

ВЫВОДЫ: 1. Одним из эффективных способов отопления помещений больших размеров является инфракрасный на базе электрических панельных нагревателей. Несмотря на высокую эффективность и преимущества этого способа отопления при его использовании имеют место существенные конвективные потери тепла.

2. ХНУСА разработан способ улавливания этого конвективного тепла и возвращения его в рабочую зону помещения, предложена конструктивная схема энергоэффективного ленточного электрического инфракрасного нагревателя для отопления помещений больших размеров.

3. Создание новых ленточных электрических инфракрасных нагревателей на базе разработанной в ХНУСА конструктивной схемы и использование их для обогрева помещений больших размеров может позволить повысить энергетическую эффективность существующих систем электрического инфракрасного отопления, а также существенно снизить при этом расходы электроэнергии.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Система потолочного отопления на базе электрических длинноволновых обогревателей. Техническая документация. БИ-

ЛЮКС – Отопление суперэкономичное. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://bilux.ua>, 2015, – 67 с.

2. Эффективный обогрев для дома, офиса, цеха и открытых площадок. ЭКО ЛАЙН, НТФ «Украинская промышленность». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://quartza.net>, 2004, – 2 с.

3. Шумилов Р.Н., Толстова Ю.И., Поммер А.А. Лучистое отопление – мифы и реальность. АКВАРТ. Статьи и обзоры. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://aquart.ru>, 2005, – 4 с.

4. Инфракрасные обогреватели (Швеция). [Электронный ресурс]. Режим доступа: E-mail: info@electromax.com.ua, 2015, – 4 с.

5. Патент України на винахід № 87028, м.кл. F24D 10/00, F24D 15/00, F24C 15/00 «Пристрій для променевого опалювання» від 10.06.2009./Редько А.О., Болотських М.М. Власник: Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури.

6. Патент України на винахід № 109001, МПК (2015.01), F23D 14/12, F24D 15/00 «Пристрій для променевого опалювання приміщень» від 10.07.2015.// Болотських М.М. та інші. Власник: Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури.

7. Болотских Н.Н. Энергосбережение при инфракрасном электрическом отоплении помещений / Н.Н. Болотских / «Науковий вісник будівництва». Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, вип.. 2 (84), 2016, - с. 343-349.

УДК 624.152.61

Болотских Н.С.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОЧЕГО РЕЖИМА УНИВЕРСАЛЬНЫХ УСТАНОВОК
ЛОКАЛЬНОГО ВАКУУМНОГО ВОДОПОНИЖЕНИЯ С ПОЛИСТРУЙНЫМИ
НАСОСАМИ**

ВВЕДЕНИЕ. При сооружении многих заглубленных и подземных объектов (траншеи, котлованы, подземные переходы, колодцы, шахты, тоннели, канализационные коллекторы и другие выработки) в обводненных и слабоустойчивых грунтах с малыми коэффициентами фильтрации (0,02÷1 м сутки) очень часто используется локальное вакуумное водопонижение с применением установок ПУВВ-1, УВВ-2, УВВ-3-6КМ, УЗВ-3 и УЗВМ-3 [1]. Эти установки в боль-

шинстве случаев обеспечивают надежное и сравнительно быстрое локальное водопонижение. Но, несмотря на это, приходится констатировать то, что упомянутые установки имеют достаточно большие габаритные размеры и массу, маломаневренны и энергоемки. И, наконец, эти установки не универсальны. Для ведения работ при строительстве подземных или заглубленных объектов приходится применять различные по конструкции установки.

В результате проведенных в ХНУСА многолетних теоретических и экспериментальных исследований и проектно-конструкторских работ создана универсальная установка локального вакуумного водопонижения ПУВВ-5М (рис. 1), в которой отсутствуют перечисленные выше недостатки [2].

Основной особенностью приводной станции этой установки является использование в ней вместо ранее применяемого од-

ноструйного насоса полиструйного, имеющего меньшие габаритные размеры и более высокий коэффициент полезного действия. Целесообразность использования полиструйных насосов в установках вакуумного водопонижения теоретически была нами доказана ранее в работе [3].

На рис. 2 приведен полиструйный насос ПСН-1, примененный в установке ПУВВ-5 М.



