

ПОЯСНЕНИЯ К ГЛАВЕ «НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ»



Сергей Березин,
генеральный директор
ЗАО «Водоснабжение и Водоотведение» (ВИВ)

С вводом в действие в 2013 г. СПЗ2.13330.2012 «Актуализированная редакция СНиП 2.04.03–85» вопросы, требовавшие пояснений, в основном относились к тем 10 пунктам главы «Насосные и воздухоудные станции», которые дополнили прежнюю, существовавшую почти 30 лет, редакцию СНиП 2.04.03–85. Поскольку вопросы по трактовке новых пунктов продолжают поступать, здесь сделана попытка прояснить их смысл по порядку изложения в Своде Правил (СП) относительно проектирования насосных станций.

Пункт 8.1.2 завершён абзацами:

«... Требования к компоновке и обустройству канализационных насосных станций с погружными насосами необходимо принимать согласно настоящим нормам, с учетом специфических особенностей, устанавливаемых изготовителями насосов. В частности, допускается не предусматривать установку резервных агрегатов с хранением их в помещении насосной станции при условии возможности их замены в течение 2 – 4 ч».

Уточняется это допущение в таблице 18 и примечании 3 к ней:

Таблица 18. Требования к числу резервных насосных агрегатов на насосных станциях разной категории и различных типов перекачиваемой жидкости

Бытовые и близкие к ним по составу производственные сточные воды				Агрессивные сточные воды	
Число насосов					
Рабочих	Резервных при категории надежности действия			Рабочих	Резервных при любой категории надежности действия
	первой	второй	третьей		
1	1 и 1 на складе	1	1	1	1 и 1 на складе
2	1 и 1 на складе	1	1	2–3	2
3 и более	2	2	1 и 1 на складе	4	3
–	–	–	–	5 и более	Не менее 50%

Примечание

«... 3. В насосных станциях, бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод, оборудованных погружными насосами погружной и (или) сухой установки количеством 3 и более, допускается хранить второй резервный насос на складе».

Действительно, затопление насосных станций не ведет к выходу из строя погружных насосов, поэтому нет смысла увеличивать площадь заглубленных насосных станций под второй резервный погружной агрегат. В ряде случаев такая мера обеспечит экономии капитальных затрат.

Пояснение по п. 8.2.3, в котором записано: *«Конструкция и габариты приемных емкостей насосных станций должны обеспечивать предотвращение условий образования в потоке перекачиваемой жидкости завихрений (турбулентности). Это может быть обеспечено заглублением всасывающего патрубка относительно минимального уровня жидкости не менее, чем на два его диаметра, но более чем на величину требуемого кавитационного запаса, устанавливаемого изготовителем насоса, а также обеспечением расстояния от створа всасывающего патрубка до точки входа жидкости в приемную емкость, либо до решеток, сит и пр. – не менее пяти диаметров патрубка. При параллельной работе в группе насосов с подачей каждого более 315 л/с рекомендуется предусматривать потоко-направляющие стенки между ними».*



Светлана Божьева,
ведущий инженер
ЗАО «Водоснабжение и Водоотведение» (ВИВ)



Россия, 127018
г. Москва
ул. Полковная, 1
тел.: +7 (495)
641-00-41
e-mail: info@pump.ru





Указанное заглубление относится [1, 2] к всасывающим патрубкам и конфузoram вертикального (рис. 1), горизонтального и наклонного расположений (рис. 2, 3) центробежных и осевых насосов – как обычных, так и погружных. Величина заглубления отсчитывается от уровня входа воды в патрубок. Для вертикально расположенного патрубка он совпадает с границей входа воды в патрубок, а для горизонтально и наклонно расположенных – находится в точке пересечения границы входа воды с осью патрубка/конфузора).

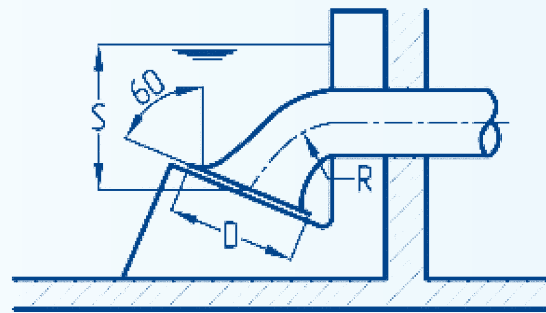


Рис. 3. Всасывающий патрубок наклонного расположения с пластиной для предотвращения завихрений потока под и за патрубком. Рекомендуется для подачи $Q = 1 - 5 \text{ м}^3/\text{с}$

