

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЗАЛИВКИ НАСОСОВ, ПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ ЗАГРЯЗНЕННЫЕ ЖИДКОСТИ

Дубинин М. В., магистр, Яценко А. Ф., канд. техн. наук,
доц.

Донецкий национальный технический университет

Получены зависимости позволяющие определить необходимую производительность эксгаустера и продолжительность заливки насосов перед их пуском.

Проблема и её связь с научными или практическими задачами. Разработанные способы заполнения всасывающего трубопровода и пустот корпуса насоса (заливка) перед пуском такие как: баковый аккумулятор; заливочный насос; из нагнетательного става – не могут быть применены для насосов перекачивающих загрязненную жидкость (углесосы, шламовые насосы, и т. д.).

Проведенные исследования [1, 2, 3] показывают, что наиболее надежным способом заливки является отсасывание воздуха из всасывающего трубопровода и корпуса насоса эксгаустером. При этом вода из емкости, под действием атмосферного давления, поступает во всасывающий трубопровод и корпус насоса, заполняя их. Поскольку скорость движения воды мала ($0,3 \div 0,5$ м/с) то исключено попадание твердого материала (кусков угля, породы) в вышеуказанные пустоты, а также исключены и отказы в запуске насоса.

Постановка задачи. Для надежной заливки насоса необходимо чтобы производительность эжектора была оптимальной. Малая производительность не позволит залить насос, т. к. имеющиеся подсосы воздуха через сальниковые уплотнения не позволят создать вакуум достаточный для поступления воды. Завышенная производительность приводит к дополнительному расходу энергии и увеличению габаритов и стоимости эксгаустеров. Используя полученные зависимости, можно получить оптимальное значение производительности эксгаустера и определить время заливки.

Изложение материала и результаты. При отсасывании воздуха из насоса и всасывающего трубопровода эксгаустером, вода из водосборника под действием атмосферного давления

поднимается по всасывающему трубопроводу и заполняет корпус насоса. Процесс заполнения протекает в 2 фазы. В первой фазе заполняется вертикальная часть всасывающего трубопровода, давление при этом изменится и в конце первой фазы (оно минимальное). Во второй фазе заполняется водой горизонтальная часть всасывающего трубопровода и корпус насоса.

При расчете системы заполнения насоса известными величинами являются:

Q_H , $м^3 / час$ – номинальная подача насоса;

$H_{вс}$, $м$ – максимальная геометрическая (принимается ее равной вакуумметрической) высота всасывания насоса;

l_2 , $м$ – длина горизонтальной части всасывающего трубопровода;

$d_{вс}$, $м$ – диаметр всасывающего трубопровода;

L_H , $м$ – длина внутренней части насоса;

D_H , $м$ – диаметр внутренней части насоса.

Абсолютное давление воздуха во всасывающем трубопроводе в конце первой фазы заполнения:

$$P_1 = P_a - \rho \cdot g \cdot H_{вс}, \text{ Па}, \quad (1)$$

Объем воздуха, который нужно удалить с учетом его подсоса:

– Для первой фазы:

$$W_1 = w \cdot \left(1 + \frac{1}{n}\right) \cdot \frac{P_a - P_1}{\rho \cdot g} + 2,3 \cdot \left(\frac{V_H + V_{мп}}{n} - \frac{w \cdot P_a}{\rho \cdot g \cdot n}\right) \cdot \lg \frac{P_a}{P_1} + \frac{2}{3} \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_a - P_1)}{\rho_a}} \cdot t_1, \quad (2)$$

– Для второй фазы:

$$W_2 = w \cdot l_2 + V_H + A \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_a - P_1)}{\rho_a}} \cdot t_2, \quad (3)$$

Объем воздуха W_1 удаляется эксгаустером с расходом Q_1 за время t_1 , то есть:

$$W_1 = Q_1 \cdot t_1, \quad (4)$$

таким же образом запишем:

$$W_2 = Q_2 \cdot t_2, \quad (5)$$

Решая совместно уравнения (2), (4) относительно времени длительности первой фазы заполнения t_1 и уравнение (3), (5)

относительно времени длительности второй фазы заполнения t_2 , получим:

$$t_1 = \frac{w \cdot \left(1 + \frac{1}{n}\right) \cdot \frac{P_a - P_1}{\rho \cdot g} + 2,3 \cdot \left(\frac{V_H + V_{mp}}{n}\right) - \frac{w \cdot P_a}{\rho \cdot g \cdot n} \cdot \lg \frac{P_a}{P_1}}{Q_1 - \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_a - P_1)}{\rho_a}}}, \quad (6)$$

$$t_2 = \frac{w \cdot l_2 + V_H}{Q_2 - A \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_a - P_1)}{\rho_a}}}, \quad (7)$$

При выборе эксгаустера нужно исходить из того, чтобы он имел такой расход, который позволял произвести заполнение насоса при максимально возможных подсосах воздуха через неплотности всасывающей системы.