Рис. 1. Общий вид установки ПУВВ-5М: 1 – приводная станция установки; 2 – линейная всасывающая система с иглофильтрами; 3 – сливная линия

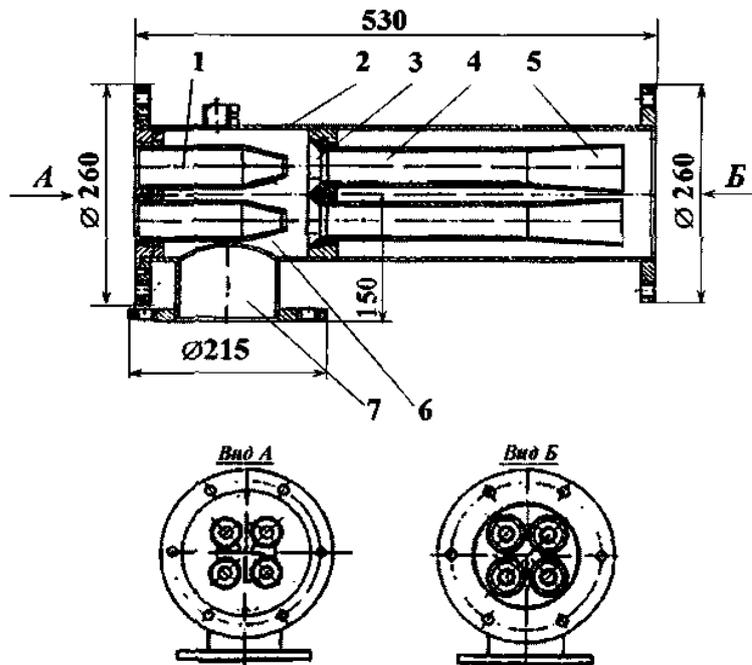


Рис. 2. Полиструйный насос ПСН-1: 1 – блок насадков; 2 – корпус; 3 – конфузор; 4 – смешительная камера; 5 – диффузор; 6 – приемная камера; 7 – всасывающий патрубок

Этот полиструйный насос представляет собой блок, состоящий из четырех одноструйных насосов, объединенных общим корпусом (2) и имеющих одну общую приемную камеру (6). При этом каждый одноструйный насос имеет свои насадки (1), конфузоры (3), смесительные камеры (4) и диффузоры (5). Подача рабочей воды ко всем насадкам осуществляется с помощью специального блока (1), соединенного с центробежным насосом, а отвод смешанного (рабочего и подсосываемого) потока воды от всех одноструйных насосов в циркуляционный бак по единому трубопроводу.

Приводная станция установки ПУВВ-5М выполнена из отдельных блоков, что дает возможность размещать полиструйный насос как непосредственно в самой приводной станции, так и отдельно в котловане, шахте или забое сооружаемой подземной выработки возле всасывающей системы с иглофильтрами. Для обеспечения возможности такого монтажа полиструйного насоса установка комплектуется дополнительными соединительными трубопроводами с отводами и линейным либо сосредоточенным (забойный вариант) водосборным коллектором. Это делает установку универсальной, так как теперь ее можно эффективно использовать для локального водопонижения как с поверхности земли, так и в котлованах, шахтных стволах и в различных других подземных выработках.

Установка ПУВВ-5М успешно прошла промышленные испытания в г. Харькове при ведении аварийно-восстановительных работ на сетях водоотведения, расположенных в сложных гидрогеологических условиях, и принята для промышленной эксплуатации на различных объектах.

С целью дальнейшего снижения фактических расходов электроэнергии на водопонижение, повышения надежности и упрощения обслуживания установки ПУВВ-5М в ХНУСА дополнительно в ее конструкции были смонтированы преобразователь частоты Lenze 8200 ESMD 113L4TXA и соответствующие элементы автоматизации ее управления. В результате была создана новая установка ПУВВ-5МЕА с регулируемым

электроприводом центробежного насоса и системой автоматизации ее управления [4]. Эта установка успешно прошла промышленные испытания и эффективно используется в настоящее время в г. Харькове. Длительная эксплуатация установки ПУВВ-5МЕА с полиструйным насосом, регулируемым электроприводом и автоматизированной системой управления убедительно доказала, что в настоящее время эта установка является наиболее совершенным техническим средством локального вакуумного водопонижения в мелкозернистых грунтах с малыми коэффициентами фильтрации. Применение в ней частотного регулирования электропривода центробежного насоса дает возможность сокращать затраты электроэнергии на водопонижение примерно на 30% [5]. На основании достигнутых результатов можно утверждать, что установки ПУВВ-5М, ПУВВ-5МЕА и подобные им имеют достаточно хорошие перспективы дальнейшего расширения сферы их применения.

