

Перспективы применения напорных систем канализации, принципы расчета и проектирования

Ануфриев В.Н.¹, Алферчик В.В.¹, Семикашева Э.Э.¹, Волкова Г.А.²

¹ *Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь, vladimir.anufriev@rambler.ru*

² *УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, volga-brest@mail.ru*

Резюме. В статье рассмотрены условия применения напорных систем канализации для отведения сточных вод для объектов в сельской местности, населенных пунктов с низкой плотностью населения. Рассмотрены режим функционирования, устройство, принципы расчёта и проектирования напорных систем канализации и их элементов, в том числе, КНС, сети отводящих и сборных напорных трубопроводов и промывочных станций.

Prospects for the use of pressure sewer systems, principles of calculation and design

Anoufrieu V., Alferchik V., Slamikasheva E., Volkova G.

Summary. The article discusses the conditions for the use of positive pressure sewerage systems for wastewater disposal for facilities in rural areas, settlements with low population density. The mode of operation, device, principles of calculation and design of pressure sewerage systems and their elements, including sewage pumping stations, sewers and collection pressure pipelines and flushing stations are considered.

Организация водоотведения в сельских населенных пунктах, подключение к централизованной канализации больших участков с низкой плотностью населения, ферм, небольших групп зданий и отдельных объектов характеризуются рядом особенностей. При традиционных подходах в водоотведении относительные небольшие расходы сточных вод при большой протяженности сетей потребуют укладку трубопроводов с существенными уклонами для обеспечения незаиливаемых скоростей сточных вод. Для снижения глубины заложения трубопроводов применяется комбинация водоотведения по безнапорным трубопроводам с механическим водоподъемом, с подкачивающими канализационными насосными станциями. В этом случае предусматривается устройство ряда насосных станций, предназначенных для подъема сточных вод на определенную высоту, с последующим их самотечным отведением по безнапорным трубопроводам [1].

Напорная система канализации с отведением сточных вод под давлением может рассматриваться как альтернатива безнапорной системе водоотведения. Напорные канализационные сети целесообразно предусматривать при строительстве и реконструкции системы канализации, когда применение безнапорных сетей экономически нецелесообразно, технически затруднительно или невозможно. Преимущественно напорная система водоотведения применяют: в сельских населенных пунктах, при низкой плотности населения; при равнинном рельефе с низкими естественными уклонами; необходимости пересечения препятствий (водотоков, каналов, трубопроводов и т. д.); неблагоприятных грунтовых условиях (просадочные грунты, территория размещения выработок); при высоком уровне подземных вод, на затопляемых и подтопляемых территориях; при отведении сточных вод от временно эксплуатируемых объектов (кемпингов и т. д.).

Напорная система канализации представляет совокупность канализационных насосных станций (далее – КНС) небольшой производительности, отводящих сточные воды от отдельных зданий в кольцевую систему сборных трубопроводов. Такие системы также включают отводящие безнапорные трубопроводы от отдельных зданий к КНС отводящие напорные трубопроводы, промывочные станции. Схема системы напорной канализации приведена на рис. 1.

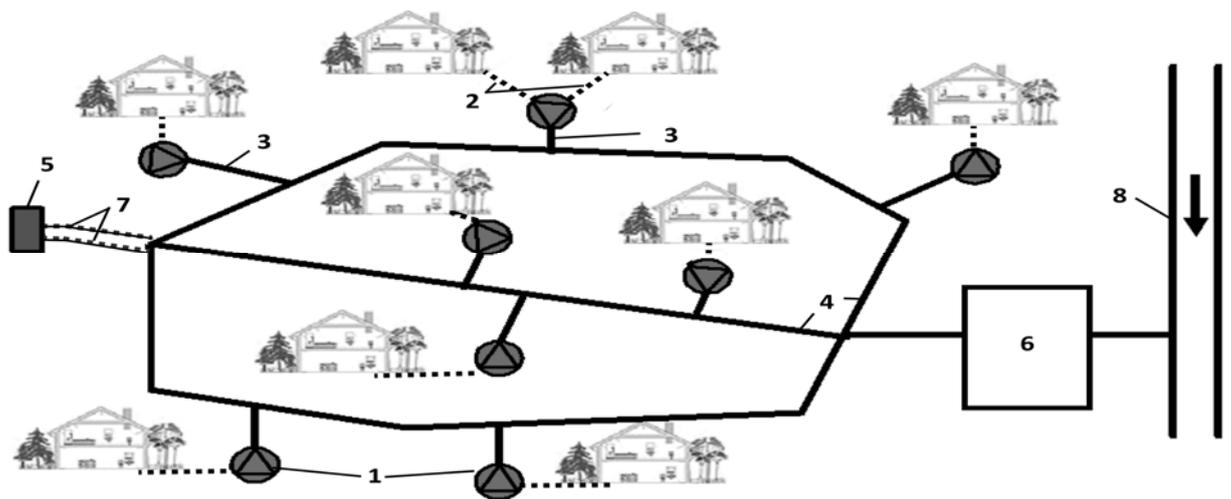


Рисунок 1 – Схема системы напорной канализации

- 1 – КНС; 2 – отводящий безнапорный канализационный трубопровод;
 3 – напорный отводящий трубопровод; 4 – напорный сборный трубопровод;
 5 – промывочная станция; 6 – очистные сооружения; 7 – воздуховоды; 8 – водоприемник

Магистральные и второстепенные сборные напорные трубопроводы могут быть спроектированы в виде кольцевой сети с одним или несколькими контурами. Сточные воды по напорным трубопроводам транспортируются на очистные сооружения или перекачиваются в трубопроводы сети безнапорной канализации.

