



П. В. Сперанский, канд. техн. наук, директор по техническому обучению ООО «ВИЛО РУС»
С. П. Сперанский, студент АСИ-422 ЮУрГУ

ОБВЯЗКА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Вопросам обвязки центробежных насосов посвящено немало технической литературы, начиная от классических учебников и заканчивая нормативной документацией. Общеизвестно, что конфигурация обвязки, в первую очередь всасывающей линии, оказывает существенное и зачастую критичное влияние на стабильность работы центробежных нагнетателей. При этом достаточно сложно найти реальный объект, где не были бы допущены нарушения в устройстве трубопроводов, выборе и размещении арматуры. Авторы статьи провели анализ отечественной и зарубежной нормативной документации, а также рекомендаций производителей насосного оборудования для выработки оптимальной схемы обвязки центробежных насосов, учитывая в т. ч. собственный опыт работы с нагнетателями.

Рекомендуемые скорости движения жидкости в трубопроводах

Выбор диаметров всасывающих и напорных трубопроводов и, как следствие, типоразмеров арматуры осуществляется на основании соответствующих требований нормативной документации и технико-экономической целесообразности.

Рассмотрим существующие требования для различных инженерных систем наружного водоснабжения. Согласно СП 31.13330.2021 [1], скорости движения воды во всасывающих и напорных трубопроводах следует принимать по табл. 1.

В системах напорной наружной канализации СП 32.13330.2018 [2] устанавливает для хозяйственно-бытовых стоков только минимальное

Таблица 1

Рекомендуемые скорости движения воды во всасывающих и напорных линиях (табл. 23, СП 31.13330.2021)

Диаметр труб, мм	Скорости движения воды в трубопроводах насосных станций, м/с	
	всасывающие	напорные
До 250	0,6–1,0	0,8–2,0
Свыше 250 до 800	0,8–1,5	1,0–3,0
Свыше 800	1,2–2,0	1,5–4,0

значение скорости в 1 м/с, обеспечивающее исключение отложений в трубопроводах. Это, однако, не указывает на отсутствие верхнего предела, который определяется гидравлическими потерями, истиранием трубопроводов твердыми включениями, шумом и т. д. В качестве ориентира вполне можно принять рекомендации учебной технической литературы – 1,5 м/с. В системах отопления зданий скорость подбирается в зависимости от шумовых требований, согласно СП 60.13330.2020 [3] (табл. 2):

В наружных тепловых сетях скорости не нормируются [4] и определяются технико-экономическими расчетами. Согласно нормативам Института гидравлики США [5], на которые опираются многие страны:

- максимальная скорость в любой точке всасывающей линии не должна превышать 2,4 м/с;
- максимальная скорость в любой точке напорного трубопровода не должна превышать 4,5 м/с.

Рассчитаем теперь фактические скорости жидкости в патрубках насосов при номинальной подаче на примере оборудования одного из европейских производителей, изготавливаемого

по общепринятым международным стандартам (табл. 3).

Сопоставив полученные значения с требованиями СП, можно заключить, что в подавляющем большинстве случаев (за исключением бытовых насосов) диаметры подводящих и напорных трубопроводов будут больше диаметров соответствующих патрубков насосов. Это неизбежно влечет за собой установку переходов между насосом и трубопроводами.

При этом в нормативной документации и в инструкциях заводов-изготовителей насосов зачастую присутствуют требования организации прямолинейного участка трубопровода непосредственно перед насосом. Очевидно, что на этом отрезке скорость будет существенно превышать нормативные значения. Также его наличие значительно увеличивает габариты насосной станции, провоцируя заказчиков пренебречь данным требованием.