Настоящая статья посвящается рассмотрению вопросов эффективности рабочего режима установок локального вакуумного водопонижения с полиструйными насосами.

ЦЕЛЮЮ НАСТОЯЩЕЙ СТАТЬИ является повышение эффективности рабочего режима универсальных установок локального вакуумного водопонижения с полиструйными насосами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. В работе установок локального вакуумного водопонижения с полиструйными насосами можно выделить два периода: строительный и эксплуатационный [6]. В строительном периоде в грунте создается необходимая депрессия, а поддержание ее происходит в эксплуатационном периоде. Продолжительность первого периода длится от нескольких часов до нескольких суток в зависимости от водоотдачи водовмещающих грунтов. При работе водопонижительных установок в первом периоде из грунта подсосывается чаще всего только вода. Во втором же периоде в условиях вакуумного водопонижения вместе с водой возможно подсосывание некоторого количества воздуха (через грунт либо обсыпку и фильтровые звенья).

Конструктивные схемы приводных станций установок локального вакуумного водопонижения типа ПУВВ-5М и ПУВВ-5МЕА предусматривают последовательную работу центробежного и полиструйного насосов. Эффективность рабочего режима приводных станций этих и подобных им установок оценивается прежде всего их коэффициентом полезного действия. В связи с этим представляет несомненный интерес получение аналитических зависимостей для определения их К.П.Д..

В общем случае К.П.Д. этих установок определяется по выражению

$$\eta_{\text{уст.}} = N'/N'' \quad (1)$$

где N' – мощность, полезно использованная установкой для подсосывания из обводненного грунта воды (либо аэросмеси) и подачи ее в циркуляционный бак; N'' – мощность, потребляемая приводом рабочего центробежного насоса приводной станции установки.

В установках ПУВВ-5М и ПУВВ-5МЕА установлен блок полиструйного насоса, включающий в себя 4 одноструйных насоса. В принципе же в установках такого типа могут использоваться блоки полиструйных насосов и с другим количеством одноструйных насосов с различными геометрическими параметрами. В связи с этим обстоятельством рассмотрим вначале поставленную задачу в общем виде. При этом принимаем, что блок полиструйного насоса включает в себя i одноструйных насосов. В этом случае мощность, полезно использованная установкой, может быть представлена формулой

$$N' = \rho_0 g Q_{o1} H_o \eta_1^\circ + \rho_0 g Q_{o2} H_o \eta_2^\circ + \rho_0 g Q_{o3} H_o \eta_3^\circ + \dots + \rho_0 g Q_{o(i-1)} H_o \eta_{i-1}^\circ + \rho_0 g Q_{oi} H_o \eta_i^\circ \quad (2)$$

где ρ_0 – плотность рабочего потока воды; g – ускорение свободного падения; $Q_{o1}, Q_{o2}, \dots, Q_{oi}$ – соответственно, расходы рабочей воды через насадки 1, 2, 3, ..., i -го одноструйного насоса; H_o – напор рабочего потока воды перед насадками одноструйных насосов (для всех насосов $H_o = \text{const}$); $\eta_1^\circ, \eta_2^\circ, \dots, \eta_i^\circ$ – соответственно, коэффициенты полезного действия 1, 2, ..., i -го одноструйного насоса (в общем случае принимаем, что все одно-

струйные насосы имеют различные геометрические параметры, поэтому $\eta_1^\circ \neq \eta_2^\circ \neq \dots \neq \eta_i^\circ$).

