

Проектирование водопроводных сетей: алгоритмизация выбора решений

Г. А. Самбурский,
ТК 343 «Качество
воды» Росстандарта,
Российская ассоциация
водоснабжения
и водоотведения

В. С. Ткаченко,
Ассоциация
производителей
трубопроводных систем

С. Л. Черкашин,
ГК «Полипластик»



На основании проведенного авторами исследования представлена методическая основа проектирования водопроводных сетей. Предложен суммарный балльный показатель характеристики сетей из различных материалов, используемый при оценке проектов в части эффективности технологических решений. Разработан табличный алгоритм выбора материала и технологии для различных задач построения трубопроводной системы.

Описанная разработка выполнена в целях интеграции в Справочник перспективных технологий водоподготовки и очистки воды для формирования универсальных подходов к оценке технологии нового строительства или модернизации трубопроводных систем в рамках реализации федерального проекта «Чистая вода».

Водопроводные сети играют существенную роль в вопросах поддержания качества питьевой воды на пути от сооружений водоподготовки до потребителя. В составе мероприятий, направленных на модернизацию водозаборных узлов и очистных сооружений водоснабжения в рамках реализации федерального проекта «Чистая вода», обязательно следует предусматривать совершенствование и обновление трубопроводной инфраструктуры. Такие проекты, на наш взгляд, должны быть неотъемлемой частью выполнения региональных проектов в области повышения качества централизованного питьевого водоснабжения.

В обсуждаемом контексте одной из задач, которые необходимо решить для оптимизации проектной практики, является дополнение действующего Справочника перспективных технологий водоподготовки и очистки воды¹ (далее – Справочник) описанием требований к трубопроводной инфраструктуре. В рамках настоящей статьи авторы сформулировали тезисы, которые должны быть основой для формирования раздела Справочника в области трубопроводного хозяйства.

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ СОСТАВ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Водопроводные сети являются линейными объектами капитального строительства, их проектирование должно соответствовать постановлению Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию». Основные требования к проектной и рабочей документации определяет ГОСТ Р 21.1101, к графической части проектной документации – ГОСТ 21.704 и ГОСТ 21.110.

Рекомендуемый состав проектной документации *на строительство*:

- 1) пояснительная записка;
- 2) проект полосы отвода;
- 3) проект организации строительства;
- 4) мероприятия по охране окружающей среды;
- 5) смета на строительство.

Состав проектной документации по требованию технического заказчика может дополняться в зависимости от условий конкретного объекта.

В качестве приложений к проектной документации отдельными томами могут быть представлены «Отчет об инженерных изысканиях» (геологические, геодезические, экологические изыскания), «Проект технологического регламента обращения со строительными отходами» (с предполагаемым объемом строительных отходов, без согласований) и «Схема организации дорожного движения на период строительства» (предполагаемая схема, без согласований).

Рекомендуемый состав проектной документации *на реконструкцию*:

- 1) пояснительная записка;
- 2) технологические и конструктивные решения;
- 3) проект организации строительства;
- 4) проект организации работ по сносу (демонтажу) линейного объекта;
- 5) мероприятия по охране окружающей среды;
- 6) смета на строительство;
- 7) временная система водоснабжения (при необходимости).

По заданию технического заказчика проектная документация на реконструкцию может быть выполнена в *сокращенном* составе:

- 1) пояснительная записка (с описанием технологических и конструктивных решений, обоснованием выбора аналога для составления сметы, сопоставимого с проектируемым объектом);
- 2) проект организации строительства;
- 3) смета на строительство (при условии, что все необходимые затраты будут учтены в сметной документации, могут быть использованы объекты аналоги).

В сокращенном составе проектная документация не может рассматриваться в качестве проекта-аналога, а также проходить (в случаях, установленных Градостроительным кодексом РФ) государственную экспертизу. Ряд общих данных и обоснование требований в области проектирования трубопроводных сетей представлены в табл. 1.

¹ Документ размещен на сайте Минстроя России: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/18725/> – Примеч. ред.