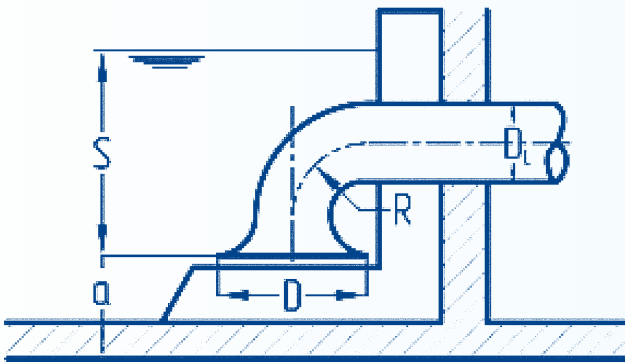


Рис. 1. Всасывающий патрубок вертикального расположения с прямоугольной пластиной для предотвращения завихрений потока под и за патрубком. Рекомендуется для подачи $Q = 0,5 - 1,0 \text{ м}^3/\text{с}$

Для насосов с меньшими подачами патрубков всасывания может располагаться на границе (рис.2) перегородки между сухим и мокрым отделениями насосной станции.

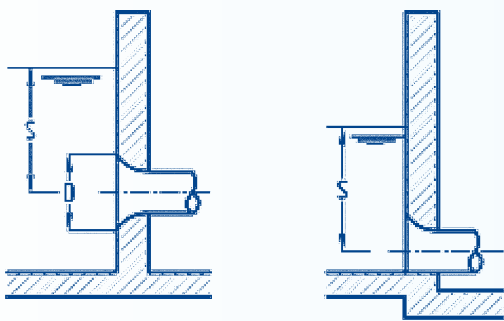


Рис. 2. Варианты исполнения горизонтального всасывающего патрубка, применяемые при подаче $< 500 \text{ л/с}$

Величина заглубления S патрубка всасывания определяется по классическому уравнению $S = D(1 + 2,3F)$ (1), где D – диаметр всасывающего патрубка на границе входа воды, м; V – скорость воды там же, м/с; F – число Фруда, определяемое по формуле $F = V/(gD)^{0,5}$ (2), где g – ускорение свободного падения м/с².

Эти классические уравнения показывают, что параметры, входящие в расчет S и F , не зависят от типа, марки, исполнения насоса и не происходят из его кавитационной характеристики. Величина заглубления, подсчитываемая по формуле (1) – это одна величина. Требуемый кавитационный запас $NPSHR$ – другая, определяемая и гарантируемая изготовителем насоса. Специалисты обязаны сравнивать обе эти величины и в качестве размера заглубления устанавливать большую из них.

Из уравнений (1) и (2) видно также, что при увеличении D снижается V и, соответственно, S – заглубление. Этим можно воспользоваться, применив при низком уровне в приемной емкости всасывающий патрубок с расширенным по горизонтали входом прямоугольной (рис. 4) или овальной форм. Для прямоугольных входов D подсчитывается по формуле $D = (4/\pi WH)^{0,5}$ (3), где H – высота, м; W – ширина патрубка на входе воды, м; π – число Пифагора.

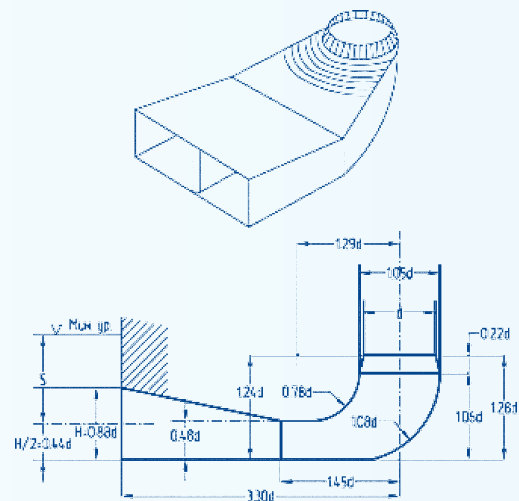


Рис. 4. Расширенный прямоугольный вход специальной формы способствует снижению требуемой величины заглубления, а также выравниванию скоростей потока к насосу

Манипулируя величинами H и W , можно добиться снижения требуемого уровня заглубления всасывающего патрубка с $2D$, рекомендуемого п. 8.2.3 свода правил, до одного размера всасывающего патрубка насоса (рис. 5), т. е. $S = D$.