Все это порождает массу спорных ситуаций: кто-то устраивает прямолинейный участок с завышенными скоростями и арматурой заниженного сечения, кто-то устанавливает переходы у насоса, нарушая таким образом

Таблица 2

Допустимая скорость движения тепло- хладоносителя в трубопроводах (табл. И.1 СП 60.13330.2020)

Допустимый эквивалентный уровень шума, дБА	Допустимая скорость движения воды, м/с, в трубопроводах при сумме коэффициентов местных сопротивлений узла отопительного прибора или трубопроводного узла с арматурой, приведенных к скорости теплоносителя в трубах				
	До 5	До 10	До 15	До 20	До 30
25	1,5/1,5	1,1/0,7	0,9/0,55	0,75/0,5	0,6/0,4
30	1,5/1,5	1,5/1,2	1,2/1,0	1,0/0,8	0,85/0,65
35	1,5/1,5	1,5/1,5	1,5/1,1	1,2/0,95	1,0/0,8
40	1,5/1,5	1,5/1,5	1,5/1,5	1,5/1,5	1,3/1,2

Примечания

1. В числителе приведена допустимая скорость теплоносителя при применении шаровых кранов, в знаменателе – при применении вентилях и регулирующей арматуры.
2. Скорость движения воды в трубах, прокладываемых через несколько помещений, следует определять, принимая в расчет:
 - а) помещение с наименьшим допустимым эквивалентным уровнем шума;
 - б) арматуру с наибольшим коэффициентом местного сопротивления, устанавливаемую на любом участке трубопровода, прокладываемого через это помещение, при длине участка 30 м в обе стороны от помещения.

Таблица 3

Скорости движения жидкости в патрубках центробежных насосов

Наименование насоса	Скорость во всасывающем патрубке, м/с	Скорость в напорном патрубке, м/с
Бытовой циркуляционный насос с мокрым ротором	0,84	0,84
Вертикальный одноступенчатый in-line-насос	2,65	2,65
Консольный моноблочный насос	2,71	4,24
Насос двустороннего входа	4,37	5,52
Канализационный насос консольного типа моноблочного исполнения	5,66	5,66

требования по отсутствию местных сопротивлений на входе в насос. К сожалению, отечественная нормативная документация не дает внятных ответов, внося еще больше противоречий в данный вопрос.

Сравним редакции СП по наружной канализации за 2012 и 2018 годы.

СП 32.13330.2012 «Канализация. Наружные сети и сооружения»:

«8.2.21. ...Расстояние от всасывающего патрубка насоса до близлежащего фитинга (отвода, арматуры) должно быть не менее пяти диаметров трубы...».

СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения»:

«8.2.21. ...Длина прямого участка всасывающего патрубка от перехода (конфузора) до близлежащего фитинга (отвода, арматуры) должна быть не менее пяти диаметров патрубка...».

Как видим, до 2018 года прямолинейный участок должен был располагаться непосредственно у насоса. Теперь же требуется сначала устанавливать конфузор, а прямолинейный

участок монтировать перед ним. При этом действующий СП по наружному водоснабжению предлагает устаревший вариант формулировки данного пункта: «Расстояние от всасывающего патрубка насоса до близлежащего фитинга (отвода, арматуры) должно быть не менее пяти диаметров трубы».

Чтобы разобраться, обратимся к нормативам Института гидравлики США [5], где данному вопросу уделяется максимум внимания. Согласно данному документу (перевод с оригинала выполнен авторами статьи), должна применяться определенная схема обвязки (рис. 1): «Между всасывающим патрубком насоса и ближайшим фитингом следует предусматривать прямой участок трубы того же диаметра, что и всасывающий патрубок... Требования по максимально допустимой скорости к данному участку не применяются...».

В отличие от отечественных нормативов, длина прямолинейного участка L_2 принимается вариативно в зависимости от вида ближайшего местного сопротивления, согласно таблице, фрагмент которой приведен на рис. 2.

Из таблицы следует, что для некоторых местных сопротивлений длина прямого участка составляет 0 диаметров трубопровода, то есть прямой участок не нужен. К таким сопротивлениям относятся полнопроходная запорная арматура (например, шаровый кран) и, самое главное, концентрические и эксцентрические переходы с углом раскрытия менее 20°.

