

УДК 624.152.61

**Болотских Николай Степанович**, д-р техн. наук, проф. Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (ХНУСА), Харьков, Украина. Ул. Сумская, 40, Харьков, Украина. 61002, тел. 706-19-01

### ВОДОПОНИЖЕНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АВАРИЙНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА СЕТЯХ ВОДООТВЕДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

*Описана новая универсальная установка вакуумного водопонижения ПУВВ-5МЕА с автоматизированной системой управления.*

**Ключевые слова:** водопонижение, установка, автоматизированная система управления.

**Болотских Никола Степанович**, д-р техн. наук, проф. Харківський національний університет будівництва та архітектури (ХНУБА), Харків, Україна. Вул. Сумська, 40, Харків, Україна, 61002, тел. 706-19-01

### ВОДОПОНИЖЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ АВАРІЙНО-ВІДНОВНИХ РОБІТ НА МЕРЕЖАХ ВОДОВІДВЕДЕННЯ В УМОВАХ ЩІЛЬНОЇ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ

*Описана нова універсальна установка вакуумного водозниження ПУВВ-5МЕА з автоматизованою системою керування.*

**Ключові слова:** водозниження, установка, автоматизована система керування.

**Bolotskikh Nikolay Stepanovich**, Dr Eng. Sc., Prof., Kharkov national University of Civil engineering and Architecture (KHNUA), Kharkov, Ukraine, Sumska st., 40, Kharkov, Ukraine, 61002, tel.: 706-19-01

### WATER DECREASE BY PRODUCTION OF EMERGENCY RECOVERY OPERATIONS ON WATER DISPOSAL NETWORKS IN THE CONDITIONS OF DENSE CITY BUILDING.

*The new universal station of vacuum waterdepression PUVV-5MEA with automated control system and experience of its application is described.*

**Key words:** waterdepression, station, automated control system.

#### Введение

Санитарное благополучие городов и своевременность удаления загрязненных сточных вод за пределы городской среды и их очистка в значительной степени зависят от качества эксплуатации систем водоотведения и прежде всего канализационных коллекторов. Их протяженность в современных крупных городах исчисляется сотнями километров. Исходя из условия наибольшего охвата территории города самотечной сетью водоотведения они, как правило, прокладываются на значительной глубине (5-6 м) и нередко в сложных гидрогеологических условиях. При длительной эксплуатации коллекторов возникают аварии, связанные с нарушением их целостности. Эти аварии приводят к частичному либо полному прекращению потока сточной жидкости и излив ее на поверхность земли.

Наиболее характерными авариями на коллекторах являются: разрушение трубопроводов от коррозии вследствие агрессивного действия сточных вод и блуждающих токов; истирание нижней части трубопроводов при повышенных скоростях течения в них сточных вод, содержащих твердые частицы; разрушение труб под действием внешних нагрузок. Для ликвидации этих аварий эксплуатационным службам в сжатые сроки приходится выполнять необходимые, достаточно трудоемкие, аварийно-восстановительные работы (АВР). К этим работам относятся: разрывка котлована, установка шпунтовых ограждений, восстановление целостности коллектора и др.

Особенно сложно выполнять АВР на коллекторах, расположенных в обводненных и слабоустойчивых грунтах с плохими фильтрационными свойствами, в районах с плотной городской застройкой, насыщенных действующими подземными коммуникациями (газопроводы, водопроводы, электрические и телефонные кабели и др.) и с интенсивным уличным движением транспорта. В таких случаях в начале производства АВР необходимо снизить уровень грунтовых вод ("осушить" грунты) и только потом выполнять эти работы. По этой причине при ликвидации аварий и ведении восстановительных работ на сетях

водоотведения, расположенных в обводненных и слабоустойчивых грунтах, используется водопонижение (искусственное снижение уровня грунтовых вод). Настоящая статья посвящается описанию наиболее совершенных технических средств водопонижения и технологий их применения при ликвидации аварий на сетях водоотведения в г. Харькове.

### Цель исследования

Создание и широкое освоение на практике новой универсальной водопонижительной установки и технологии ее применения, а также снижение затрат электроэнергии на водопонижение при выполнении АВР на сетях водоотведения.

### Основные результаты

При ведении водопонижительных работ в период ликвидации аварий на сетях водоотведения обычно откачка воды из грунтов осуществляется с помощью специальных иглофильтровых установок вакуумного водопонижения. Наиболее часто для этих целей используются установки типа ПУВВ-1, ПУВВ-5, ПУВВ-5МЕА, УВВ-2 и УВВ-3-6КМ. В этих установках создание вакуума во всасывающих системах и откачка воды осуществляется водоструйными насосами, а для подачи к ним "рабочей" воды используются центробежные насосы.

