

С.О. Винников, студент,
В.И. Мизерный, ст. преподаватель,
Донецкий национальный технический университет

ЗАЛИВКА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ИЗ НАГНЕТАТЕЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА

Работа центробежных насосов имеет следующую характерную особенность. При их эксплуатации следует учитывать, что перед пуском проточная часть центробежного насоса должна быть заполнена жидкостью, плотность которой не меньше плотности перекачиваемой жидкости.

Наиболее простым и приемлемым для водоотлива шахт Донбасса, в том числе и для шахты «Щегловская-Глубокая», на основании проведенного анализа и преимуществ является заливка центробежных насосов из нагнетательного трубопровода.

Все способы заливки делятся на постоянные и предпусковые. Предпусковые способы заливки осуществляются перед запуском насоса, то есть насос заливается в выключенном состоянии. Постоянные способы заливки предполагают то, что проточная часть насоса всегда заполнена водой. Постоянные и предпусковые способы заливки представлены на схеме 1.

Заливка насосов из нагнетательного трубопровода

Заливка насосов водой из нагнетательного трубопровода имеет целый ряд преимуществ по сравнению с другими способами.

Основными достоинствами этого способа заливки являются:

1. простота гидравлической схемы, не требующей крупногабаритного оборудования;
2. высокая степень готовности к действию;
3. большая интенсивность поступления воды в насос, обеспечивающая покрытие значительных утечек.

К недостаткам следует отнести:

1. снижение надежности при коротких нагнетательных трубопроводах, имеющих малые запасы воды;
2. невозможность применения на водоотливах, по условиям эксплуатации которых (например, обмерзание стволов зимой) вода в трубопроводе не оставляется;