Мощность, потребляемая приводом рабочего центробежного насоса, определяется по формуле

$$N'' = \rho_0 g Q_o H_n / \eta_n \quad (3)$$

где

$$Q_o = Q_{o1} + Q_{o2} + Q_{o3} + \dots + Q_{oi} = \sum_{i=1}^n Q_{oi}$$

– суммарный расход рабочей воды через все насадки одноструйных насосов, входящих в блок полиструйного насоса; H_n – напор, создаваемый центробежным насосом; η_n – коэффициент полезного действия центробежного насоса.

Подставляя выражения (2), (3) в (1) и произведя некоторые преобразования, получаем

$$\eta_{\text{уст.}} = \eta_n \cdot \frac{H_o (Q_{o1} \eta_1^\circ + Q_{o2} \eta_2^\circ + \dots + Q_{o(i-1)} \eta_{i-1}^\circ + Q_i \eta_i^\circ)}{Q_o \cdot H_n} \quad (4)$$

Ранее указывалось, что в установках локального вакуумного водопонижения полиструйный насос может располагаться как в сооружаемом котловане или шахтном колодце, так и непосредственно в приводной станции установки, находящейся на поверхности земли либо непосредственно в подземной выработке. Рассмотрим более подробно эти оба случая.

На рис. 3 приведена расчетная схема установки локального вакуумного водопонижения с размещением блока полиструйного насоса непосредственно на дне котлована (около всасывающей системы установки).

Согласно этой схемы напор рабочей воды перед насадками может быть представлен формулой

$$H_o = H_n + h_r - \Sigma h_r \quad (5)$$

где h_r – геодезическая высота, т.е. расстояние от оси центробежного насоса до обреза насадков одноструйных насосов, входящих в блок полиструйного насоса; Σh_r – суммарные гидравлические потери при движении рабочей воды от центробежного до блока полиструйного насоса.

Запишем формулу (5) в виде

$$\frac{H_o}{H_n} = \frac{H_n + h_r - \Sigma h_r}{H_n} = \frac{H_n - \Sigma h_r}{H_n} + \frac{h_r}{H_n} \quad (6)$$

В этой формуле выражение $(H_n - \Sigma h_r)/H_n$ представляет собой К.П.Д. трубопровода ($\eta_{тр}$) на участке от центробежного до блока полиструйного насоса (отношение запаса энергии движущейся воды в конце трубо-

провода к запасу ее в начале трубопровода), т.е. $(H_n - \Sigma h_r)/H_n = \eta_{тр}$. (7)

Отношение h_r/H_n в формуле (6) обозначим через ν (коэффициент, учитывающий положение обреза насадок блока полиструйного насоса относительно центробежного насоса). С учетом этих выражений формула (4) может быть записана в виде

