

А. А. Отставнов, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник ГУП «НИИ Мосстрой»
В. А. Харьков, канд. техн. наук, генеральный директор ООО «Прогресс»

ОПТИМИЗАЦИЯ КРЕПЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ПОЛИМЕРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ВНУТРЕННЕЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Оптимальность использования крепежа на трубопроводах закладывается уже на стадии определения расстояний между отдельными креплениями. Ведь от этого во многом зависит возможность минимизации затрат денежных средств и трудовых ресурсов, обеспечения надлежащего качества и надежности функционирования на весь расчетный прогнозный период последующей эксплуатации, к примеру, внутренней канализации. К сожалению, единого мнения по определению расстояний между отдельными креплениями на горизонтальных участках полимерных трубопроводов внутренней канализации до сих пор не сложилось.

Из истории вопроса

Еще в начале применения в стране полимерных труб [1] для устройства внутренней канализации (преимущественно в санитарно-технических кабинках для жилых домов) были определены некоторые правила крепления горизонтальных участков, к которым в то время относились только поэтажные отводные трубопроводы, от сантехприбора до канализационного стояка. При этом исходили из того, что надежность работы канализационных трубопроводов зависит от правильной расстановки крепежа, фиксирующего в нужных местах как трубы, так и фасонные соединительные части (отводы, тройники, двухплоскостные крестовины и др.). Было принято, что для пластмассовых канализационных трубопроводов необходимы два типа креплений:

допускающие их перемещения в осевом направлении (подвижные крепления) и не допускающие таких перемещений (неподвижные или жесткие крепления). Сила, с которой неподвижные крепления удерживают детали канализационных трубопроводов, должна быть больше, чем максимальная сила, которая может возникнуть, например, при перемещении гладкого конца одной трубы в раструбе другой трубы, присоединенной к ней. Каждое соединение, выполняющее роль компенсатора, должно находиться между двумя неподвижными креплениями и воспринимать удлинение и укорачивание участка канализационного трубопровода, находящегося между ними. Практика убедила в том, что для уменьшения количества креплений необходимо максимально уменьшить число соединений, т.е. использовать укрупненные фасонные части (при условии,

конечно, если такое укрупнение не ведет к ухудшению их качества), а также прямые участки труб максимально допустимой длины.

В качестве неподвижных креплений для труб из полиэтилена ПЭ (ПЭ/50-ПВП-ПНД) и НПВХ (непластифицированного поливинилхлорида, ПВХ60) применялись металлические крепежные скобы с полиэтиленовыми прокладками.

Максимальное расстояние между неподвижными креплениями на горизонтальных канализационных трубопроводах не превышало принятых значений (табл. 1).

Таблица 1

Расстояния ℓ между креплениями канализационных трубопроводов из ПЭ

Наружный диаметр труб D , мм		Толщина стенки e ,		SDR _{макс}	ℓ , м
ном.	пред. откл. (+)	ном.	пред. откл. (+)		
48,6	0,6	2	0,5	24,6	0,4
107,5	0,8	2,7	0,6	40,1	0,8
160	1,2	4	0,8	40,3	1,2

Расстояния между подвижными креплениями на горизонтальных канализационных трубопроводах не превышали 8 наружных диаметров (для труб из ПЭ) и 10 (для труб из НПВХ).

Технология расстановки крепежа предполагала соблюдение следующих требований. Должен обязательно обеспечиваться уклон на горизонтальных участках канализационных трубопроводов согласно проекту. Удлинения труб (при возможных температурных деформациях) должны направляться в сторону раструбов на резиновых кольцах соединений (компенсаторов – при сварке ПЭ и склеивании НПВХ). Устанавливать крепеж следует только на теле труб вблизи соединений с резиновыми кольцами, допускающими возможность взаимного поворота соединяемых деталей трубопровода. (Расположение крепежа вблизи соединения увеличивает жесткость смонтированного трубопровода в направлении, перпендикулярном его оси, и, наоборот, отсутствие крепежа уменьшает его жесткость.) Элемент крепежа должен располагаться на гладком конце одной трубы на расстоянии от раструба присоединенной к ней другой трубы (соединительной части) меньше, чем необходимо для компенсации термического удлинения участка конкретной длины. Не следует устанавливать крепеж непосредственно на раструбах соединений с резиновыми кольцами. (Это лишает такие соединения возможности воспринимать температурные деформации – вся силовая нагрузка от температурных перепадов будет приходиться на крепеж.)

Современный подход

В настоящее время трубопроводы внутренней канализации стали устраиваться не только в жилых домах, но и в различных общественных зданиях как с использованием сантехнических кабин, так и с их монтажом россыпью.

Горизонтальные участки полимерных трубопроводов внутренней канализации необходимо крепить с обязательным учетом характера нагружения, особенностей функционирования при эксплуатации и, естественно, их геометрических

показателей. Сегодня, помимо труб ПЭ и НПВХ, стали широко использоваться полипропиленовые (ПП) трубы.