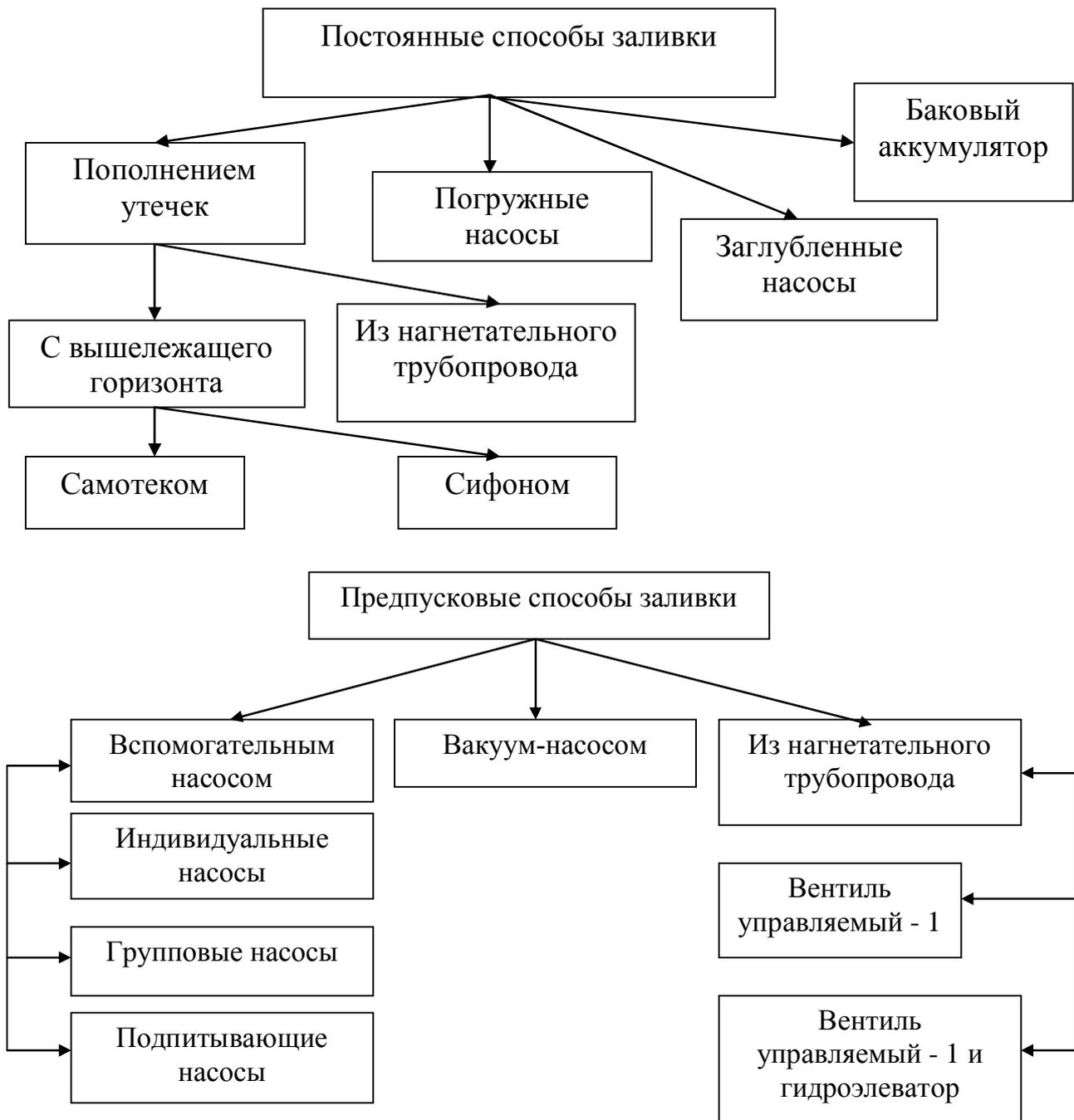


Схема 1 - заливка центробежных насосов

3. необходимость установки дополнительных устройств, которые исключили бы возможность чрезмерного (не выше 5 -ти) повышения давления в корпусе насоса в период заливки.

Гидравлическая схема заливки насосов водой из нагнетания может быть осуществлена по одному из двух вариантов, представленных на рис. 1.