Перечисленные выше установки в большинстве случаев обеспечивают надежное и сравнительно быстрое локальное водопонижение в обводненных мелкозернистых и слабоустойчивых грунтах с малыми коэффициентами фильтрации ( $K_f = 0,02 \div 1$  м/сутки), в том числе и в слоистых водоносных толщах, когда хорошо проницаемые грунты (пески, супеси) чередуются со слабопроницаемыми грунтами (глины и суглинки). Вместе с тем, каждая из этих установок имеет свои специфические особенности, достоинства и недостатки.

Как показал опыт, наиболее совершенным средством локального вакуумного водопонижения в мелкозернистых грунтах с малыми коэффициентами фильтрации при выполнении АВР на сетях водоотведения в настоящее время является универсальная установка ПУВВ-5МЕА с полиструйным насосом, регулируемым электроприводом и автоматизированной системой управления [1]. Эта установка (рис. 1) создана ХНУСА в тесном содружестве с Коммунальным предприятием "Харьковводоканал".



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

В этой установке для создания вакуума и откачки воды применен малогабаритный полиструйный (четырёхструйный) насос ПСН-1.

Приводная станция установки ПУВВ-5-МЕА состоит из отдельных блоков. Это дает возможность располагать полиструйный насос как непосредственно в самой приводной станции, так и отдельно в котловане, шахте или забое 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 её можно эффективно использовать для локального водопонижения как с поверхности земли, так и в котлованах, шахтных стволах и различных других подземных выработках.

С целью снижения фактических расходов электроэнергии на водопонижение, повышения надёжности в работе и упрощения в обслуживании в установке ПУВВ-5-МЕА предусмотрено использование регулируемого электропривода центробежного насоса и соответствующих элементов автоматизации её управления. За счет этого обеспечивается настройка работы установки на режим, соответствующий реальным условиям водопонижения на месте выполнения АВР. Кроме того, снижается фактический расход электроэнергии, а также надежно контролируется и поддерживается необходимый сниженный уровень грунтовых вод.

Установка ПУВВ-5МЕА имеет максимальную производительность по воде до 60 м<sup>3</sup>/ч. Потребляемая мощность электродвигателя центробежного насоса типа КМ100-80-160/2-5 лежит в пределах от 6,2 до 12,5 кВт. Габаритные размеры приводной станции (длина×ширина×высота) составляют 1460×400×1510 мм, а ее масса 392 кг. По сравнению с упомянутыми выше типами установок вакуумного водопонижения она является менее металлоемкой, имеет значительно меньшие габаритные размеры, надежна и удобна в эксплуатации. При ее работе фактические расходы электроэнергии на водопонижение существенно ниже чем у ее перечисленных выше аналогов.

С применением установки ПУВВ-5МЕА эксплуатационными службами Коммунального предприятия "Харьковводоканал" в последние годы выполнены АВР на ряде канализационных коллекторов, расположенных в сложных гидрогеологических условиях и в условиях плотной застройки территорий. В частности, при консультативном участии сотрудников ХНУСА они эффективно применяли эту установку для целей водопонижения при ликвидации аварии на канализационном коллекторе, расположенном под территорией двора Станции технического обслуживания автомобилей по ул. Чугуевская, 76-а в г. Харькове.

Условия для ведения АВР на этом участке достаточно сложны. Свободная от застройки территория в месте аварии имеет небольшие размеры. Большая часть толщи грунта над канализационным коллектором имеет нарушенное строение (насыпной грунт). Статический уровень грунтовых вод на этом участке находится на глубине 8,3 м от поверхности, а обводненный грунт представлен мелкозернистым песком с незначительными прослойками глины. Усредненный коэффициент фильтрации этих песков находится в пределах от 1,3 до 1,7 м/сутки. Канализационный коллектор диаметром 200 мм расположен на глубине 9,5 м. На этом участке произошло нарушение сплошности этого коллектора, в результате чего канализационные стоки стали загрязнять грунтовые воды.

При разработке грунта в месте производства АВР снижение уровня грунтовых вод и отвод их за пределы площадки осуществлялись по технологии, разработанной в ХНУСА (рис. 2).

Первоначально на месте аварии была произведена разработка котлована с размерами 4х8 м на глубину до 8,5 м и установкой шпунтовой крепи. Затем на глубине около 4 м от дневной поверхности внутри котлована в его торце была сооружена специальная металлическая площадка, на которой разместили приводную станцию установки ПУВВ-5МЕА.

