



ПРОФИЛИРОВАННЫЕ ТРУБЫ ДЛЯ ВОДООТВЕДЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ

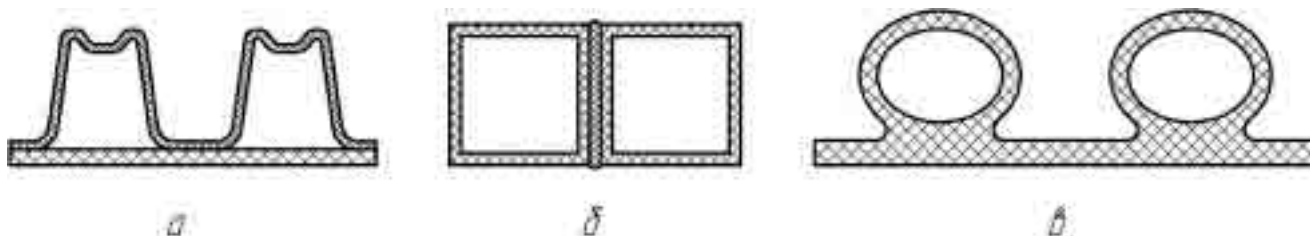
ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ

Олег Янин, Евгений Бутринов
ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК»

Стремление производителя полимерных труб снизить расход сырья, но при этом сохранить прочностные характеристики привело к созданию труб с профилированной стенкой. Существуют различные типы профилей, различающиеся геометрией и технологией изготовления (рис. 1).

На сегодняшний день наибольшее распространение получили трубы с профилем стенки в виде гофра, изготавливаемые методом соэкструзии. Их конструкция состоит из двух оболочек: внутренней – гладкой, обеспечивающей хорошие гидравлические свойства, и наружной – гофрированной, придающей трубе

Рис. 1. Типы профилей стенки труб: а – гофрированный, б – прямоугольный, в – с армирующим шлангом



необходимую жесткость. При этом нагрузка от воздействия грунта приходится главным образом на выступы гофрированной оболочки. В результате напряжения, возникающие в гладкой оболочке, сводятся к минимуму.

Эффективность применения таких труб доказана многолетним опытом их эксплуатации в странах Европы, исходя из которого можно выделить ряд их преимуществ перед другими типами труб. Помимо хороших гидравлических свойств, трубы с двухслойной гофрированной стенкой обладают низким весом, что существенно упрощает их транспортировку и монтаж; соединение данных труб производится муфтами с резиновыми уплотнителями и не требует дополнительной герметизации; и др.

Существует опыт применения таких труб и в России. На счету отечественных строительных организаций десятки реализованных объектов с применением безнапорных двухслойных гофрированных труб из полиэтилена и полипропилена. Однако в нашей стране, в отличие от европейских стран, широкому внедрению данной продукции препятствует главным образом отсутствие нормативно-документальной базы по проектированию, монтажу, приемке и эксплуатации сетей водоотведения из полимерных труб. Ведь в первую очередь возможность и целесообразность применения того или иного типа продукции определяет проектировщик, используя общепринятые и утвержденные методы расчёта. На сегодняшний день единственным документом по проектированию и монтажу внутренних и наружных систем водоснабжения и канализации из полимерных труб является СП 40-102-2000 «Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов». Данный свод правил уже устарел и требует переработки по нескольким причинам, важнейшими из которых, в свете рассматриваемой проблематики, являются: отсутствие данных о сортаменте современных видов труб и рекомендаций по выбору материала труб; использование устарев-

Таблица 1. Свойства материала труб

| Характеристики | Полиэтилен | Полипропилен |
|---|---------------------------------|---------------------------------|
| Диапазон диаметров, мм | 110...2000 | 110...1200 |
| Температура транспортируемой жидкости, °С | до +40 кратковременно до +60 | до +60 кратковременно до +80 |
| Предел текучести, МПа | 20...25 | 25...28 |
| Расчётная прочность, МПа | 6,3 (ПЭ 63), 8 (ПЭ 80) | 5...6,3 |
| Кратковременный модуль упругости, МПа | 900 | 1200 |
| Длительный модуль упругости, МПа | 200 | 300 |



Рис. 2. Прокладка гофрированной трубы из полипропилена в железобетонном футляре.

