

- Я. Лешенарова // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2014.- Вип.№ 1 (75). - С. 106-108.
8. Денисов С.Е. Автоматизация и управление процессом биологической очистки сточных вод /С.Е.Денисов, С.П.Максимов, Т.А. Микляева // Естественные и математические науки в современном мире. – 2015. - №30. – С.121-127.
9. Горносталь С.А. Исследование процесса биологической очистки сточных вод в системе «аэротенк – вторичный отстойник» / С.А. Горносталь // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород. – 2013. – № 4. – С. 164-167.
10. Горносталь С.А. Исследование влияния аэрации на показатели сточных вод и активного ила на выходе из аэротенка / С.А. Горносталь, О.А.Петухова, Т.С.Айрапетян // Motrol. Comission of motorization and energetics in agriculture. – 2015. – Vol.17, № 6. – P.77-84..

УДК 624.152.61

Болотских Н.С.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ВОДОПОНИЖЕНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ И РЕМОНТНЫХ РАБОТ ЗАКРЫТЫМ СПОСОБОМ НА СЕТЯХ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Введение. Сети водоотведения в городах и поселках нашей страны нередко располагаются в сложных гидрогеологических условиях. При этом их строительство и эксплуатация осложняются наличием обводненных и слабоустойчивых грунтов, песков-пльвунов, высоких уровней и напоров грунтовых вод, а также близким расположением водоупора к конструкции подземного сооружения и т.д. Ведение строительных и ремонтных работ в таких условиях очень часто невозможно без применения специальных способов (водопонижения, химического закрепления грунтов, замораживания и др.). В практике строительства и эксплуатации различных объектов сетей водоотведения наиболее часто используется водопонижение.

Целью настоящего исследования является совершенствование и расширение области применения прогрессивных технологий и технических средств водопонижения для снижения сроков, трудоемкости и стоимости ведения строительных и ремонтных работ на сетях водоотведения.

Результаты исследования. При ведении строительных и ремонтных работ закрытым способом на коммунальных тоннелях, в том числе и на канализационных коллекторах, в зависимости от условий, и

прежде всего гидрогеологических, водопонижение может быть предварительным либо параллельным (рис. 1). Предварительное водопонижение производится до начала производства строительных либо ремонтных работ, а параллельное – одновременно. Кроме того, водопонижение может осуществляться тремя способами: с поверхности земли, подземное (забойное) и комбинированное. При первом способе технические средства водопонижения монтируются с поверхности земли, а при втором (подземном) непосредственно в подземных выработках (стволах, колодцах, камерах, коллекторах и т.д.). При комбинированном способе используются технические средства водопонижения, монтируемые как с поверхности земли, так и в подземных выработках.

В зависимости от коэффициентов фильтрации водопонижение может быть обычным (при $K_{\phi} > 2$ м/сутки) и вакуумным (при $K_{\phi} = 2 \div 0,01$ м/сутки). При обычном водопонижении используются погружные насосы либо легкие иглофильтровые установки типа ЛИУ [1], а при вакуумном – эжекторные иглофильтровые установки типа ЭИ и ЭВВУ, а также установки вакуумного водопонижения типа ПУВ, УВВ, УЗВ и УЗВМ [1,2,3].