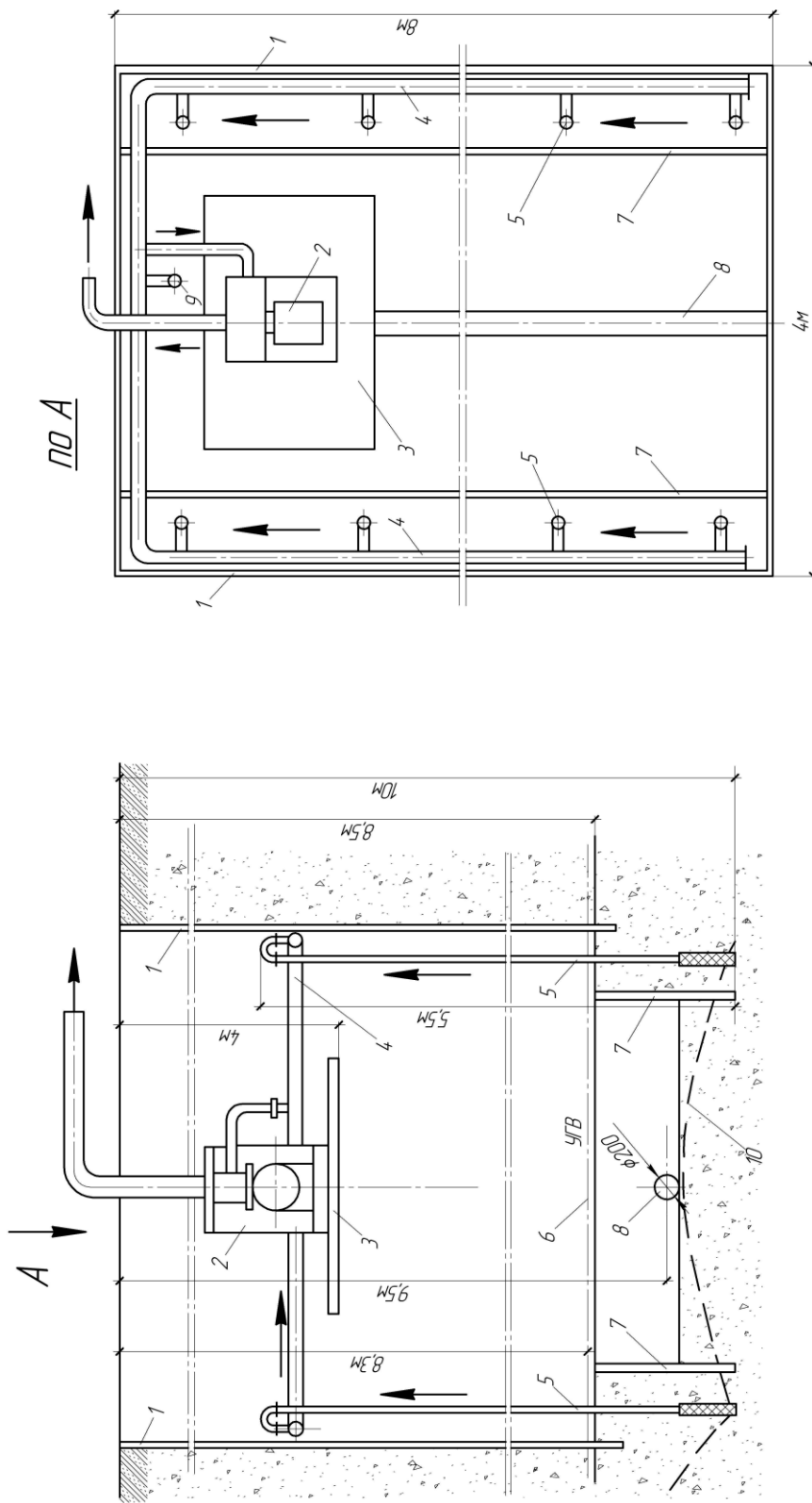


Рис. 2. Схема водопонижения при ведении АВР на канализационном коллекторе по ул. Чугуевская: 1 – первичное шпунтовое крепление котлована; 2 – приводная станция установки ПУВВ-5МЕА; 3 – промежуточная металлическая площадка; 4 – водосборный коллектор установки ПУВВ-5МЕА; 5 – иглофильтры в сборе; 6 – первоначальный уровень грунтовых вод; 7 – вторичное шпунтовое крепление котлована; 8 – канализационный коллектор; 9 – контрольный иглофильтр; 10 – сниженный уровень грунтовых вод

На уровне этой площадки по внутреннему контуру котлована был смонтирован водосборный коллектор установки с креплением его к шпунтовому ограждению. После этого в обводненные грунты внутри котлована около его стенок параллельно оси коллектора было погружено 11 иглофильтров на глубину до 10 м от поверхности. При этом общая длина каждого иглофильтра вместе с фильтровым звеном составляла 5,5 м. С помощью соединительных рукавов эти иглофильтры были подключены к водосборному коллектору установки. Расстояние между соседними иглофильтрами составляло 1,5 м.