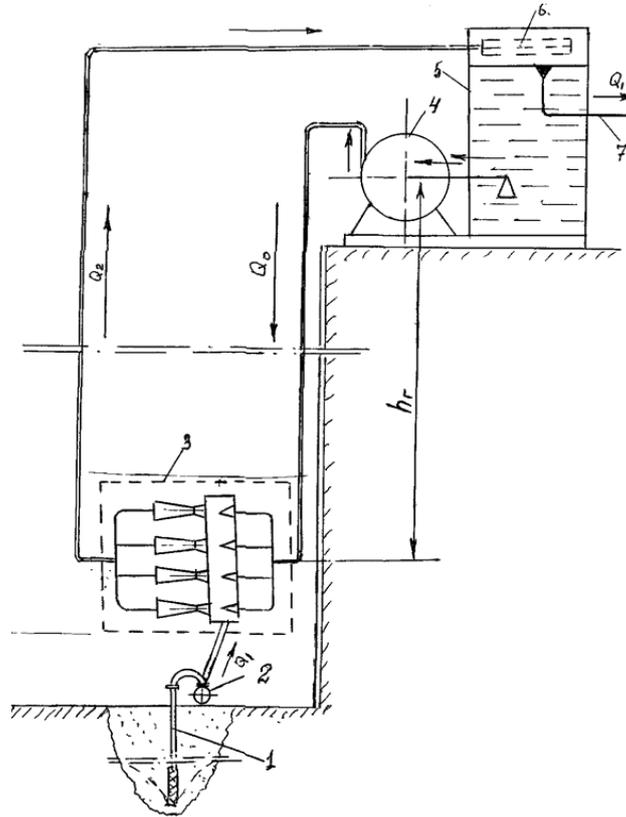


Рис. 3. Расчетная схема установки локального вакуумного водопонижения при расположении блока полиструйного насоса на дне котлована: 1 – иглофильтры; 2 – всасывающий водосборный коллектор; 3 – блок полиструйного насоса (на схеме, для наглядности, представлен в увеличенном масштабе); 4 – центробежный насос; 5 – циркуляционный бак; 6 – дефлектор; 7 – сбросной трубопровод.

$$\eta_{уст.} = \eta_n (\eta_{тр} + \nu) \frac{Q_{o1} \eta_{i1}^o + Q_{o2} \eta_{i2}^o + \dots + Q_{oi} \eta_{ii}^o}{Q_o} \quad (8)$$

Выражение (8) можно представить в виде

$$\eta_{уст.} = \eta_n (\eta_{тр} + \nu) \left(\eta_{i1}^o + \frac{Q_{o2}}{Q_{o1}} \eta_{i2}^o + \frac{Q_{o3}}{Q_{o1}} \eta_{i3}^o + \dots + \frac{Q_{oi}}{Q_{o1}} \eta_{ii}^o \right) \frac{Q_{o1}}{Q_o} \quad (9)$$

Ввиду того, что $Q_o = Q_{o1} + Q_{o2} + Q_{o3} + \dots + Q_{oi}$ выражение (9) можно после некоторых преобразований записать в виде

$$\eta_{уст.} = \eta_n (\eta_{тр} + \nu) \frac{Q_{o1}}{Q_{o1} + Q_{o2} + Q_{o3} + \dots + Q_{oi}} \times \left(\eta_{i1}^o + \frac{Q_{o2}}{Q_{o1}} \eta_{i2}^o + \frac{Q_{o3}}{Q_{o1}} \eta_{i3}^o + \dots + \frac{Q_{oi}}{Q_{o1}} \eta_{ii}^o \right) \quad (10)$$

или

$$\eta_{уст.} = \eta_n (\eta_{тр} + \nu) \frac{1}{1 + \frac{Q_{o2}}{Q_{o1}} + \frac{Q_{o3}}{Q_{o1}} + \dots + \frac{Q_{oi}}{Q_{o1}}} \times \left(\eta_{i1}^o + \frac{Q_{o2}}{Q_{o1}} \eta_{i2}^o + \frac{Q_{o3}}{Q_{o1}} \eta_{i3}^o + \dots + \frac{Q_{oi}}{Q_{o1}} \eta_{ii}^o \right) \quad (11)$$

Объемный расход воды через насадок первого одноструйного насоса определяется по формуле

$$Q_{o1} = \frac{\pi d_{o1}^2}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_{n1}}} \cdot \sqrt{2g(H_o + H_{11})} \quad (12)$$

где d_{o1} – диаметр насадка первого одноструйного насоса; ξ_{n1} – коэффициент сопротивления насадка первого одноструйного насоса; H_{11} – разрежение в приемной камере первого одноструйного насоса. Очевидно, что для i -го одноструйного насоса, по аналогии,

$$Q_{oi} = \frac{\pi d_{oi}^2}{4} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_{ni}}} \cdot \sqrt{2g(H_o + H_{1i})} \quad (13)$$

где d_{oi} – диаметр насадка i -го одноструйного насоса; ξ_{ni} – коэффициент сопротивления насадка i -го одноструйного насоса; H_{1i} – разрежение в смесительной камере i -го одноструйного насоса.