Таблица 1. Особенности проектирования водопроводных сетей

Параметр	Особенности проектирования водопроводных сетей с применением		
	полиэтиленовых труб	ВЧШГ труб	стальных электросварных прямошовных труб
Рекомендуемый выбор трубы	Для строительства и реконструкции сетей водоснабжения с толщиной внешнего слоя или защитной оболочки не менее 10 % от толщины стенки несущей трубы	Водопроводные сети условным диаметром от 500 мм и более	Строительство и реконструкции сетей водоснабжения диаметром 1000 мм и более, при условии технико-экономического обоснования, с обязательным устройством электрохимической защиты
Срок службы сетей из таких труб	В течение 100 лет при соблюдении правил эксплуатации согласно PAS 1075	В течение не менее 100 лет при соблюдении правил эксплуатации согласно СП 66.13330	Не менее 30 лет при соблюдении правил эксплуатации.
Допустимая рабочая температура и давление водопроводной воды	До 40 °С (с кратковременным повышением до 60 °С), давление – до 1,6 МПа	До 95 °С, давление – до 4,0 МПа	До 95 °С, давление – до 4,0 МПа
Требования экологической безопасности питьевой воды	Полное соответствие	Полное соответствие	Ограниченное соответствие
Требования к испытаниям	PAS 1075, ISO 9080, ISO 16770 в независимой аттестованной испытательной лаборатории	По ГОСТ Р ИСО 2531, ГОСТ 1497, ГОСТ 27208, DIN EN 545 в аттестованной испытательной лаборатории	В соответствии с разделами 7-9 СП 33.13330
Проектные решения для прокладки сетей	С учетом СП 399.1325800, СП 40-102, СН 550, СП 31.13330 и СНиП 3.05.04	С учетом положений СП 24.13330, СП 31.13330, СП 66.13330, СП 72.13330, СНиП 3.05.04.	С учетом положений СП 24.13330, СП 31.13330, СП 33.13330, СП 72.13330, СНиП 3.05.04.
Бестраншейная укладка	Возможна. Опыт широкого применения	Возможна, необходимо предусматривать трубы с раструбами соединениями типов «RJ» и «RJS»	Применяется
Гидравлический и прочностной расчеты	В соответствии с СП 399.1325800, Приложением Д к СП 40-102.	В соответствии с разделами 5, 6 СП 66.13330	С учетом требований СП 31.13330
Трубы и фасонные изделия	Соответствие ГОСТ 18599, ГОСТ Р ИСО 3126, DIN 8074, DIN 8075, DINEN 12201. Для соединения изделий следует использовать сварку согласно СНиП 3.05.04 Разъемные (фланцевые) соединения согласно СП 40-102 предусматриваются в местах установки арматуры и присоединения к оборудованию, доступных для осмотра и ремонта	Соответствие ГОСТ 7293, ГОСТ 5525, ГОСТ 10692, ГОСТ Р ИСО 2531 и DINEN 545	Соответствие ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент

Окончание таблицы 1

Параметр	Особенности проектирования водопроводных сетей с применением		
	полиэтиленовых труб	ВЧШГ труб	стальных электросварных прямошовных труб
Допустимая глубина заложения	Выбор трубы необходимо подтвердить расчетом несущей способности	Выбор трубы необходимо подтвердить расчетом несущей способности	Выбор трубы необходимо подтвердить расчетом несущей способности
Проектирование, подбор и расчет наружных и внутренних защитных покрытий	Исключение передачи нагрузки на водопровод при неравномерной осадке пересекаемого сооружения. В общем случае не требуется. Для скальных и сложных грунтов, обратной засыпке мелкообломочными породами – согласно СП 399.1325800.2018	В соответствии с 5.14 СП 66.13330, согласно требованиям ГОСТ Р ИСО 2531	Внутреннее покрытие: следует использовать двухкомпонентную эпоксидную эмаль, либо эпоксидно-фенольное полимерное покрытие, либо цементно-песчаное покрытие Наружное: соответствовать ГОСТ Р 51164, тип защитного покрытия – усиленный (ВУС)
Анализ коррозионной агрессивности грунтов в месте прокладки труб	Не требуется	Согласно 5.13 СП 66.13330	ГОСТ 9.015-74
Определение удельного электрического сопротивления грунта, тип электрохимической защиты	Не требуется	По ГОСТ 9.602 Станции катодной защиты являются необходимым элементом системы электрохимической защиты от коррозии в зонах входа блуждающих токов в подземные сооружения	По ГОСТ 9.602 Станции катодной защиты являются необходимым элементом системы электрохимической защиты от коррозии в зонах входа блуждающих токов в подземные сооружения
Определение опасного влияния блуждающего постоянного тока	Не требуется	ГОСТ 9.602 и РД 15 3-39.4-091	ГОСТ 9.602 и РД 153-39.4-091
Требования к основанию под трубопроводы	В соответствии с СП 399.1325800, СП 45.13330	В соответствии с СП 66.13330, СП 45.13330	В соответствии с СП 45.13330