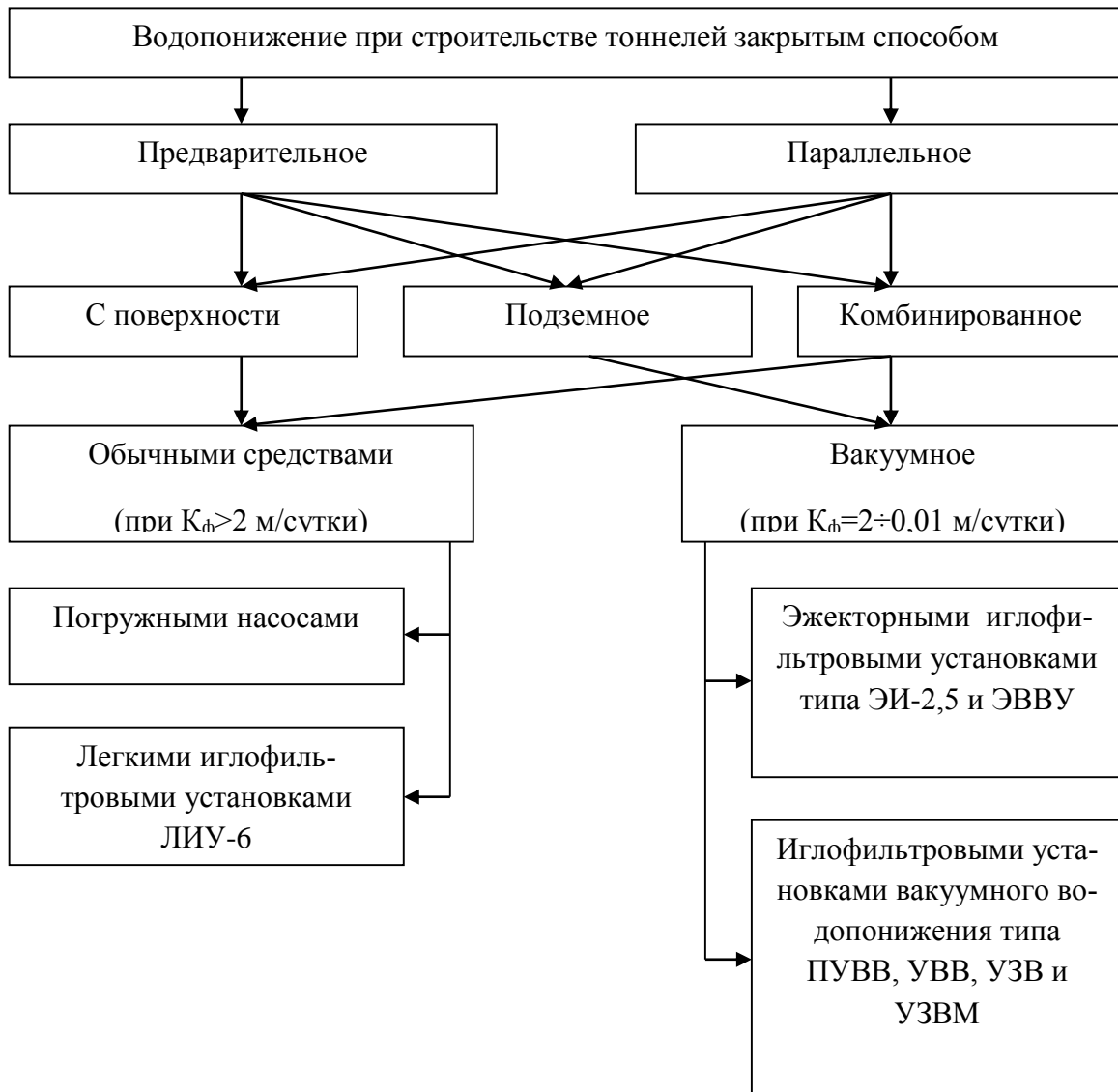


Рис. 1. Классификация видов водопонижения при строительстве коммунальных тоннелей.

На рис. 2 приведен ряд технологических схем водопонижения при строительстве закрытым способом канализационных коллекторов с помощью погружных насосов, эжекторных иглофильтровых установок ЭИ-2,5 и установок вакуумного водопонижения, монтируемых с поверхности земли. Схемы 1 и 2, представленные на этом рисунке, применяются преимущественно при сооружении канализационных коллекторов глубокого заложения в грунтах с хорошими фильтрационными свойствами. Для откачки воды из скважин при этом используются погружные насосы [1]. Схемы 3 и 4 применяются при сооружении коллекторов, расположенных на глубине до 18-20 м в грунтах с плохими фильтрационными свойствами. Водопонижение осуществляется с

помощью эжекторных иглофильтровых установок ЭИ-2,5 либо ЭВВУ [1]. Двухрядная линейная схема водопонижения (схема 5) применяется при ведении строительных работ закрытым способом на коллекторах неглубокого заложения. При этом снижение уровня грунтовых вод осуществляется с помощью иглофильтровых установок типа ПУВВ, УВВ и УЗВМ [1-3].