Принимаем $H_{11} \approx H_{12} \approx H_{13} \approx \dots \approx H_{1i}$ и $\xi_{n1} \approx \xi_{n2} \approx \xi_{n3} \approx \dots \approx \xi_{ni}$. Тогда, подставляя выражения (12) и (13) в (11) и производя соответствующие преобразования, получаем

$$\eta_{уст.} = \eta_n (\eta_{тр} + \nu) \frac{1}{1 + \left(\frac{d_{o2}}{d_{o1}}\right)^2 + \left(\frac{d_{o3}}{d_{o1}}\right)^2 + \dots + \left(\frac{d_{oi}}{d_{o1}}\right)^2} \times \left[\eta_1^o + \left(\frac{d_{o2}}{d_{o1}}\right)^2 \eta_2^o + \left(\frac{d_{o3}}{d_{o1}}\right)^2 \eta_3^o + \dots + \left(\frac{d_{oi}}{d_{o1}}\right)^2 \eta_i^o \right] \quad (14)$$

Полученная зависимость (14) позволяет определить К.П.Д. установок локального вакуумного водопонижения в случае расположения полиструйного насоса на дне котлована при различном количестве одноструйных насосов, входящих в блок полиструйного насоса. Величины коэффициентов полезного действия этих одноструйных насосов ($\eta_1^o, \eta_2^o, \eta_3^o, \dots, \eta_i^o$) для различных условий работы могут быть подсчитаны по приведенным ниже формулам.

При работе установки в строительном периоде когда из грунта откачивается только чистая вода и отсутствует подсос воздуха выражение для определения К.П.Д. одноструйного насоса, входящего в блок полиструйного насоса, имеет вид [6]

$$\eta^o = \frac{X(1+\lambda)}{(1+\xi_n)(1+X)} \left[2 \frac{1+X}{m} - X \left(\frac{X \cos \psi}{n} - \frac{1+X}{m} \right)^2 - \right. \\ \left. - (1 + \Sigma \xi + X \Sigma \xi) \left(\frac{1+X}{m} \right)^2 \right] \quad (15)$$

где $X=Q_1/Q_0$ – объемный коэффициент подсосывания; Q_1 – объемный расход подсосываемого потока воды; Q_0 – объемный расход рабочего потока воды; $I=H_1/H_0$ – коэффициент разрежения одноструйного насоса; H_1 – разрежение в приемной камере одноструйного насоса; H_0 – напор рабочего потока воды перед насадком; $m=(d_2/d_0)^2$ – первый (основной) геометрический параметр одноструйного насоса; d_2 – диаметр смесительной камеры одноструйного насоса; d_0 – диаметр насадка; $n=(d_1/d_0)^2$ – второй геометрический параметр одноструйного насоса; d_1 – диаметр патрубка при входе подсосываемого потока в приемную камеру; ξ_n – коэффициент сопротивления насадка; $\Sigma \xi$ – общий коэффициент сопротивлений конфузора, смесительной камеры и диффузора; ψ – угол входа подсосываемого потока в приемную камеру.

При работе установки в эксплуатационном периоде имеют место подсосы вместе с водой воздуха, проникающего через грунт и иглофильтры. В этом случае выражение для определения К.П.Д. одноструйного насоса имеет вид

$$\eta^o = \frac{\alpha(1+\lambda)}{(1+\xi_n)(1+\alpha)} \times \left[2 \frac{\delta + \alpha}{\delta m} - \alpha \left(\frac{\alpha \cos \psi}{\delta m} - \frac{\delta + \alpha}{\delta m} \right)^2 - \right. \\ \left. - (1 + \Sigma \xi + \alpha \Sigma \xi) \left(\frac{\delta + \alpha}{\delta m} \right)^2 \right] \quad (16)$$

где $\alpha=\delta \cdot X$ – массовый коэффициент подсосывания; $\delta=\rho_1/\rho_0$ – относительная плотность потоков: подсосываемого (ρ_1) и рабочего (ρ_0).

При одинаковых значениях диаметров насадок одноструйных насосов, входящих в блок полиструйного насоса, формула (14) принимает вид

$$\eta_{уст.} = \eta_n (\eta_{тр} + \nu) \frac{1}{1} (\eta_1^o + \eta_2^o + \eta_3^o + \dots + \eta_i^o), \quad (17)$$

Если же К.П.Д. всех одноструйных насосов одинаковы, т.е.