Гидравлический режим функционирования напорной системы канализации характеризуется большими коэффициентами неравномерности и значительными колебаниями давления в трубопроводах. И как следствие насосные агрегаты КНС должны работать в большом диапазоне по давлению.

На КНС предусматривается применение преимущественно центробежных и эксцентриковых насосов. При использовании центробежных насосных агрегатов применяют насосы с условным шаровым проходом более 40 мм или насосы с режущим устройством. При подборе оборудования предпочтительно использовать насосы, обладающие характеристикой зависимости напора от подачи с высоким крутизной (рис. 2).

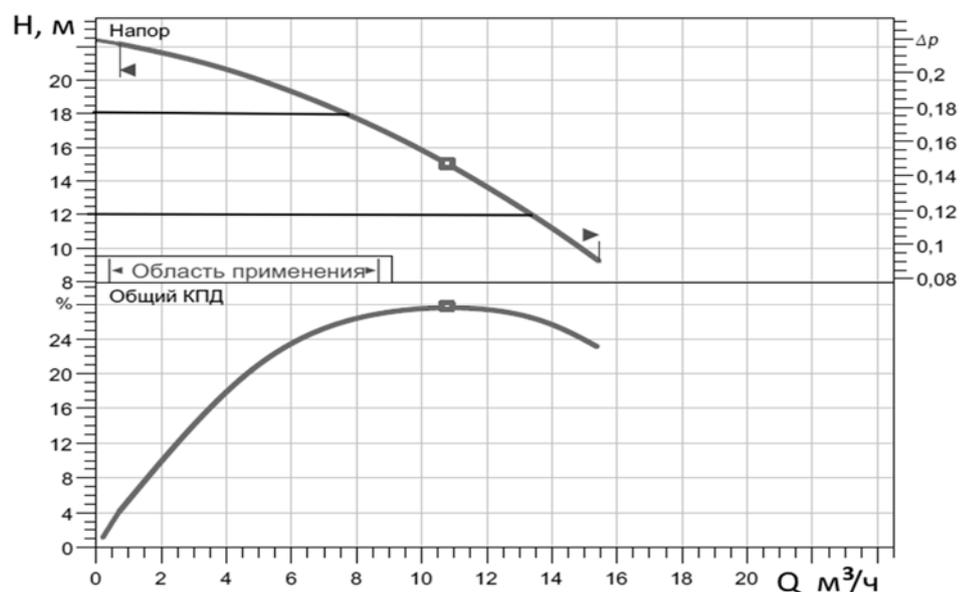


Рисунок 2 – Характеристика насоса марки МТС 32F22.17/20 с измельчающим устройством [2]

Параметр крутизны характеристики K , %, которую определяют отношением протяженности интервала диапазона напора на графике к протяженности соответствующего интервала диапазона подачи или по формуле:

$$k = \left[(H_{0\max} - H_{\text{рклд}}) / H_{\text{рклд}} \right] \cdot 100, \quad (1)$$

где $H_{0\max}$ – максимальный напор на характеристике насоса, м;
 $H_{\text{рклд}}$ – напор при максимальном КПД, м.

КНС выполняются как без наземной части (с размещением оборудования в смотровых колодцах), так и с наземной частью (здание с размещением оборудования и запорно-регулирующей арматуры внутри помещений).

При применении КНС заводского изготовления используются, как правило, однокорпусные схемы с емкостями из пластмасс, стеклопластика, металла, железобетона. Емкости КНС выполняют водонепроницаемыми, устойчивыми к всплыванию.

Пневматическая промывочная станция предназначена для подачи сжатого воздуха в сборные напорные трубопроводы. Периодическая подача сжатого воздуха производится для сокращения продолжительности пребывания сточной воды в системе; удаления отложений при воздушно-водной промывке с созданием высокой скорости потока в сборных напорных трубопроводах; для поступления кислорода в сточные воды и снижения интенсивности образования сероводорода в сточных водах.