шего обозначения кольцевой жесткости труб; отсутствие методики расчета профилированных труб на прочность и рекомендаций по их укладке и др. Между тем, вопрос прочности труб в подавляющем большинстве случаев является основным и определяющим при принятии решения о возможности применения того или иного типа профилированных труб. Зачастую за неимением четкой методики расчета проектировщикам приходится перестраховываться, закладывая трубу с заведомо большей кольцевой жесткостью, нежели того требуют условия ее эксплуатации. Нередко встречаются случаи, когда проектом предусматривается прокладка безнапорных канализационных сетей в футлярах из монолитного армированного бетона (рис. 2). Всё это приводит к существенному и необоснованному удорожанию сметной стоимости проекта. Во избежание подобных ситуаций следует уделять большое внимание выбору материала труб и его свойствам, которые определяют особенности монтажа, возможность применения и допустимые условия эксплуатации.

При выборе материала необходимо учитывать его прочностные характеристики и температуру транспортируемых стоков. Помимо этого, следует обратить внимание на сортамент труб из выбранного материала (Табл. 1).

Затем необходимо определить требуемый класс кольцевой жесткости труб. Обычно на этом этапе возникают серьезные затруднения, связанные с тем, что, во-первых, далеко не все проектировщики в полной мере понимают, что в действительности показывает класс кольцевой жесткости труб, и, во-вторых, СП 40-102-2000 не регламентирует расчет на прочность профилированных труб в принципе.

Так что же на самом деле следует понимать под классом кольцевой жесткости? Класс кольцевой жесткости (SN) – это величина, округленная до ближайшего наименьшего значения номинальной кольцевой жесткости из ряда 2, 4, 6, 8 и т. д. Значение кольцевой жесткости (S) определяется по эмпирическим формулам каждым производителем индивидуально. Основными данными для её расчета, получаемыми экспериментально на испытательных стендах, являются нагрузка и деформация, соответствующие 4%-ой деформации испытуемого образца, а также длина испытуемого образца. Среднеарифметическое из трех значений кольцевой жесткости (в кН/м²), полученных на образцах из одной партии труб, округляют до ближайшего наименьшего значения из стандартного ряда.

Таким образом, класс кольцевой жесткости показывает максимально допустимую нагрузку на единицу площади поверхности трубы при 4%-ой деформации её вертикального диаметра без учета бокового отпора.

Теоретическая кольцевая жесткость трубы определяется по формуле:

$$SN = \frac{E_0 \cdot I}{d^3} \quad (1)$$

где: E_0 – кратковременный модуль упругости материала трубы, кН/м²;

I – момент инерции профиля стенки трубы на единицу длины, м⁴/м;

d – диаметр по центру тяжести профиля стенки трубы, м;

$$d = d_i + 2 \cdot y \quad (2)$$

где:

d_i – внутренний диаметр трубы, м;

y – расстояние до центра тяжести профиля стенки трубы, м.

Момент инерции и расстояние до центра тяжести профиля должны рассчитываться производителем труб и предоставляться заказчику как справочная информация. При отсутствии данных у производителя следует производить расчет этих параметров самостоятельно, используя соотношения теоретической механики и сопротивления материалов.

В Приложении Д свода правил СП 40-102-2000 приводится несколько иная формула (Д.8) для определе-



ния кольцевой жесткости, в которой помимо прочих величин фигурирует толщина стенки трубы s . Возникает логичный вопрос: какую величину следует принимать за толщину стенки применительно к расчету профилированных труб? В этом случае следует предварительно определить эквивалентную толщину стенки, подставив справочное значение момента инерции в формулу Д.9. Используя полученную величину, можно производить дальнейший расчет кольцевой жесткости и деформаций как для гладкой трубы с тем же наружным диаметром, что и у профилированной.

Ошибочным является мнение о том, что именно класс кольцевой жесткости определяет прочностные свойства трубы при её прокладке в грунте, т.к. его значение определяется без учета бокового отпора. В действительности прочность подземного полимерного трубопровода в большей степени зависит от модуля деформации грунта засыпки в пазухах траншеи и степени его уплотнения. Примерные значения модуля деформации $E_{гр}$ различных типов грунтов в зависимости от степени уплотнения следует принимать по Таблице 28 Пособия по проектированию технологических трубопроводов из пластмассовых труб (к СН 550-82).

Также стоит отметить, что СП 40-102-2000 не регламентирует предельно допустимое значение деформации труб, что в некоторых случаях влечет за собой сомнительные результаты расчетов. Так, например, при выполнении условия прочности по формуле Д.1 относительное уменьшение вертикального диаметра, вычисляемое по формуле Д.5, может составлять до 12%. В соответствии с п. 6.4 Пособия

к СН 550-82 рекомендуется принимать следующие предельные значения овализации поперечного сечения: для труб из полиэтилена – 5%, а из полипропилена – 4%. В случае, если расчетное значение овализации оказывается больше допустимого, следует повторить расчет, выбрав трубу с более высоким классом кольцевой жесткости или, что наиболее предпочтительно, грунт засыпки с большим модулем деформации.