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ РЕШЕНИЯ С УЧЕТОМ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Выбор решений для проектирования водопроводных сетей основывается на группировке объектов, принятых в рамках Справочника. Водопроводные сети являются неотъемлемой составляющей процесса централизованного питьевого водоснабжения. Основой для проектирования сетей являются данные об инвентаризации, которая осуществляется с использованием ГОСТ Р 59495-2021 «Качество воды. Системы водоснабжения наружные. Требования к графическому отображению основных структурных элементов и технологических связей между ними».

Статистика износа водопроводных сетей, зачастую, мало информативна и предлагает некий набор бухгалтерских данных (амортизация), на которых основывается долгосрочная политика замены. В связи с этим вновь построенные сети должны обеспечивать:

- проектный срок службы – 50 лет и более;
- большой потенциал доступности ремонта трубопроводных систем;
- надежность трубопроводных систем водоснабжения, с точки зрения сроков безаварийной эксплуатации для различных диаметров;
- минимальное влияние факторов окружающей среды на целостность трубопровода при его штатной эксплуатации;
- нормативную обеспеченность требований к монтажу трубопроводных систем и требований к квалификации процесса монтажа при новом строительстве, согласно требованиям СП и других нормативных документов;
- соответствие требованиям при эксплуатации к монтажу трубопроводных систем и возможность квалифицированного монтажа согласно требованиям СП и других нормативных документов;
- гидравлические характеристики трубопровода из различных материалов должны рассчитываться с учетом процессов внутренней коррозии и зарастания;

- потенциал образования отложений и коррозии внутренней поверхности трубопроводных систем должен быть минимальным;
- иметь возможность монтажа трубопроводной системы из единообразных материалов;
- потенциал строительства и ремонта трубопроводных систем бестраншейными методами.

При выборе проектного решения рекомендуется использовать суммарный балльный показатель характеристики сетей из различных материалов. Данный показатель учитывается при оценке проектов в части эффективности предлагаемых технологических решений.

Суммарный балльный показатель риска (R_i) каждого выбранного решения рассчитывается по формуле:

$$R_i = \sum_{i=1}^n (R_{i1} + R_{i3} + R_{i5} + R_{i7} + R_{i8} + R_{i9} - (R_{i2} + R_{i4} + R_{i6})), \quad (1)$$

где i – выбранное решение, для которого составляющие определяют по данным табл. 2, сформированной на основании проведенного Российской ассоциацией водоснабжения и водоотведения анкетирования предприятий ВКХ² в период январь-февраль 2021 г.

При наличии нескольких альтернативных технологий для одного объекта выполняется оценка эффективности каждой технологии (Eff_{mp}) по формуле:

$$Eff_{mp} = \frac{\Delta R}{Z(k) + Z(\text{экспл})}, \quad (2)$$

где ΔR – рассчитывается как разность баллов для величин риска до и после реализации проекта модернизации или при сравнении разных проектных решений, каждому из которых соответствует рассчитанное по формуле (1) значение R_i ; Z – капитальные (k) и ежегодные эксплуатационные (экспл) затраты на реализацию проекта модернизации системы водоснабжения, по ГОСТ Р 58785-2019 Качество воды. Оценка стоимости жизненного цикла для эффективной работы систем и сооружений водоснабжения и водоотведения.

² В анкетировании приняли участие 54 организации водопроводно-канализационного хозяйства. – Примеч. авт.