Максимально возможные подсосы воздуха определяются таким количеством воздуха, при котором насос еще не «сбрасывает». Иными словами, система заполнения должна заполнять насос, который из-за больших подсосов не может транспортировать воду, т. е. причиной неработоспособности насоса не должна быть система заливки.

Исходя из экспериментальных исследований ряда авторов, максимальный расход подсасываемого воздуха для центробежных насосов, при котором еще не наступает «сброс», составляет порядка 15% его номинальной подачи Q_H (имеется ввиду расход воздуха, приведенный к давлению всасывания). Поэтому можно записать:

$$V_{под2} = 0,15 \cdot Q_H \cdot t_2 = A \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_a - P_1)}{\rho_a}} \cdot t_2, \quad (8)$$

откуда

$$A = \frac{0,15 \cdot Q_H}{\sqrt{\frac{2 \cdot (P_a - P_1)}{\rho_a}}}, \quad (9)$$

Поскольку процесс отсасывания воздуха происходит медленно (50-100 сек), воздух находится в контакте с поверхностью воды и стенками трубопровода, то с достаточной степенью точности можно считать его изотермическим ($n=1$).

Тогда уравнение (2), (3), (6), (7) с учетом уравнений (1) и (9) примут вид:

$$W_1 = 2 \cdot w \cdot H_{вс} + 2,3 \cdot \left(V_H + V_{mp} - \frac{w \cdot P_a}{\rho \cdot g}\right) \cdot \lg \frac{P_a}{P_1} + 0,1 \cdot Q_H \cdot t_1, \quad (10)$$

$$W_2 = w \cdot l_2 + V_H + 0,15 \cdot Q_H \cdot t_2, \quad (11)$$

$$t_1 = \frac{2 \cdot w \cdot H_{ec} + 2,3 \cdot \left(V_H + V_{mp} - \frac{w \cdot P_a}{\rho \cdot g} \right) \cdot \lg \frac{P_a}{P_1}}{Q_1 - \frac{2}{3} \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_a - P_1)}{\rho_a}}}, \quad (12)$$

$$t_2 = \frac{w \cdot l_2 + V_H}{Q_2 - A \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_a - P_1)}{\rho_a}}}, \quad (13)$$

При максимальных значениях подсосов время длительности первой и второй фазы заполнения равно:

$$t_1 = \frac{2 \cdot w \cdot H_{ec} + 2,3 \cdot \left(V_H + V_{mp} - \frac{w \cdot P_a}{\rho \cdot g} \right) \cdot \lg \frac{P_a}{P_1}}{Q_1 - 0,1 \cdot Q_H}, \quad (14)$$

$$t_2 = \frac{w \cdot l_2 + V_H}{Q_2 - 0,15 \cdot Q_H}, \quad (15)$$

Решая уравнения (14), (15) относительно Q_1 и Q_2 , определим требуемый расход эксгаустера в первую фазу заполнения Q_1 и во вторую Q_2

Требуемый расход эксгаустера в первую фазу заполнения:

$$Q_1 = \frac{2 \cdot w \cdot H_{ec} + 2,3 \cdot \left(V_H + V_{mp} - \frac{w \cdot P_a}{\rho \cdot g} \right) \cdot \lg \frac{P_a}{P_1}}{t_1} + 0,1 \cdot Q_H, \quad (16)$$

Требуемый расход эксгаустера во вторую фазу заполнения:

$$Q_2 = \frac{w \cdot l_2 + V_H}{t_2} + 0,15 \cdot Q_H, \quad (17)$$

Поскольку заполнение насоса производится одним эксгаустером с постоянным расходом $Q_3 = Q_1 = Q_2$, то следовательно расход эксгаустера должен быть равным расходу второй фазы заполнения.

Для упрощения задачи по определению расхода эксгаустера при различных значениях времени и выбора оптимального варианта в зависимости от времени заполнения, на языке программирования Delfi составлена программа, которая производит расчет площади сечения всасывающего трубопровода и его объем. Конечный, искомый, результат определяется по выведенным формулам (16), (17) и выводится в диалоговом окне в виде таблицы.

Список источников.

1. Яценко А. Ф., Устименко Т. А. Вопросы подобия системы заполнения насосов перед пуском эксгаустером.
2. Никитин В. И., Чинов В. Г. Заливка углесосов напорным потоком через насадку. «Уголь Украины», 1968, №1
3. Яценко А. Ф. Заливка насосных и углесосных установок. Разработка месторождений полезных ископаемых, Техника, К., 1968.