Рассмотрим пример. Необходимо определить класс кольцевой жесткости труб КОРСИС из полиэтилена номинальным наружным диаметром 500 мм при заложении на глубину 6 м до верха трубы. Местный грунт – суглинок с удельным весом $\gamma = 18 \text{ кН/м}^3$. Транспортная нагрузка и нагрузка от грунтовых вод отсутствуют.

Сначала произведем расчет для трубы КОРСИС с классом кольцевой жесткости SN4. Исходные данные: $E_0 = 800 \text{ МПа}$, $I = 0,642 \text{ см}^4/\text{см}$, грунт засыпки пазух – пылеватый песок ($E_{гр} = 5 \text{ МПа}$, $K_y = 0,92$).

Расчёты показывают, что при выполняющемся условии прочности степень овализации ψ составляет 6,5%, что больше допустимого значения 5% для полиэтилена.

Теперь выберем трубу КОРСИС с классом кольцевой жесткости SN8. Исходные данные те же, за исключением момента инерции: $I = 0,848 \text{ см}^4/\text{см}$.

В этом случае степень овализации составит 6,3%, что лишь немногим меньше предыдущего результата. Условие прочности трубопровода при этом также выполняется.

Затем вновь произведем расчет для трубы КОРСИС SN4, но с измененными данными по грунту засыпки: выбираем песок средней крупности ($E_{гр} = 16 \text{ МПа}$, $K_y = 0,95$).

Расчёты показывают, что степень овализации поперечного сечения ψ составляет всего 3,5%, что меньше допустимого значения. При этом условие прочности по-прежнему выполняется.

Данный пример наглядно иллюстрирует приведенное выше утверждение о том, что именно характеристики грунта засыпки пазух траншеи главным образом определяют прочность подземного трубопровода. Отсюда вытекает логичный вывод: для того, чтобы обеспечить долговременную прочность и безаварийную работу трубопровода, необходимо обеспечить его качественную обсыпку с оптимальной степенью уплотнения. Немаловажную роль при этом играет контроль качества уплотнения грунта, который должен производиться в обязательном порядке не более, чем через каждые 50 м по длине трубопровода. Общие рекомендации по технологии обсыпки труб, уплотнения грунта и методы контроля приведены в ТР 73-98 НИИМосстроя.

Особое внимание следует уделять обсыпке трубопровода при его прокладке под дорогами ввиду дополнительных нагрузок от транспорта. В большинстве случаев при этом проектом предусматривается применение бетонного футляра в соответствии с требованиями СНиП 2.04.03-85. Однако при относительно больших глубинах заложения, соответствующем качестве уплотнения грунта и высоком классе коль-

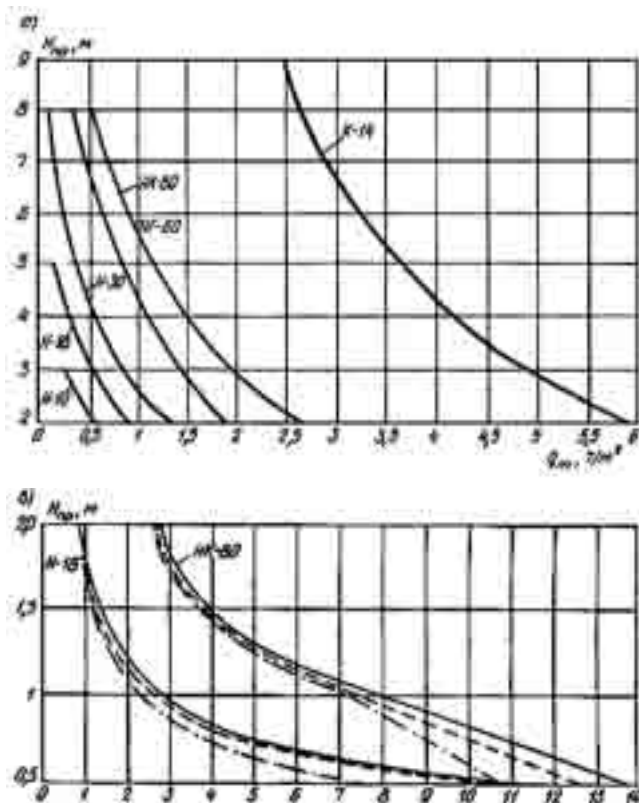


Рис. 3. Зависимость нормативного давления от транспорта q_t от глубины заложения трубопровода $H_{пр}$ при диаметре труб 110 мм (сплошные линии), при диаметре труб 500 мм (пунктирные линии) и при диаметре труб 1200 мм (штрихпунктирные линии): а – от нагрузок при $H_{пр}$ от 2 до 9 м; б – от нагрузок H-18 и H-80 при $H_{пр}$ от 0,5 до 2 м

цевой жесткости трубы это не всегда оправдано (кроме дорог I и II категорий).