ТАБЛИЦА 2. ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЯ СНИЖЕНИЯ РИСКА ПРИ ВЫБОРЕ МАТЕРИАЛА ТРУБОПРОВОДА

Балльные показатели риска	R1. Риски с позиций надежности трубопроводных систем водоснабжения, с точки зрения сроков безаварийной эксплуатации для диаметров					R2. Риски влияния факторов окружающей среды на целостность трубопровода при его штатной эксплуатации (в баллах от 1 до 10 чем выше балл, тем больше влияние)				
	<100	101 – 300	301 – 600	601 – 1000	> 1001	<100	101 – 300	301 – 600	601 – 1000	> 1001
Диаметры, мм	<100	101 – 300	301 – 600	601 – 1000	> 1001	<100	101 – 300	301 – 600	601 – 1000	> 1001
Асбестоцемент (хризотилцемент)	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5
Серый чугун (СЧ, ЧВ)	6	6	7	8	8	6	6	6	6	6
Железобетон	5	5	6	7	7	5	5	5	5	5
Чугун с шаровидным графитом (ВЧШГ)	9	9	9	9	9	6	6	6	6	6
Полиэтилен	9	9	9	9	8	4	4	3	3	3
ПВХ (поливинилхлорид)	10	8	8	8	8	4	4	3	3	3
Сталь	7	7	8	8	8	7	7	7	7	7
Балльные показатели риска	R3. Нормативная обеспеченность требований к монтажу трубопроводных систем и требований к квалификации процесса монтажа при новом строительстве, согласно требованиям СП и других нормативных документов					R4. Риски с позиций требований к монтажу трубопроводных систем и возможности квалифицированного монтажа эксплуатируемых объектов, согласно требованиям СП и других нормативных документов				
	<100	101 – 300	301 – 600	601 – 1000	> 1001	<100	101 – 300	301 – 600	601 – 1000	> 1001
Диаметры, мм	<100	101 – 300	301 – 600	601 – 1000	> 1001	<100	101 – 300	301 – 600	601 – 1000	> 1001
Асбестоцемент (хризотилцемент)	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4
Серый чугун (СЧ, ЧВ)	7	7	7	7	7	6	6	5	5	5
Железобетон	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4
Чугун с шаровидным графитом (ВЧШГ)	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9
Полиэтилен	10	9	9	9	9	8	8	8	8	8
ПВХ (поливинилхлорид)	8	8	8	8	8	10	10	8	8	8
Сталь	8	8	8	8	8	7	7	7	8	8
Балльные показатели риска	R5. Гидравлические характеристики трубопроводов из различных материалов с учетом рисков процессов внутренней коррозии и зарастания)					R6. Риски образования отложений коррозии внутренней поверхности трубопроводных систем (в баллах от 1 до 10, чем выше балл, тем значительнее зарастание и сильнее внутренняя коррозия)				
	<100	101 – 300	301 – 600	601 – 1000	> 1001	<100	101 – 300	301 – 600	601 – 1000	> 1001
Диаметры, мм	<100	101 – 300	301 – 600	601 – 1000	> 1001	<100	101 – 300	301 – 600	601 – 1000	> 1001
Асбестоцемент (хризотилцемент)	4	4	5	5	5	6	6	5	5	5
Серый чугун (СЧ, ЧВ)	5	5	6	6	6	6	5	6	6	6
Железобетон	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5
Чугун с шаровидным графитом (ВЧШГ)	6	7	8	8	8	5	5	6	6	6
Полиэтилен	9	9	10	10	10	2	1	1	1	1
ПВХ (поливинилхлорид)	9	9	9	9	9	2	1	1	1	1
Сталь	5	5	6	7	8	9	9	8	8	8

КАЧЕСТВО ВОДЫ

Окончание таблицы 2

Балльные показатели риска	R7. Возможность монтажа трубопроводной системы из единообразных материалов (подразумевая один тип материала для трубы, колодца, соединительных элементов), с точки зрения рисков влияния на надежность эксплуатации					R8. Потенциал доступности ремонта трубопроводных систем из разных материалов				
	<100	101 – 300	301 – 600	601 – 1000	> 1001	<100	101 – 300	301 – 600	601 – 1000	> 1001
Диаметры, мм	<100	101 – 300	301 – 600	601 – 1000	> 1001	<100	101 – 300	301 – 600	601 – 1000	> 1001
Асбестоцемент (хризотилцемент)	2	2	2	2	2	4	4	4	3	3
Серый чугун (СЧ, ЧВ)	6	6	7	7	7	6	5	4	4	3
Железобетон	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Чугун с шаровидным графитом (ВЧШГ)	6	6	7	7	7	8	8	8	8	8
Полиэтилен	9	9	9	9	9	8	8	8	7	7
ПВХ (поливинилхлорид)	9	9	9	9	9	8	8	8	7	7
Сталь	5	5	5	5	5	7	7	7	8	8
Балльные показатели риска	R9. Потенциал строительства и ремонта трубопроводных систем бестраншейными методами									
Диаметры, мм	<100	101 – 300	301 – 600	601 – 1000	> 1001					
Асбестоцемент (хризотилцемент)	1	1	1	1	1					
Серый чугун (СЧ, ЧВ)	2	2	2	2	2					
Железобетон	1	1	1	1	1					
Чугун с шаровидным графитом (ВЧШГ)	4	4	5	5	5					
Полиэтилен	10	10	10	10	10					
ПВХ (поливинилхлорид)	6	6	6	6	6					
Сталь	7	7	7	7	7					