Разумеется, любое увеличение сечения всасывающего патрубка насоса увеличит капитальные затраты, и порой существенно. Но удешевление за счет занижения его размеров, как правило, резко увеличивает эксплуатационные затраты, обусловленные экономичностью, износостойкостью, надежностью агрегата, что обычно дороже. Поэтому сравнивать насосы лишь по цене ошибочно, в том числе и в угоду импортозамещению. Как заявил в этой связи (<http://www.rbc.ru/economics/02/02/2016/>) заместитель главы Минэкономразвития Е. Елин: «Протекционистские меры, запреты и ограничения на госзакупки иностранных товаров в 2015 г. привели к росту цен в сфере госзакупок более чем на 40 % и приведут к снижению качества продукции».

Универсальным и проверенным методом сравнения любой техники является совокупная стоимость пользования в течение ее жизненного цикла, что выражено в деньгах, а не в баллах, как популярно в России. Настоятельно рекомендуем вносить в конкурсную документацию на поставку, энергосервис, на «под ключ» и пр. пункт о необходимости предоставления расчета величины совокупной стоимости владения [3]. Проект Положения о закупках для водоканалов (информ. бюл. РАВВ № 52 от 14.05.15) содержит критерий жизненного цикла. Федеральная Антимонопольная служба (ФАС) письмом от 21.08.15 дала следующую оценку этому документу: «Создание положения о закупках товаров, работ, услуг для нужд организаций водоснабжения и водоотведения является одним из примеров лучшей практики унификации закупочных процедур».

Во избежание ускоренного износа насоса жидкость должна поступать во всасывающий патрубок ровным, без завихрений, однородным, лишенным пузырей воздуха, потоком. Поэтому в п. 8.2.3 регламентировано минимальное расстояние от всасывающего патрубка до входа воды в приемную емкость и до решеток, сит и пр., как $5D$. Это особенно важно для крупных расходов. Отсюда рекомендация: предусматривать потоконаправляющие стенки между всасывающими патрубками параллельно работающим насосам с единичной подачей более 315 л/с, значение которой [4] определено многочисленными экспериментами.

Пункт 8.2.3 предусматривает обеспечение расстояния от створа всасывающего патрубка до точки входа жидкости в приемную

емкость либо до решеток, сит и пр. – не менее пяти диаметров патрубка. Прочие размеры в приемном резервуаре удобно определять по диаграмме, приведенной на с. 73 книги [5].

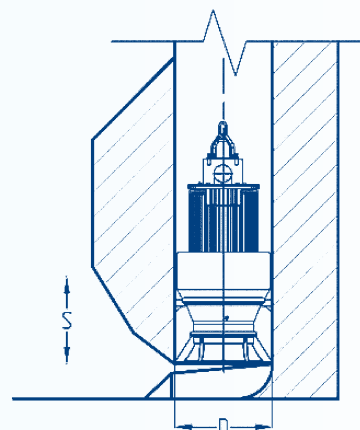


Рис. 5. Расширенный вход прямоугольной формы позволяет снизить S до размера диаметра всасывающего патрубка насоса. Под патрубком размещен струенаправляющий элемент для успокоения потока

При конструировании нестандартных или крупных насосных станций проводить гидравлические испытания на моделях. Альтернативой гидравлическим являются цифровые модели, создаваемые компьютерами с помощью имитирующих гидродинамику программ.

В качестве примера представлен объект моделирования, выполненный специалистами **компании «ВИВ» и МГТУ им. Н. Э. Баумана**, – насосная станция производительностью 480000 м³/сут., диаметром 26 м, глубиной 13 м, разделенная на два независимых отделения, оборудованная 8-ю погружными насосными агрегатами. Оценивалась эффективность проектного решения методами вычислительной гидродинамики.

В качестве исходной модели была выдана 3D-модель насосной станции.

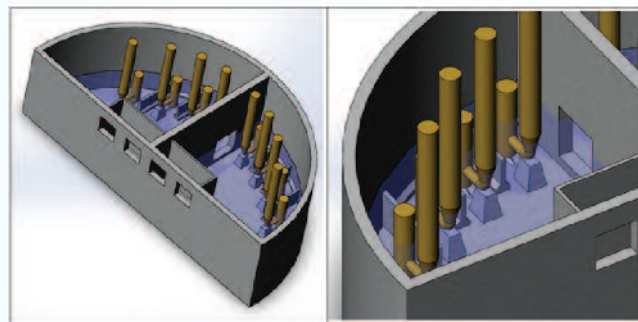


Рис. 6. 3D-модель насосной станции

Для проведения расчетов использовался программный пакет STAR-CCM+.



Граничные условия представили три величины:

- давление на верхней стенке модели, равное атмосферному;
- скорость на входе в станцию;
- скорость на входе в насос.

Скорость на входе в насос задавалась как совокупность окружной и осевой составляющих. При этом окружная составляющая характеризовала закрутку потока на входе в насос (закрутка потока за счет вращения рабочего колеса), а осевая – расход по нормали к входному сечению.