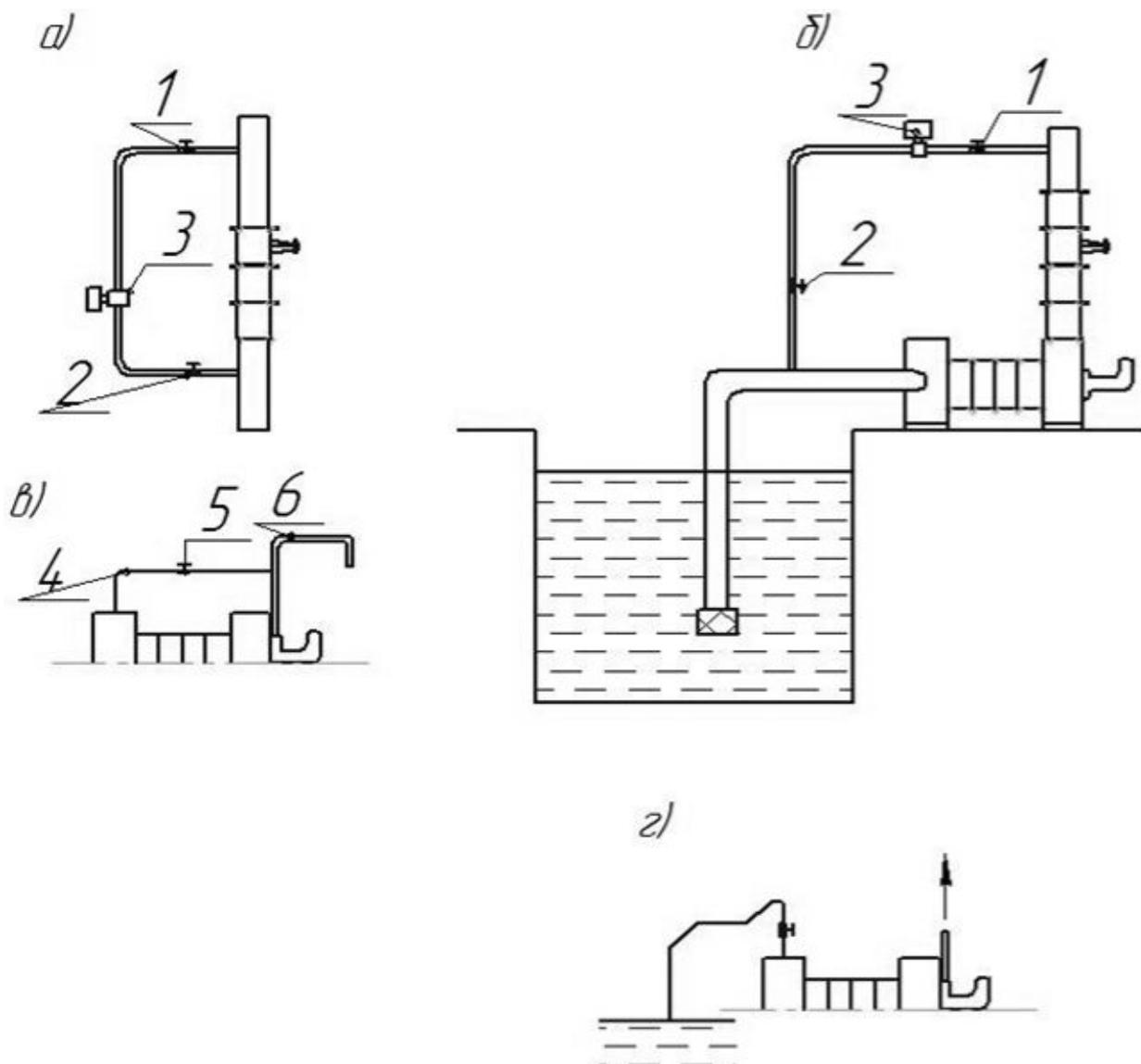


Рисунок 1 – Гидравлическая схема заливки насоса из нагнетательного трубопровода

При варианте (а) управляемый вентиль, или клапан, 3, как запорное устройство, устанавливается на магистрали, идущей в обход обратного клапана из задвижки нагнетательного трубопровода насоса. Вентили 1 и 2 необходимы для отключения магистрали заливки на время ремонта управляемого вентиля 3. Эта схема является очень компактной и может быть практически осуществлена на всех водоотливах, где возможна заливка из нагнетания. Недостатком этой схемы является то, что во время заливки, благодаря встречным потокам, образуется водо-воздушная эмульсия, затрудняющая удаление воздуха из насоса.

Схема (б) лишена указанного недостатка и ей следует отдавать предпочтение перед схемой (а).

В схеме (б) вода отбирается из нагнетательного трубопровода и подается во всасывающий трубопровод насоса. Назначение отдельных элементов схемы (б) такое же, как и в схеме (а).

Удаление воздуха из насоса, во время его заливки, может осуществляться по двум вариантам.

В варианте (в) (см. рисунок 4) крышка всасывания насоса при помощи дренажной трубки 4 через вентиль 5 соединяется с трубопроводом, отводящим воду из разгрузочного устройства 6. В варианте (г) дренажный трубопровод не связывается с разгрузкой. Конец дренажного трубопровода опускается в водосборник на уровень погружения приемных клапанов насосов.

При расчете предполагается, что перед началом заливки незатопленная часть всасывающего трубопровода и внутренние полости насоса свободны от воды.

Объем незатопленной части всасывающего трубопровода может быть определена по формуле:

$$V_{\text{тр}} = \frac{\pi * d^2}{4} * l, \quad (1)$$

где: d - диаметр трубопровода; l - длина незатопленной его части.

Общий объем, подлежащий заливке:

$$V_{\text{об}} = V_{\text{тр}} + V_{\text{н}}, \quad (2)$$

где $V_{\text{тр}}$ – объем свободной части трубопровода; $V_{\text{н}}$ – объем проточной части насоса.

Для определения расхода воды на заливку (количества воды в единицу времени) необходимо задаться временем заливки T . Расчетное время заливки будет:

$$t_p = \frac{T}{K_3}, \quad (3)$$

где: K_3 - коэффициент запаса заливки по времени.