Таблица 3. Алгоритм выбора технологических решений по применению труб и материалов для строительства и реконструкции трубопроводов (пример)

Траншейная прокладка	Бестраншейная прокладка
<p>Укладка труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) с наружным цинковым покрытием и внутренним цементно-песчаным покрытием. ГОСТ ИСО 2531-2012, СП 66.13330.2011.</p>	<p>Монтаж труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) на фиксированном соединении с наружным цинковым покрытием и внутренним цементно-песчаным покрытием в футляре с центровкой трубы. ГОСТ ИСО 2531-2012, СП 66.13330.2011.</p>
<p>Укладка многослойных напорных труб из полиэтилена ПЭ100 и выше, с соэкструзионными слоями синего цвета из ПЭ 100-RC на наружной и/или внутренней поверхностях трубы (с повышенной стойкостью к образованию и распространению трещин). Соединение сварное. Грунты с несущей способностью не ниже 0,1 МПа (песках). Устройство основания и обратной засыпки в соответствии с требованиями «Регламента использования полиэтиленовых труб для реконструкции сетей водоснабжения и водоотведения» (раздел 4). ГОСТ 18599-2001, СП 40-102-2000, СП 399.1325800.2018.</p>	<p>Монтаж труб на сварном соединении в предварительно проложенном футляре Многослойных напорных труб из полиэтилена ПЭ100 и выше, с соэкструзионными слоями синего цвета из ПЭ 100-RC на наружной и/или внутренней поверхностях трубы (с повышенной стойкостью к образованию и распространению трещин). Состояние внутренней поверхности футляра должно исключать недопустимые повреждения новой трубы при протаскивании. ГОСТ 18599-2001, СП 40-102-2000, СП 399.1325800.2018.</p>
<p>Укладка труб из ориентированного непластифицированного поливинилхлорида ПВХ-О со степенью ориентации не менее 400, соединение раструбное. ГОСТ Р 56927-2016, СП 40-102-2000, СП 399.1325800.2018</p>	<p>Монтаж стальных прямошовных труб с внутренним цементно-песчаным покрытием и наружной изоляцией усиленного типа по ГОСТ 9.602-2016 в футляре с центровкой трубы. Диаметр до 500 мм, сталь марки Ст20. Диаметр 500 мм и более, сталь марки 17Г1С, 17Г1С-У (химический состав по ГОСТ 19281-2014). ГОСТ 10704-91, ГОСТ 10705-80, ГОСТ 10706-76, ГОСТ 20295-85.</p>
	<p>Для метода ГНБ протяжка труб на сварном соединении: Многослойных напорных труб из полиэтилена ПЭ100 и выше, с соэкструзионными слоями синего цвета из ПЭ 100-RC на наружной и/или внутренней поверхностях трубы (с повышенной стойкостью к образованию и распространению трещин). ГОСТ 18599-2001, СП 40-102-2000, СП 399.1325800.2018</p>

Алгоритм выбора технологических решений для разных задач построения трубопроводной системы

Авторами предложен алгоритм выбора технологических решений для разных задач построения трубопроводной системы *по типам работ*:

1. Прокладка в грунте.
2. Строительство проходных коммуникационных коллекторов.
3. Закрытые переходы под линиями метрополитена и железными дорогами.
4. Надземная (наземная) прокладка по опорам, эстакадам, в тоннелях, по автомобильным и городским мостам.
5. Байпасные линии.
6. Транзиты по подвалам зданий.
7. Дюкеры.

8. Реконструкция без разрушения существующей трубы.

9. Проходные коммуникационные коллекторы.

10. Оперативное восстановление локальных и аварийных участков трубопроводов при невозможности проведения раскопочных работ.

11. Реконструкция с разрушением существующей трубы.

В табл. 3 представлен пример алгоритмизации выбора технологий строительства/ модернизации.

Предлагаемые положения, по мнению авторов работы, следует интегрировать в Справочник с целью формирования универсальных подходов к оценке технологии нового строительства или модернизации трубопроводных систем в рамках реализации федерального проекта «Чистая вода». ●