$\eta_1^0 = \eta_2^0 = \eta_3^0 = \dots = \eta_n^0$, выражение (17) может быть записано в виде

$$\eta_{уст.} = \eta_n(\eta_{тр} + \nu)\eta^0. \quad (18)$$

Для случаев расположения блока полиструйного насоса на дне котлована (рис. 3) выражение для определения К.П.Д. (18) после подстановки зависимостей (15) и (16) принимает вид при: а) $\delta = 1$

$$\eta_{уст.} = \eta_n(\eta_{тр} + \nu) \frac{X(1+\lambda)}{(1+\xi_n)(1+X)} \times \left[2 \frac{1+X}{m} - X \left(\frac{X \cos \psi}{n} - \frac{1+X}{m} \right)^2 - (1+\Sigma\xi + \Sigma\xi X) \left(\frac{1+X}{m} \right)^2 \right], \quad (19)$$

б) $\delta \neq 1$

$$\eta_{уст.} = \eta_n(\eta_{тр} + \nu) \frac{\alpha(1+\lambda)}{(1+\xi_n)(1+\alpha)} \times \left[2 \frac{\delta+\alpha}{\delta m} - \alpha \left(\frac{\alpha \cos \psi}{\delta m} - \frac{\delta+\alpha}{\delta m} \right)^2 - (1+\Sigma\xi + \Sigma\xi \alpha) \left(\frac{\delta+\alpha}{\delta m} \right)^2 \right], \quad (20)$$

Установки локального вакуумного водопонижения нередко эксплуатируются при ведении водопонизительных работ с поверхности земли либо в подземных выработках. В этих случаях блок полиструйного насоса

монтируется непосредственно в приводной станции установки (рис. 4).

При расположении блока полиструйного насоса рядом с центробежным (например, в установках ПУВВ-5М и ПУВВ-5МЕА) К.П.Д. трубопровода $\eta_{тр}=1$, а величина коэффициента $\nu = 0$. В этом случае выражение (18) принимает вид

$$\eta_{уст.} = \eta_n \eta^0. \quad (21)$$

Для строительного периода работы этих установок выражение (21) можно представить следующим образом

$$\eta_{уст.} = \eta_n \cdot X \cdot (\lambda + \beta), \quad (22)$$

а для эксплуатационного

$$\eta_{уст.} = \eta_n \cdot \alpha \cdot (\lambda + \beta). \quad (23)$$

С учетом формул (15) и (16) уравнение (21) может быть записано в виде при: а) $\delta=1$

$$\eta_{уст.} = \eta_n \frac{X(1+\lambda)}{(1+\xi_n)(1+X)} \times \left[2 \frac{1+X}{m} - X \left(\frac{X \cos \psi}{n} - \frac{1+X}{m} \right)^2 - (1+\Sigma\xi + X \Sigma\xi) \left(\frac{1+X}{m} \right)^2 \right], \quad (24)$$

б) $\delta \neq 1$

$$\eta_{уст.} = \eta_n \frac{\alpha(1+\lambda)}{(1+\xi_n)(1+\alpha)} \times \left[2 \frac{\delta+\alpha}{\delta m} - \alpha \left(\frac{\alpha \cos \psi}{\delta m} - \frac{\delta+\alpha}{\delta m} \right)^2 - (1+\Sigma\xi + \alpha \Sigma\xi) \left(\frac{\delta+\alpha}{\delta m} \right)^2 \right], \quad (25)$$