Производительность пневматической промывочной станции рассчитывают на случай промывки наиболее протяженного участка напорного сборного трубопровода. При расчете считается, что перед промывкой участка весь объем полости напорного сборного трубопровода заполнен сточной водой. С учетом диаметра сборного напорного трубопровода на расчетном участке избыточное давление продувки $p_{\text{пр}}$, Па, определяют по формуле:

$$p_{\text{пр}} = \lambda \cdot \rho \cdot \frac{l_{\text{тр}} v^2}{2D} - \rho g l_{\text{тр}} i, \quad (2)$$

где λ – коэффициент потерь на трение по длине трубопровода;
 ρ – плотность сточных вод, кг/м³;
 $l_{\text{тр}}$ – длина части напорного сборного трубопровода, заполненной водой, м;
 v – скорость потока сточной воды, м/с;
 D – диаметр трубопровода, м;
 g – ускорение свободного падения, м/с²;
 i – уклон трубопровода.

Пневматическая промывочная станция оснащается компрессором и, при необходимости, дополнительно ресивером. Использование ресивера позволяет снизить мощность компрессора. Объем ресивера $V_{\text{рес}}$, м³, определяют по формуле:

$$V_{\text{рес}} = V_{\text{тр}} \cdot \frac{p_{\text{пр}} + p_{\text{а}}}{p_{\text{рес}} - p_{\text{пр}}}, \quad (3)$$

где $V_{\text{тр}}$ – объем продуваемой части сборного напорного трубопровода, м³;
 $p_{\text{пр}}$ – избыточное давление продувки, кПа;
 $p_{\text{а}}$ – атмосферное давление, кПа;
 $p_{\text{рес}}$ – давление воздуха в ресивере, кПа.

Продолжительность продувки составляет от 5 до 10 мин, с интервалами проведения продувок не более 4 ч, при этом скорость потока в трубопроводе предусматривается не менее 0,7 м/с.

При непосредственной подаче сжатого воздуха в сборный напорный трубопровод производительность компрессора $Q_{\text{комп}}$, м³/ч, определяют по формуле:

$$Q_{\text{комп}} = Q_{\text{пр}} \cdot \frac{p_{\text{пр}} + p_{\text{а}}}{p_{\text{а}}}, \quad (4)$$

где $Q_{пр}$ – требуемый расход воздуха, который необходим для поддержания минимальной скорости потока в продуваемой части сборного напорного трубопровода, м³/ч;

$p_{пр}$ – избыточное давление продувки, кПа;

p_a – атмосферное давление, кПа.

Трубопроводы напорной канализационной сети выполняются устойчивыми к химическому и биохимическому воздействию на материал трубы перекачиваемой сточной воды, а также воздействиям, вызванным внешними условиями; повышенной температуре (до 35 °С); механическому износу; внутреннему и внешнему давлению (до 1,0 МПа). Как правило, применяются напорные трубы из непластифицированного поливинилхлорида и полиэтилена.

Минимальный диаметр напорных трубопроводов принимают 65 мм. При использовании КНС с насосов с режущими устройствами допускается уменьшение диаметра до 50 мм. Для предотвращения заиливания минимальную скорость сточных вод принимают для отводящих и сборных напорных трубопроводов диаметром до 100 мм – 0,7 м/с, для сборных напорных трубопроводов диаметром свыше 100 до 150 мм – 0,8 м/с, для трубопроводов с диаметром свыше – 150 м/с.

Глубину заложения труб предусматривают с учетом предотвращения замерзания сточных вод в соответствии с требованиями СН 4.01.01 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» [3].

Установка запорной арматуры предусматривается на каждом присоединении линий сборных напорных трубопроводов. Запорную арматуру размещают в смотровых колодцах или при помощи монтажа вне колодцев.

Применение напорных систем канализации позволяет уменьшить диаметры трубопроводов и глубина их заложения, предотвращать газовую коррозию труб вследствие гидролиза примесей в сточной воде. В данном случае не требуется поддержание равномерного уклона трубопроводов и строительства большого количества линейных смотровых колодцев. Вместе с тем система включает большое количество КНС небольшой производительности, которые подключены параллельно к сети.

При этом напорная система канализации характеризуется как техническое решение, отработанное на практике, позволяющее расширить возможности по обустройству объектов водоотведения.

Список литературных источников

1. СН 4.01.02–2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения». – Минск, 2020.
2. Сайт предприятия WILLO SE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wilo.com/ru/ru/>.
3. СН 4.01.01–2019 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». – Минск, 2020.

Современные тенденции влияния сточных вод на гидроэкологическую ситуацию в Московском регионе

Долгов С.В.¹, Коронкевич Н.И.¹, Кашутина Е.А., Лукьянов К.В.¹, Алентьев Ю.Ю.¹

¹*Институт географии РАН, г. Москва, Россия, svdolgov1978@yandex.ru*

Резюме. На основе данных водохозяйственной статистики за 1995–2020 гг. установлены тенденции в изменениях водохозяйственной нагрузки на поверхностные водные объекты в Московском регионе. Выполнен анализ динамики объема загрязненных сточных вод в г. Москве, Московской области и соседних субъектах Российской Федерации. По 6 показателям (БПК_{полное}, нефтепродукты, аммоний, нитраты, медь, минерализация) дана оценка их изменениям в составе сточных вод.