Такая схема монтажа установки ПУВВ-5МЕА в данном случае вызвана следующими обстоятельствами:

- расположение приводной станции установки вместе с полиструйным насосом на поверхности котлована невозможно, так как глубина заложения канализационного коллектора составляет 9,5 м и вакуума, создаваемого полиструйным насосом установки, недостаточно для подкачивания воды из обводненных грунтов и подъема ее на такую высоту;

- монтаж всей всасывающей системы установки вместе с полиструйным насосом непосредственно в забое в данном случае из-за малой ширины котлована значительно уменьшил бы рабочее пространство и усложнил выполнение в полном объеме необходимых АВР.

Смонтированная по описанной схеме установка ПУВВ-5МЕА обеспечила устойчивую откачку воды с помощью иглофильтров из обводненных грунтов и поступление ее в водосборный коллектор, а затем подачу ее по рукаву на поверхность и последующий сброс в расположенный вблизи канализационный колодец.

После включения в работу установки ПУВВ-5МЕА и ее наладки на требуемый режим производилась дальнейшая разработка котлована в обводненных и слабоустойчивых грунтах до полного вскрытия коллектора. При этом стенки котлована крепились с помощью шпунтового ограждения.

Длительная эксплуатация установки ПУВВ-5МЕА в таких условиях подтвердила высокую эффективность и надежность ее работы. При различных рабочих режимах в период эксплуатации вакуум, создаваемый полиструйным насосом, составлял  $0,65 \div 0,7$  кгс/см<sup>2</sup>, а производительность (по воде) находилась в пределах от 2,2 до 4 м<sup>3</sup>/ч. Использование частотного регулирования электропривода в установке позволило автоматически настраивать ее работу на наиболее экономичный режим. Испытания показали, что только за счет частотного регулирования электропривода в установке расход электроэнергии снижается примерно до 30 %.

Установка ПУВВ-5МЕА за весь период выполнения АВР обеспечила стабильное и надежное снижение уровня грунтовых вод. Апробированная при этом схема ее монтажа с размещением приводной станции на промежуточной площадке в котловане в данных условиях себя оправдала. Эту схему целесообразно использовать и в дальнейшем при ведении АВР на других коллекторах с глубиной их заложения более 7 м при наличии на месте аварии плотной застройки территории.

### Выводы

1. Для целей водопонижения при производстве АВР на сетях водоотведения, расположенных в водонасыщенных, мелкозернистых и слабоустойчивых грунтах, в условиях плотной городской застройки наиболее совершенной и эффективной в настоящее время является универсальная установка ПУВВ-5МЕА с полиструйным насосом, регулируемым электроприводом и автоматизированной системой управления.

2. При выполнении АВР на сетях водоотведения в стесненных условиях (при плотной городской застройке и интенсивном уличном движении) насосный агрегат установки ПУВВ-5МЕА возможно размещать внутри котлована на специальной промежуточной площадке либо на поверхности земли с монтажом полиструйного насоса внизу котлована рядом со всасывающей системой.

3. Использование частотного регулирования электропривода в установке ПУВВ-5МЕА позволяет автоматически настраивать ее работу на наиболее экономичный режим (с наименьшими затратами электроэнергии) в соответствии с реальными условиями, имеющими место при проведении аварийно-восстановительных работ на канализационном

коллекторе. За счет этого расходы электроэнергии на водопонижение могут быть снижены примерно до 30 %.

4. Водопонижительную установку ПУВВ-5МЕА и накопленный опыт ее эксплуатации рекомендовать к широкому применению при ведении АВР на сетях водоотведения, расположенных в сложных гидрогеологических условиях, а также в районах с плотной городской застройкой.

**Список использованной литературы:**

1. Болотских Н. С., Сорокин Б. С. Универсальная установка локального вакуумного водопонижения ПУВВ – 5МЕА с автоматизированной системой управления. Харьков: ХНУСА, 2013. – 38 с.

**Referenses:**

1. Bolotskikh N. S., Sorokin B. S. (2013). Universal station of local vacuum waterdepression PUVV-5MEA with automated control system [Universalnaja ustanovka lokalnogo vakuumnogo vodoponizhenija PUVV-5MEA s avtomatizirovannoi sistemoi upravlenia]. Kharkov: KHNUA, 2013. – 38 p.

Поступила в редакцию 10.02 2015 г.