Выбор той или иной схемы водопонижения должен быть тщательно обоснован в проекте. Кроме того, следует иметь в виду то, что при близком расположении лотка конструкции коллектора к водоупору с использованием упомянутых выше схем водопонижения полностью снизить уровень грунтовых вод не представляется возможным. Над водоупором, как пра-

вило, сохраняется «остаточный слой» грунтовых вод, препятствующий ведению строительных работ в забое коллектора. В таких случаях для откачки «остаточного слоя» воды следует дополнительно использовать подземный способ с помощью установки забойного водопонижения УЗВМ-3у, созданной в ХНУСА [1].

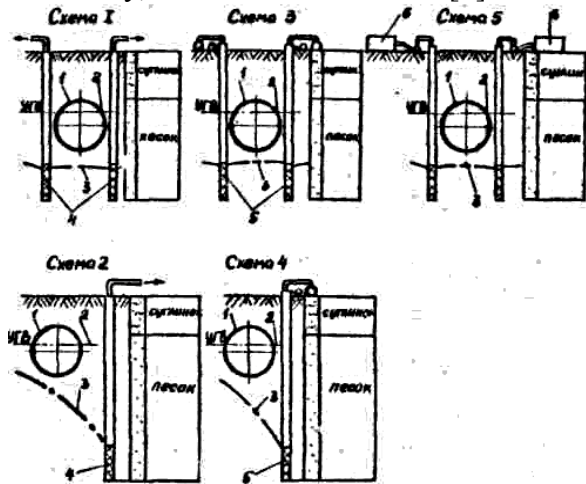


Рис. 2. Технологические схемы водопонижения при ведении строительных и ремонтных работ закрытым способом на канализационных коллекторах:

1 – сечение коллектора; 2 – первоначальный уровень грунтовых вод; 3 – сниженный уровень грунтовых вод; 4 – погружные насосы; 5 – эжекторные иглофильтры установок ЭИ-2,5; 6 – насосный агрегат установки вакуумного водопонижения.

Технология такого водопонижения успешно апробирована при сооружении закрытым способом канализационного коллектора диаметром 2 м, проходящего вдоль Мичуринского проспекта в г. Москве. Этот коллектор располагался между шахтами № 3 и № 8 и имел длину 80 м. Глубина его заложения составляла 8,5÷9 м. Гидрогеологические условия на месте заложения коллектора были очень сложными: наличие высокого уровня грунтовых вод (на 3÷4 м выше отметки основания лотка коллектора); грунты на участке проходки, согласно гидрогеологическим изысканиям, представлены обводненными песками с линзами и прослойками суглинков; водоупорные моренные суглинки находятся ниже отметки основания лотка на

0,5÷1,0 м; коэффициент фильтрации водонасыщенных мелкозернистых песков составляет 2-5 м/сут., а содержащих глинистые частицы – 1÷3 м/сутки.

С учетом этих гидрогеологических условий в качестве основного водопонижительного оборудования были приняты две эжекторные иглофильтровые установки ЭИ-2,5. Для откачки «остаточного слоя воды» в забое сооружаемого канализационного коллектора было принято решение применить установку забойного водопонижения УЗВМ-3у. Схема такого комбинированного водопонижения представлена на рис. 3.

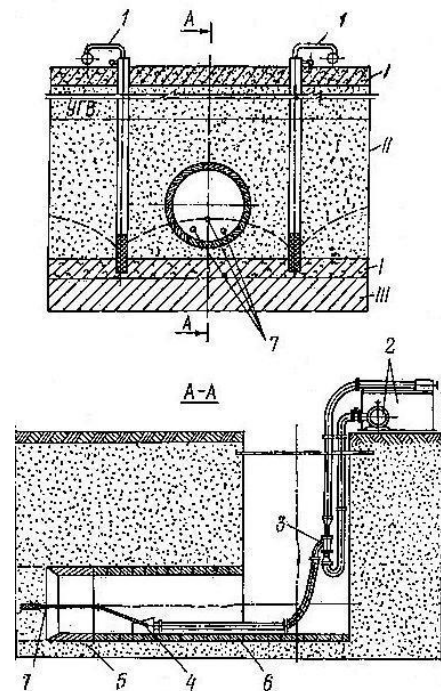


Рис. 3. Схема комбинированного водопонижения с помощью эжекторных иглофильтровых установок ЭИ-2,5 и установки УЗВМ-3у при сооружении канализационного коллектора:

1 – эжекторные иглофильтровые установки ЭИ-2,5; 2 – насосный агрегат и циркуляционный бак установки УЗВМ-3у; 3 – водоструйный насос; 4 – водосборный коллектор; 5 – проходческий щит; 6 – тубинговое крепление канализационного коллектора; 7 – иглофильтры; (I – суглинки; II – песок мелкозернистый; III – глина).

Насосный агрегат установки УЗВМ-3у располагался на поверхности земли у устья ствола шахты №3, а водоструйный

насос – на дне шахты. Водоструйный насос при помощи трубопроводов был подключен с одной стороны к насосному агрегату, а с другой – к сосредоточенному водосборному коллектору, расположенному вблизи от забоя. К этому коллектору подключались иглофильтры длиной 1,5 м с помощью гибких рукавов и кранов. Наличие кранов позволило подключать в работу иглофильтры поочередно либо одновременно.

В процессе ведения работ в забое канализационного коллектора различные элементы установки УЗВМ-3у (коллектор, рукава, иглофильтры и др.) периодически перемещались вслед за подвиганием забоя. Трубопровод, соединяющий водоструйный насос с водосборным коллектором, при этом периодически наращивался.

После монтажа, наладки и пуска в эксплуатацию всего описанного комплекса водопонижения представилась возможность успешно вести проходческие работы. Установка УЗВМ-3у полностью обеспечивала откачку «остаточного слоя» воды в забое. При ее работе разрежение в камере смешения водоструйного насоса находилось в пределах от 0,07 до 0,083 МПа, а в водосборном коллекторе – от 0,043 до 0,0535 МПа. Такого разрежения во всасывающей системе было достаточно для того, чтобы осуществлять забойное водопонижение при проходке канализационного коллектора протяженностью 80 м без переноски водоструйного насоса ближе к забою.

Максимальное расстояние от забоя до водоструйного насоса при такой схеме монтажа установки УЗВМ-3у может быть определено по выражению

$$L_{\max} = \frac{H_1^{\max} \Sigma h_{\text{и}}}{k_1 \cdot i_o}, \quad (1)$$

где H_1^{\max} – максимальное разрежение в камере смешения водоструйного насоса, м вод.столба; k_1 – коэффициент, учитывающий местные сопротивления во всасывающем трубопроводе на участке от забоя до водоструйного насоса; i_o – удельные потери напора в трубопроводе; $\Sigma h_{\text{и}}$ – суммарные сопротивления в иглофильтрах, м вод.столба.

Коэффициент полезного действия установки УЗВМ-3у в этом случае определяется по выражению [4]

$$\eta_{\text{уст.}} = \eta_{\text{ц}}(\eta_{\text{тр}} + \gamma)X(\lambda + \beta), \quad (2)$$

где $\eta_{\text{уст.}}$, $\eta_{\text{ц}}$, $\eta_{\text{тр}}$ – соответственно, КПД установки, центробежного насоса и трубопровода; $\gamma = \frac{h_r}{H_n}$ – коэффициент, учиты-

вающий положение обреза насадка водоструйного насоса относительно оси центробежного насоса; h_r – геодезическая высота, т.е. расстояние от оси центробежного насоса до обреза насадка водоструйного насоса, м; H_n – напор центробежного насоса, м; $X = \frac{Q_1}{Q_o}$ – объемный коэффициент

подсасывания водоструйного насоса; Q_1 – количество воды, подсасываемой из забоя водоструйным насосом, м³/ч; Q_o – расход воды через насадок водоструйного насоса, м³/ч; $\lambda = \frac{H_1}{H_o}$ –

коэффициент разрежения водоструйного насоса; H_1 – разрежение в камере смешения водоструйного насоса, м; $H_o = H_n + h_r - \Sigma h \cdot i_o$ – напор перед насадком водоструйного насоса, м; $\Sigma h \cdot i_o$ – потери напора в напорном трубопроводе, м;

$\beta = \frac{H_2}{H_o}$ – коэффициент напора водоструйного насоса; H_2 – напор за диффузором водоструйного насоса, м.