Из практических соображений можно принять $K_3 = 1,5$. Расход воды на заливку в м³/ч:

$$Q = 3600 * \frac{V_{\text{об}}}{t_p}. \quad (4)$$

Расходная характеристика магистрали заливки может быть выражена известными уравнениями гидравлики:

$$hw = a * Q_s^2, \quad (5)$$

$$a = \frac{8 \cdot (\gamma \cdot l + \sum \varepsilon)}{3600^2 \cdot \pi^2 \cdot g \cdot d^4} \quad (6)$$

где: h_w - потери напора в магистрали заливки, м; Q_3 - расход на заливку в м³/ч; a - сопротивление магистрали заливки, с²/м⁵; l - общая длина трубопровода заливки, м; d - диаметр трубопровода заливки, м; γ - коэффициент трения в трубе; $\sum \varepsilon$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений. Длина трубопровода заливки $l = 3$ м.

Потери напора в магистрали заливки будут равны разности напора в нагнетательном и всасывающем трубопроводах.

$$h_w = H_{\text{наг}} - H_{\text{вс}} \quad (7)$$

Избыточное давление равно нулю.

$$H_{\text{н}} = H_{\text{гр}} = 0,8 * H_{\text{гф}}, \quad (8)$$

где: $H_{\text{гф}}$ - фактическая геодезическая высота; $H_{\text{гр}}$ - расчетная геодезическая высота.

На основании уравнений можно написать:

$$H_{\text{гр}} = a * Q_3^2 \quad (9)$$

Откуда:

$$Q_3 = \frac{1}{\sqrt{a}} * \sqrt{H_{\text{гр}}} \quad (10)$$

Расходная характеристика дренажного трубопровода по схеме (в) (см. рисунок 1):

$$Q = \frac{1}{\sqrt{a_1}} * \sqrt{H} \quad (11)$$

Расходная характеристика дренажного трубопровода по схеме (г):

$$Q = \frac{1}{\sqrt{a_2}} * \sqrt{H} \quad (12)$$

Расход воды через щелевой зазор может быть определен по формуле:

$$Q = \mu * f_3 * \sqrt{2 * g * H_3} \quad (13)$$

В свою очередь,

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\frac{\lambda * l_{\text{вт}}}{2 * b_3} + 1,5}} \quad (14)$$

$$f_3 = 2 * \pi * r_{\text{вТ}} * b_3 , \quad (15)$$

где Q - расход воды через кольцевую щель, м/с; μ - коэффициент расхода; f_3 - сечение кольцевой щели; H_3 - напор истечения (потери напора в зазоре); λ - коэффициент трения по длине зазора; $l_{\text{вТ}}$ - длина втулки разгрузки; b_3 - радиальная ширина зазора (щели); $r_{\text{вТ}}$ - радиус втулки.

Получаем:

$$Q_p = \frac{\lambda * l_{\text{вТ}} + 3 * b_3}{3600^2 * 16} , \quad (16)$$

$$H_3 = a_p * Q^2 . \quad (17)$$

Коэффициент суммарной характеристики для схемы (в):

$$a_{1,p} = \frac{a_1 * a_p}{(\sqrt{a_1} + \sqrt{a_p})^2} , \quad (18)$$

для схемы (г):

$$a_{2,p} = \frac{a_2 * a_p}{(\sqrt{a_1} + \sqrt{a_p})^2} . \quad (19)$$

На основании данных, взятых с водоотлива шахты «Щегловская-Глубокая», горизонт 915-й, была посчитана расходная характеристика трубопровода по схеме (в) (см. рисунок 1), а также коэффициент суммарной характеристики и расход воды через щелевой зазор равный 2.1 м³/ч. Диаметр трубопровода $d=190$ мм, длина незатопленной части $l=3$ м.

Список источников.

1. А.Г. Боруменский «Исследование работы баковых аккумуляторов шахтных водоотливных установок»;
2. Каталог-справочник по горношахтному оборудованию, насосы. Госэнергоизд. 1960 г.;
3. ИГМ и ТК им. М.М. Федорова «Исследование систем заливки насосов при их автоматизации и разработка мероприятий по повышению надежности заливки».