопровода. Характерная скорость – скорость подъема воды во всасывающем трубопроводе. Характерное время – время заполнения углесоса. Задавшись масштабным коэффициентом a_1 , получим

$H_{вс} = a_1 h_{вс}$, а соответственно и масштаб давления

$$a_p = \frac{\Delta p}{\Delta p_m} = \frac{\rho_n g_n H_{вс}}{\rho_m g_m h_{вс}}$$

Принимая во внимание, что $\rho_n = \rho_m$ и $g_n = g_m$, получим

$$\frac{\Delta p}{\Delta p_m} = \frac{H_{вс}}{h_{вс}} = a_1, \text{ таким образом, } a_p = a_1$$

Определим масштаб для скорости:

$$\frac{V^2}{v^2} = \frac{\Delta p \rho_m}{\Delta p_m \rho_n} = a_l, \text{ т.е. } a_v = \sqrt{a_l}.$$

Масштаб времени :

$$a_t = \frac{a_l}{a_v} = \sqrt{a_l}$$

Масштаб для расхода воздуха, отсасываемого эжектором:

$$a_Q = \frac{Q_{э.н.}}{Q_{э.м.}} = \frac{v_{возд.н.} \omega_n}{v_{возд.м.} \omega_m} = a^2 \sqrt{a_l}.$$

Таким образом получены все масштабные коэффициенты, необходимые для расчета модельной экспериментальной установки.

Промышленная установка имеет следующие параметры:

диаметр всасывающего трубопровода – 400 мм,

длина – 19 м,

превышение всасывающего трубопровода над осью углесоса – 1,5 м.

Принимая масштаб линейного уменьшения $a_l = 4$, получаем следующие параметры лабораторной (модельной) установки:

диаметр всасывающего трубопровода 100 мм,

длина 4,75 м,

превышение 0,375 м,

высота всасывания 1,25 м,

номинальная подача 48,5 м³/час.

Выводы и направление дальнейших исследований. Полученные результаты позволяют предварительно определить необходимую производительность эксгаустера и при проектировании промышленной установки (например, установки с земснарядом или углесосом), определить основные параметры системы заполнения и проверить их на модели.

Список источников.

1. Никитин В.И., Чинов В.Г. Заливка углесосов напорным потоком через насадку. «Уголь Украины», 1968, №1
2. Яценко А.Ф. Заливка насосных и углесосных установок. Разработка месторождений полезных ископаемых, Техника, К., 1968.
3. Кремез С.А. Экспериментальные исследования эжектирующего действия задвижки, установленной перед насосом на приподнятом всасывающем трубопроводе/Гидромелиорация и гидротехническое строительство: Респ. межвед.научн.-техн. Сб.-Львов,1981.- Вып.9.- с.42-45.

Дата поступления статьи в редакцию: 24.04.07