Опыт многосуточной эксплуатации в г. Москве описанного выше водопонижительного комплекса, состоящего из установок ЭИ-2,5 и УЗВМ-3у, подтвердил его работоспособность и эффективность. Установка УЗВМ-3у оказалась удобной и надежной в эксплуатации в стесненных условиях проходки канализационного коллектора малого сечения.

Водопонижение при выполнении строительных и ремонтных работ закрытым способом на сетях водоотведения, расположенных в сложных гидрогеологических условиях, может также эффективно осуществляться с использованием новой универсальной передвижной установки вакуумного водопонижения ПУВВ-

5МЕА с автоматизированной системой управления, созданной в Харьковском национальном университете строительства и архитектуры [2].

Эта установка комплектуется двумя типами всасывающих систем: 1) с линейным водосборным коллектором (для водопонижения с поверхности земли либо со дна котлована) с возможностью подключения к нему до 90 легких иглофильтров; 2) с сосредоточенным водосборным коллектором (для подземного забойного водопонижения) с возможностью подключения к нему до 17 иглофильтров.

Принятые в установке ПУВВ-5МЕА конструктивные решения делают ее универсальной. Ее можно эффективно использовать при производстве строительных и ремонтных работ на сетях водоотведения для водопонижения как с поверхности земли (схема 5, рис. 2), так и в подземных выработках по аналогии с установкой УЗВМ-3у (рис. 3). Для обеспечения возможности монтажа установки ПУВВ-5МЕА согласно этих схем она комплектуется дополнительными соединительными трубопроводами и отводами. В зависимости от принятой схемы водопонижения полиструйный насос ПСМ-1 может быть смонтирован как в составе приводной станции, так и отдельно рядом со всасывающей системой в шахте либо забое сооружаемого канализационного коллектора.

Установка ПУВВ-5МЕА успешно прошла опытно-промышленные испытания на различных объектах водоотведения в г. Харькове [5]. Накопленный при этом опыт эксплуатации позволяет рекомендовать ее к широкому применению для водопонижения при ведении строительных, ремонтных и аварийно-восстановительных работ открытым и закрытым способами на сетях водоотведения, расположенных в сложных гидрогеологических условиях.

Выводы: 1. Для обеспечения возможности выполнения строительных и ремонтных работ, в том числе и аварийно-восстановительных, на сетях водоотведения, расположенных в обводненных и слабоустойчивых грунтах, в настоящее время созданы необходимые технические сред-

ства и разработаны соответствующие технологические схемы водопонижения. Их выбор в каждом конкретном случае должен осуществляться на базе глубокого анализа имеющихся на объекте гидрогеологических и других условий, путем тщательного технико-экономического обоснования принимаемого варианта водопонижения для достижения минимальных стоимости, трудоемкости и времени выполнения работ.

2. Наибольшую сложность представляет собой организация водопонизительных работ на канализационных коллекторах малого сечения, расположенных в грунтах с плохими фильтрационными свойствами при близком расположении лотка их конструкции от водоупора. Для обеспечения подземного забойного водопонижения в таких условиях ХНУСА создана установка забойного водопонижения УЗВМ-3у, которая успешно прошла промышленные испытания на ряде объектов водоотведения и рекомендована к дальнейшему широкому применению.