Таким образом, используя плавный конфузор на входе в насос, можно сразу перейти к трубопроводу большего диаметра и выполнить требование по скоростям. Однако это ни в коей мере не позволяет отказаться от выравнивания потока на входе. Согласно тому же стандарту [5]: «Если разрешенный фитинг присоединен непосредственно к насосу, то между ним и следующим фитингом необходимо предусматривать

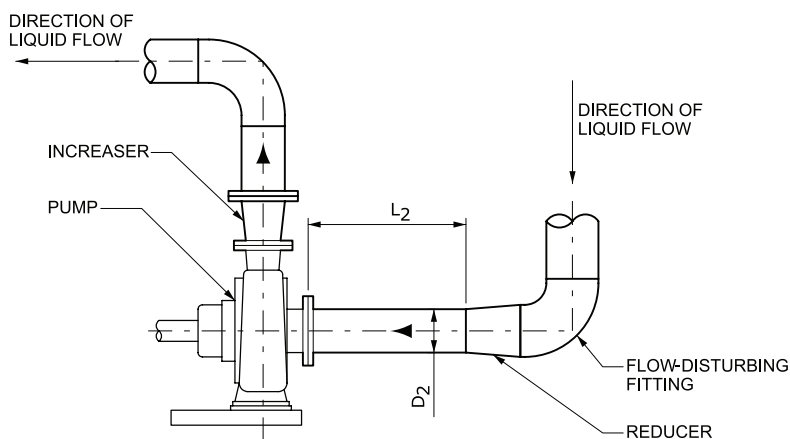


Figure 9.6.6.3.3a — General example – pump suction with a required L_2 length from a flow-disturbing fitting

Рис. 1. Расположение прямолинейного участка на всасывающей линии

Table 9.6.6.3.2 — Minimum required straight pipe length (L_2) before pump suction inlet (refer to Figures 9.6.6.3.3a - i)

Fitting	Number of pipe diameters ^{a,b}		Comments
	Long radius	Short radius	
90° elbow	4	5	For double suction pumps, add one pipe diameter if the elbow and pump shaft are in the same plane.
Reducing elbow with < 30% area reduction	3	4	
Reducing elbow with 30% to < 50% area reduction	2	3	
Reducing elbow with > 50% area reduction	0	1	
Reducers			
	Concentric	Eccentric	
1 pipe size reduction	0 (<10°) ^c	0 (<20°) ^c	
2 pipe size reductions	0 (<20°)	1 (<30°)	
3 pipe size reductions	1 (<20°)	2 (<30°)	
4 pipe size reductions	2 (<20°)	3 (<40°)	
5 pipe size reductions	3 (<30°)	4 (<40°)	
≤ 45° lateral	4		
Tee, branch flow, > 45°	5		
Continuous-bore valve (100% open)	0		(Ball and gate valves)
Eccentric plug valve - rectangular 80% port	4		
Eccentric plug valve - rectangular 100% port	3		
Butterfly valve ^d	2		

Рис. 2. Минимальные требуемые длины прямых участков

прямой участок... Если присоединено несколько смежных фитингов, то необходимо ориентироваться на фитинг, требующий максимального числа диаметров...» (рис. 3).

Длину прямого участка следует определять по той же таблице на рис. 2. Только теперь в расчет принимается диаметр трубопровода, а не всасывающего патрубка. Остальные элементы обвязки, как правило, не вызывают вопросов. Насос должен быть оборудован запорной арматурой на входе (за исключением работы в режиме всасывания) и выходе, обратным клапаном на напорном трубопроводе до запорной арматуры.

Конфигурация напорного трубопровода мало влияет на сам насос, однако для снижения гидравлических потерь, уровня шума и вибраций рекомендуется предусматривать плавный концентрический диффузор и небольшой прямолинейный участок. Применение виброизолирующих вставок должно осуществляться в соответствии с требованиями СП и реальной потребностью в их установке.

Нельзя забывать, что помимо положительного эффекта вибровставки снижают надежность системы, поскольку нередки их разрывы на

объектах. Особое внимание должно уделяться креплению трубопроводов и арматуры; основное правило – вес и усилия от элементов обвязки не должны передаваться на фланцы насоса.