Согласно Пособию к СН 550-82 для трубопроводов различного назначения всех диаметров, прокладываемых под автомобильными дорогами, следует принимать нагрузку от колонн автомобилей H-30 или от колесного транспорта НК-80, в зависимости от того, какая из этих нагрузок оказывает большее силовое воздействие на трубопровод (рис. 3).

В дальнейших расчетах будем принимать нормативную нагрузку НК-80 по ГОСТ Р 52748-2007. При этом нормативное давление на трубопровод диаметром 500 мм при глубине заложения 1 м составит $7,5 \text{ т/м}^2$ ($0,073 \text{ МПа}$), а при глубине заложения 6 м – $0,86 \text{ т/м}^2$ ($0,008 \text{ МПа}$). Если подставить полученные из графиков значения в прочностной расчет получим, что для трубы КОРСИС-ПРО SN16 ($E_0 = 1150 \text{ МПа}$, $I = 0,848 \text{ см}^4/\text{см}$) относительное уменьшение наружного диаметра составит 3,1% и 3,6% (для глубин заложения 1 и 6 м соответственно; $E_{гр} = 16 \text{ МПа}$) при выполняющемся условии прочности. Следует отметить, что условие устойчивости оболочки трубы против действия сочетания нагрузок (Д.17) также выполняется.

Произведенный расчет показывает, что воздействие транспортной нагрузки на трубопровод даже

на предельно малых глубинах заложения может быть сведено к минимуму путем обеспечения качественной обсыпки трубы с соответствующей степенью уплотнения и выбора трубы с более жесткой оболочкой. Помимо этого, полученные результаты говорят о том, что с увеличением глубины заложения воздействие транспортной нагрузки снижается и влияет на прочность полимерного трубопровода в незначительной степени на глубине более 4 м, при которой применение футляра для дорог III категории и ниже в большинстве случаев является неоправданным.

Однако даже при верно произведенных проектных работах встречаются случаи укладки труб с грубейшими нарушениями технологии, такими как засыпка труб местными крупнообломочными грунтами, недостаточная степень уплотнения грунта в пазухах траншеи или отсутствие уплотнения как такового, отсутствие контроля степени уплотнения грунта, отсутствие подготовленного основания под трубопровод и др. Все это является следствием недостаточного практического опыта строителей и отсутствия необходимой техники и оборудования и ведет к неминуемому преждевременному выходу трубопровода из строя.

Подводя итог, еще раз отметим важнейшие проблемы, препятствующие широкому внедрению профилированных труб для безнапорных сетей водоотведения и канализации в России:

1) Отсутствие широкой базы нормативно-технической документации по проектированию, монтажу, приемке и эксплуатации трубопроводов.

2) Недостаточная техническая оснащенность и отсутствие профессиональных знаний и опыта по данной тематике у строительного-монтажных организаций.

Наиболее эффективные пути решения данных проблем, на наш взгляд, очевидны:

- разработка системы нормативных документов, регламентирующих правила проектирования и монтажа, а также приемки и эксплуатации безнапорных сетей водоотведения и канализации из полимерных труб с профилированной стенкой, учитывающих отечественный и зарубежный опыт. К разработке документации следует привлекать ведущие научно-исследовательские институты, проектные и эксплуатирующие организации, а также производителей трубной продукции.

- развитие системы обучения работников строительных и монтажных организаций на базе существующих учебных центров. После прохождения обучения каждому работнику должно выдаваться свидетельство установленного образца о повышении квалификации с указанием наименований прослушанных курсов и объема учебных часов.

При скорейшем решении этих проблем существенно повысится качество проектных и строительного-монтажных работ, а следовательно, и эффективность, надежность и долговечность трубопроводных систем водоотведения и канализации.

ООО «Фитинг Строй»

тел.: 739-91-80/70/30, факс: 728-44-61/51



- Производство сварных сегментных изделий любой степени сложности.
- Монтаж наружных инженерных коммуникаций.
- Поставка труб ПНД для водопровода и канализации диаметром до 1200 мм.
- Оборудование для сврки труб ПНД.

Адрес местонахождения:
242451 МО, Ногинский район,
пос. РЫБХОЗ, п/о Бисерово

www.fiting-stroy.ru
fiting_stroy@mail.ru