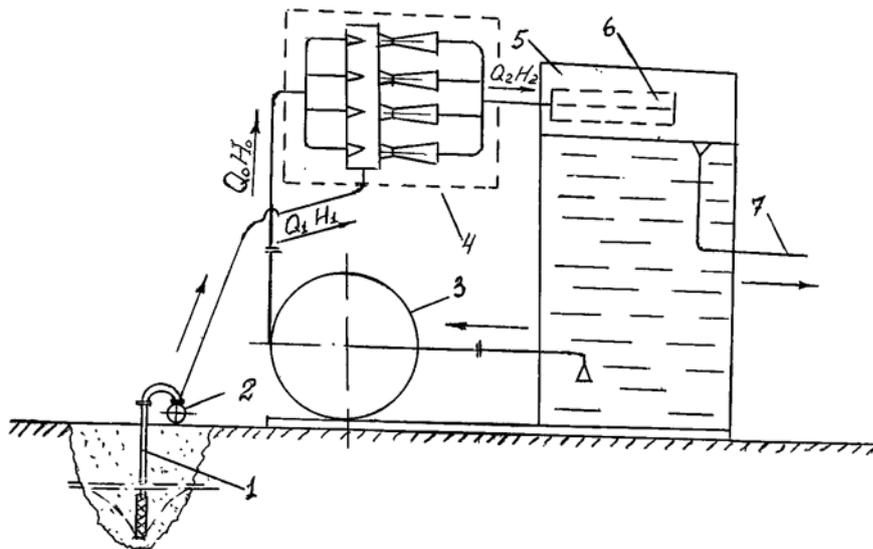


Рис. 4. Расчетная схема установки локального вакуумного водопонижения при расположении блока полиструйного насоса непосредственно в приводной станции: 1 – игло-фильтр; 2 – всасывающий водосборный коллектор; 3 – центробежный насос; 4 – блок полиструйного насоса; 5 – бак циркуляционный; 6 – дефлектор; 7 – сбросная линия.

К.П.Д. центробежного насоса, входящий в формулы (24) и (25), обычно определяют по его характеристическим кривым. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы центробежный насос эксплуатировался в номинальном режиме.

Полученные выше аналитические зависимости (19), (20), (24) и (25) позволяют определить К.П.Д. приводных станций установок локального вакуумного водопонижения с полиструйными насосами при различных схемах их применения. Эти зависимости можно использовать для расчетов К.П.Д. как существующих, так и вновь конструируемых установок с различным количеством одноструйных насосов, входящих в один блок полиструйного насоса. По полученным величинам К.П.Д. можно судить об эффективности рабочего режима приводных станций этих установок. За счет изменения количества одноструйных насосов, входящих в блок полиструйного насоса, подбора их геометрических параметров (d_0 , d_2 , m и др.), а также за счет выбора наиболее эффективного центробежного насоса в ряде случаев можно добиться существенного повышения этой эффективности.

ВЫВОДЫ: 1. Проведенные в ХНУСА теоретические и экспериментальные исследования, а также накопленные опытные данные убедительно доказали, что для локального снижения уровня грунтовых вод в обводненных и слабоустойчивых грунтах с малыми коэффициентами фильтрации ($0,02 \div 1$ м/сутки) наиболее совершенными и перспективными в настоящее время являются установки локального вакуумного водопонижения с полиструйными насосами.

2. Одним из основных критериев эффективности рабочего режима приводных станций установок локального вакуумного водопонижения с полиструйными насосами явля-

ется их коэффициент полезного действия. В настоящей работе получены аналитические зависимости (19), (20), (24) и (25) для определения К.П.Д. как существующих, так и вновь создаваемых таких установок при различных схемах монтажа их основных блоков.

3. При создании новых установок локального вакуумного водопонижения целесообразно добиваться достижения максимума значений их К.П.Д. за счет подбора оптимального количества одноструйных насосов, входящих в блок полиструйного насоса, изменения их основных параметров (d_0 , d_2 , m и др.), а также за счет выбора наиболее эффективного центробежного насоса.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Болотских Н.С. Справочник по водопонижению. Оборудование и технология. – Киев: Будівельник, 1985. – 176 с.
2. Болотских Н.С., Иванов В.П., Коринько И.В., Клейн Е.Б. Снижение энергоемкости и совершенствование конструкции иглофильтовой установки вакуумного водопонижения. Журнал «Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит», № 9 (67), 2009. – с. 9-15
3. Болотских Н.С. Строительное водопонижение в сложных гидрогеологических условиях. – Киев: Будівельник, 1976. – 112 с.
4. Болотских Н.С., Сорокин Б.С. Универсальная установка локального вакуумного водопонижения ПУВВ–5МЕА с автоматизированной системой управления. – Харьков: ХНУСА, 2013. – 38 с.
5. Болотских Н.С., Клейн Е.Б. Создание и освоение энергоэффективных технических средств водопонижения при производстве аварийно-восстановительных работ на сетях водоотведения. Ж. «Водопостачання. Водовідведення», № 1, 2015. – с. 25-30.
6. Болотских Н.С. Водопонижение. – Харьков: изд-во при Харьковском государственном университете издательского объединения «Вища школа», 1981. – 144 с.