Подводя итог вышеизложенному, для наиболее сложных условий эксплуатации при невысоком абсолютном давлении на входе в насос

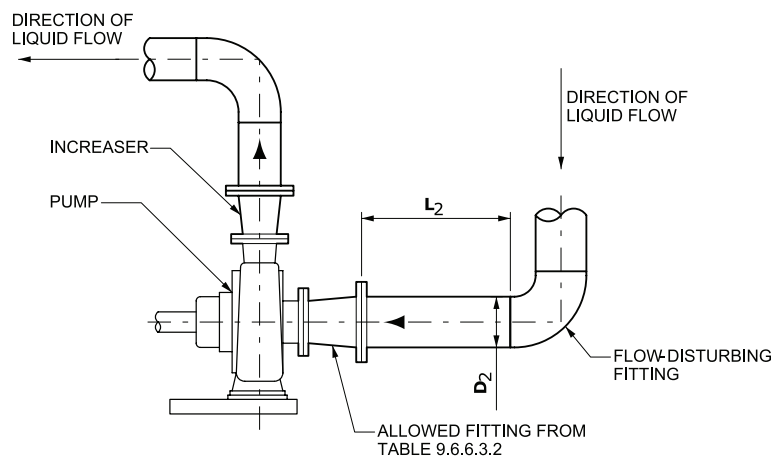


Figure 9.6.6.3.3b — General example – pump suction with an allowed fitting connected directly and a required L_2 length from a flow-disturbing fitting

Рис. 3. Схема обвязки насоса с плавным конифузором на входе

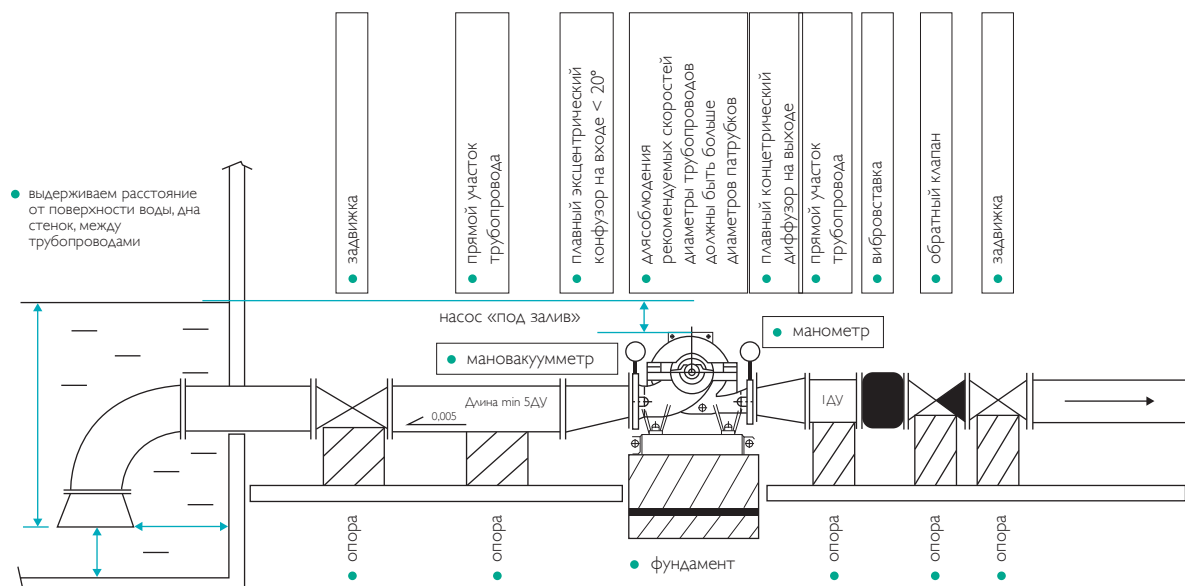


Рис. 4. Рекомендуемая схема обвязки центробежного насоса

можно рекомендовать схему обвязки, показанную на рис. 4.

В системах, не имеющих потенциала для скапливания воздуха перед насосом, например в системах теплоснабжения, на входе в насос рекомендуется устанавливать концентрический переход. В системах бытового водоснабжения, отопления, теплоснабжения возможны некоторые отклонения от приведенной схемы: сокращение или полный отказ от прямолинейных участков, применение более коротких крутых переходов и т. п. Негативные последствия таких решений должны быть оценены на стадии проектирования.

Литература

1. СП 31.13330.2021 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения СНиП 2.04.02-84*».
2. СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.03-85» (с Изменениями № 1, 2).
3. СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха СНиП 41-01-2003» (с Поправкой, с Изменением № 1).
4. СП 124.13330.2012 «Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003» (с Изменениями № 1, 2, 3).
5. ANSI/HI 9.6.6-2016 Rotodynamic pumps for pump piping.