Результаты моделирования приведены в виде картин течения жидкости в насосной станции при разных режимах работы.

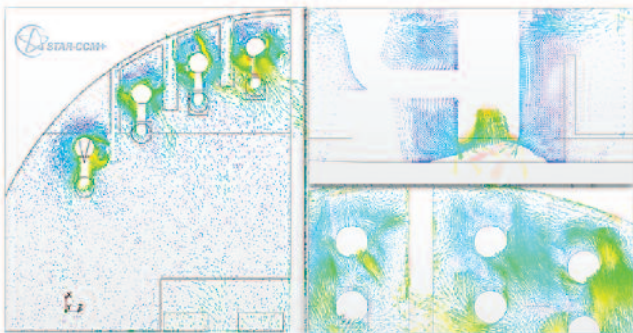


Рис. 7. Распределение скорости вблизи насосных агрегатов (в плане п. н. 4, 5, 6 и в разрезе № 2) при уровне воды 2 м и шести включенных насосах (п. н.: 1...6)

На **рис. 7** хорошо видны небольшие вихри, вызванные изменениями направления движения воды в проеме и вокруг напорных трубопроводов и насосных агрегатов. Но развития вглубь станции эти вихри не имеют, уровень воды (2 м) достаточен для предотвращения воронкообразования.

У расположенного на удалении от проема насоса № 2 распределение скорости во входе осесимметричное, подвод воды осуществляется правильно. Отмечено также, что тип и размеры потоков направляющих элементов, установленных на дне резервуара под всасывающими насосными агрегатами, выбраны правильно, обеспечивая выравнивание потока на входе в насос.

Результаты моделирования подтверждают правильность основных проектных решений, принятых по рассматриваемой КНС. Дополнительно предложены меры для улучшения условий эксплуатации насосной станции, включая корректировку положения отдельных конструктивных элементов станции, разработку регламента очистки застойных зон и пр.

Пункт 8.2.5 СП содержит: «... При количестве напорных трубопроводов от насосной станции первой категории надежности дей-

ствия два и более предусматривать между ними, при необходимости и значительной протяженности трубопроводов (более 2 км), переключения, расстояние между которыми принимается исходя из пропуска при аварии на одном из них 100 %, а при наличии аварийного выпуска – 70 % расчетного расхода. При этом учитывать возможность использования резервных насосов и переключений между трубопроводами».

Введение данного правила позволит при подборе насосов избежать существенного различия между величинами номинальных и аварийных напоров (рис. 8). А чем больше это различие, тем скорее изнашивается насосный агрегат, так как будучи подобранным под параметры работы в аварийный период вывода из строя одного из напорных водоводов, основную часть времени он эксплуатируется вне оптимума.

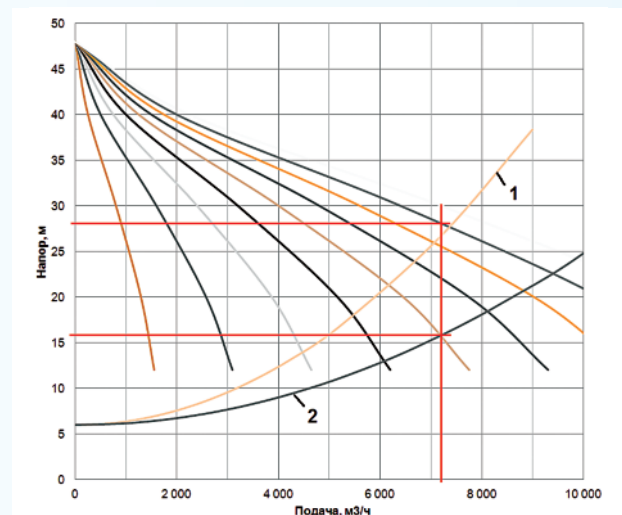


Рис. 8. Совместные характеристики работы насосов на один и два протяженных водовода. Номинальный напор 16 м значительно ниже аварийного (1) – 27 м, на который подбираются насосы, что приводит к износу и увеличению энергопотребления

Согласно п. 8.2.20, «Диаметр всасывающего трубопровода рекомендуется предусматривать, как правило, более всасывающего патрубка насоса. Расстояние от всасывающего патрубка насоса до близлежащего фитинга (отвода, арматуры) должно быть не менее пяти диаметров трубы. Переходы для горизонтально расположенных всасывающих трубопроводов должны быть эксцентричными с прямой верхней частью во избежание образования в них воздушных полостей. Всасывающий трубопровод должен иметь непрерывный подъем к насосу не менее 0,005».