3. Для обеспечения ведения строительных, ремонтных и аварийно-восстановительных работ открытым и закрытым способом на сетях водоотведения, расположенных в сложных гидрогеологических условиях, целесообразно использовать созданную ХНУСА новую универсальную передвижную установку вакуумного водопонижения ПУВВ-5МЕА с полиструйным насосом, регулируемым электроприводом и автоматизированной системой управления. Эта установка успешно прошла промышленные испытания и в настоящее время находится в эксплуатации на объектах водоотведения в г. Харькове.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Болотских Н.С. Справочник по водопонижению. Оборудование и технология. – Киев: изд. «Будівельник», 1985. – 176 с.
3. Болотских Н.С., Сорокин Б.С. Универсальная установка локального вакуумного водопонижения ПУВВ-5МЕА с автоматизированной системой управления. Рекомендации по применению. – Харьков: ХНУСА, 2013. – 38 с.

4. Рекомендации по применению установки УВВ-3-6КМ при строительном водопонижении. – Москва: ВАНИИ «ВОДГЕО», 1983. – 56 с.
5. Болотских Н.С. Водопонижение. – Харьков: изд. при Харьковском государственном университете издательского объединения «Вища школа», 1981. – 144 с.
6. Болотских Н.С. Водопонижение при производстве аварийно-восстановительных работ на сетях водоотведения в условиях плотной городской застройки. Журнал «Энергосбережение. Энергетрика. Энергоаудит», № 3 (134), 2015. – с. 11-16.

УДК 628.14

Матяш О.В.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

СЕЗОННІСТЬ ВІДМОВ МЕТАЛЕВИХ ВОДОПРОВІДНИХ ТРУБ

Постановка проблеми. Водопровідні мережі подавально-розподільного комплексу системи водопостачання є найбільш ваговою ланкою в структурі споруд подавання води від джерела водопостачання до споживача, як з точки зору надійності, так і з економічних аспектів [1]. Проте, на сьогоднішній день понад 60% водопровідних мереж відпрацювала нормативний термін експлуатації та перебувають в критичному стані [2], що є негативним фактором як для комунального господарства, так і для споживачів. Тому при будівництві нових та реконструкції існуючих водопровідних мереж слід враховувати не лише технологічні нормативи проектування та економічні затрати, а й надійність труб, а саме їх безвідмовність та ремонтпридатність [3].

Аналіз останніх досліджень вказує на постійну увагу науковців та фахівців в галузі водопостачання щодо встановлення причин пошкоджень труб водопровідних мереж, розроблення методик розрахунку основних показників надійності споруд водопровідного комплексу та реновації існуючих мереж [4 – 8].

Викладення основного матеріалу досліджень. Загальна протяжність водопровідної мережі м. Кременчук складає близько 424км, з яких чавунних труб (55%), сталевих – (41%), незначний відсоток – азбестоцементні та пластмасові труби (4%). Були проаналізовані статистичні дані пошкоджень металевих труб діаметром 50...300мм протягом 7 років і

встановлено, що основними видами пошкоджень є: для чавунних труб – вихід цементу з розтрубів – 68%, поперечні переломи – 19%, корозія – 9%, пошкодження землерийною технікою – 4%; для сталевих труб – наскрізні свищі – 71%, порушення зварних з'єднань – 18%, корозія – 7%, пошкодження землерийною технікою – 4% та інші.

В якості окремого елемента водопровідної мережі прийнято 1 км трубопроводу. З точки зору надійності, даний елемент є простим та відновлюваним, а в процесі роботи він може знаходитися лише в двох станах: працездатності та відмови. Під відмовою елемента прийнято аварію на водопровідній мережі, при якій елемент слід відключити для виконання ремонту або заміни. Основним показником безвідмовності водопровідних труб прийнято напрацювання на відмову T 1км трубопроводу або обернену йому величину – питомий параметр потоку відмов ω_0 1км трубопроводу за рік (годину). Для розрахунку середнього значення питомого параметра потоку відмов ω_0 використана формула:

$$\omega_0 = \frac{n}{t \cdot \sum L}, \quad (1)$$

де n – кількість відмов ділянок водопровідної мережі; t – термін спостереження (роки або години); $\sum L$ – протяжність водопровідної мережі відповідного діаметра, км.

При виконанні кількісного аналізу надійності металевих водопровідних труб