При расстоянии участка свободной от фитингов всасывающей трубы менее 5-ти ее диаметров повышается износ насоса ввиду турбулентности входящего потока, вызывающей скачки давления и вибрацию. В ряде случаев это требование вызовет увеличение размеров насосных станций по горизонтали и, соответственно, возрастание капитальных затрат. Но затраты от ускоренного износа весомее, и правильное проектирование всасывающей линии (**рис. 9**) даст возможность их избежать.

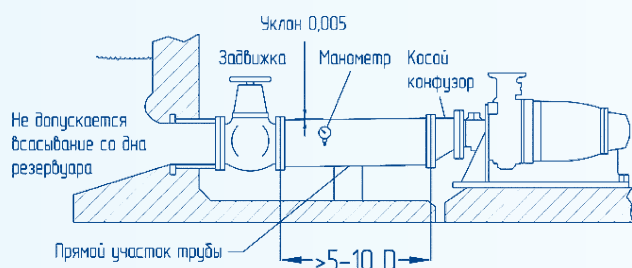


Рис. 9. Правильная компоновка всасывающей линии насоса

В России энергозатраты на производство 1 м³ воды в разы выше [3], чем в развитых странах. Большая часть энергопотребления в водопроводно-канализационном хозяйстве приходится на насосное оборудование.

Специалисты компании «Водоканал Санкт-Петербурга» опубликовали [6] результаты измерений по множеству канализационных насосных станций (КНС) города на Неве. Согласно табл. 1 (это упрощенный вариант таблицы из [6, стр. 25]), перерасход энергопотребления КНС составляет от 31 до 200 %.

«В целом, обследование показало», – пишут авторы [6], – «основные причины роста затрат на эксплуатацию КНС; рост в 2 раза внеплановых затрат на техническое обслуживание и ремонт; увеличение энергопотребления ввиду физического износа и изменения режима поступления сточных вод. По указанным причинам при гидравлической потребности районных КНС в электроэнергии 2 млн. кВт*ч/год фактическая потребность составляет до

6 кВт*ч/год». Образцовое признание образцового водоканала!

Эксплуатировать КНС с насосами, «передающими» от 30 % энергии, нецелесообразно. Очевидно, для энергосбережения КНС можно сделать следующее: 1) заменить насосы на новые; 2) заменить в насосах рабочие колеса на соответствующие гидравлике системы; 3) предотвратить попадание в насосы засоряющих веществ применением решеток – дробилок.

Второй и третий способы представляются более рациональными и взаимодополняющими. Действительно, пропускная способность, КПД и износостойкость более сохраняются у тех насосов, которые качают стоки с предварительно измельченными отходами, что предусмотрено п. 8.2.10 СП. Применение дробилок помогает удалению на КНС запаха, а также способствует уменьшению численности персонала.

Вывод. В Своде правил СП 32.13330.2012 «Канализация. Наружные сети и сооружения» учтены значительные изменения, которые произошли в развитии оборудования канализационных насосных станций за почти 30 лет действия СНиП 2.04.03.85. Новый документ содержит трактовку ряда понятий и величин, использование которых способствует повышению надежности и экономичности проектируемых и действующих насосных станций.

Литература

1. Березин С. Е., Мирончик Г. М. О предлагаемых дополнениях в СНиП 2.04.02-84 и 2.04.03-85. «ВСТ», № 11, 2011.
2. Sulzer Centrifugal Pump Handbook Norfolk Elsevier, 1998, 270 с.
3. Березин С. Е. Цена или энергозатраты? Выбор оборудования на конкурсах должен осуществляться по совокупной стоимости пользования. Журнал «НДТ», № 2, 2015 г.
4. American National Standard for Pump Intake Design. ANSI/HI, 1998, 41 с.
5. Березин С. Е. Насосные станции с погружными насосами. Расчеты и конструирование. М.: Стройиздат, 2008. 160 с.
6. Кармазинов Ф. В. и др. Техническое обследование насосных станций системы водоотведения Санкт-Петербурга:// ВСТ. 2013, № 1, с. 20 – 28.

Таблица 2. Гидравлически требуемое и фактическое энергопотребление ГКНС и КНС г. Санкт-Петербург

Показатели энергопотребления КНС	ГКНС			Районные КНС, 134 шт.
	ССА	ЦСА	ЮЗОС	
Гидравлическая потребность W, млн. кВт*ч/год	67	37	13	2
Фактическая потребность W, млн. кВт*ч/год	99	57	17	6
Перерасход энергии ввиду износа, засоров, протечек, %	48 %	54 %	31 %	200 %