При этом к горизонтальным участкам трубопроводов внутренней канализации зданий следует относить [2]:

- сборные трубопроводы, соединяющие канализационные стояки с одним общим выпуском (далее СТКСВ): они располагаются на опорах в техподпольях либо в подвалах;
- поэтажные отводные канализационные трубопроводы, соединяющие санитарно-технические приборы с канализационными стояками (далее ПОКТ): они могут укладываться на опоры, располагаемые на полу либо на подвесках, закрепленных к перекрытиям и находящихся под потолками;
- объединительные трубопроводы, соединяющие канализационные стояки с одной общей вытяжкой (далее ОТКСВ): они укладываются обычно на опоры в чердачных помещениях.

СТКСВ монтируют, как правило, из труб диаметром 160 мм. Что касается показателей их SDR (отношение наружного диаметра D к толщине стенки e), то требований на этот счет еще не выработано. Уклон таких трубопроводов обычно принимается $\approx 0,007$, т.е. не менее $1/D$. Расчетное наполнение, согласно требованиям актуализированных СНиП, $h/d = 0,7$. При залповых сбросах трубопроводы могут быть заполненными полностью, т.е. $h/d = 1,0$. Температуру стоков при эксплуатации можно смело считать нормальной.

ПОКТ монтируют, как правило, из труб диаметром 50 мм. Требования к показателям их SDR

также еще не разработаны. Уклон таких трубопроводов обычно принимается равным 0,02. Расчетное наполнение, согласно требованиям актуализированного СНиП, $h/d = 0,7$. При залповых сбросах трубопроводы могут быть заполненными полностью, то есть $h/d = 1,0$. Температура стоков в течение эксплуатации может существенно варьироваться. При использовании стиральных машин температура может достигать и 50 °С. Точных данных о том, какое время такая температура стоков будет действовать в ПОКТ, пока нет. Можно предположить, что оно не превысит нескольких суток за весь расчетный прогнозный срок службы внутренней системы канализации. С учетом всего времени эксплуатации внутренней канализационной системы температуру стоков можно считать нормальной. Какой интервал времени принимать для каждой температуры стоков при проектировании конкретной внутренней канализационной системы, остается за проектировщиком.

ОТКСВ монтируют, как правило, из труб диаметром 110 мм. Весь срок службы они заполнены воздухом, т.е. находятся абсолютно пустыми. Требования к показателям их SDR на данный момент отсутствуют. Уклон таких трубопроводов не нормируется, его можно принимать с учетом конкретного расположения ОТКСВ в помещениях, где они располагаются. Температуру воздуха в ОТКСВ в течение эксплуатации можно считать близкой к нормальной.

Количество креплений задается в монтажном проекте. Перед разработчиком монтажного проекта всегда возникает дилемма. С одной стороны, чем чаще будут располагаться крепления, тем прочнее будет самотечный трубопровод и тем долговечнее будет канализационная система. С другой стороны, чем меньше крепежа будет использовано, тем меньше будет стоимость обустройства креплений и тем экономичнее будет строительство внутренней канализации.

Ждать от проектировщиков, что они будут своевременно разбираться с особенностями крепления трубопроводов из одинаковых по названию, но разных фирм – изготовителей материалов, имеющих существенный разброс в значениях показателей, было бы наивно.

Есть вероятность, что проектировщиками будет использован имеющийся опыт по трубопроводным системам из чугунных труб, возможно, даже с некоторой корректировкой. Если произойдет завышение количества креплений, то будет перерасход средств на приобретение и установку креплений. Надежность внутренней канализационной системы от этого не пострадает. Если же использовать имеющийся опыт без изменения, то это может привести к занижению количества креплений, что может отрицательно повлиять на устойчивость внутренних канализационных трубопроводов. Горизонтальные трубопроводы внутренней канализации ПОКТ и СТКСВ, как уже отмечалось выше, должны иметь строго определенный уклон. Его занижение может не обеспечить движение стоков с незаиляющими скоростями, что может приводить к возникновению в них засоров со всеми вытекающими отсюда негативными последствиями. Их завышение может сопровождаться нарушением требований, предъявляемых к объемно-планировочному решению, например, санузлов либо подвалов, в которых они будут располагаться. С учетом этого обстоятельства и должны расставляться крепления на таких участках внутренних канализационных систем.

Очевидно, что ни завышение и тем более ни занижение количества креплений не отвечает оптимальному сочетанию экономичности и надежности строящейся внутренней канализационной системы здания. Наиболее правильным в этой связи было бы иметь проектировщикам таких систем пособия, в которых бы учитывались вопросы оптимизации крепления горизонтальных участков внутренней канализации из различных трубных материалов. В настоящее время таких пособий нет.

В своде правил [3] приводятся данные по расстановке креплений на горизонтальных участках трубопроводов из труб ПП с соединениями на резиновых кольцах неподвижных ≤ 1600 и 2000 мм ($D = 50$ и 110 мм) и подвижных $\leq 10 D$.

В Инструкции [4] приводятся несколько другие цифры: неподвижные – 1000 и 2000 мм ($D = 50$ и 110 мм), подвижные – 10 D .

Точно такие же расстояния рекомендуются для канализационных трубопроводов систем «Фриафон» и «Раупино Плюс», шумопоглощающие трубы в которых, например, для одного и того же диаметра 110 мм имеют толщину стенки 6,3 и 5,3 мм (табл. 2).

В связи с этим появились сомнения в том, что полученные значения расстояний между креплениями горизонтальных участков внутренней

Таблица 2

Показатели канализационных труб

Трубы	D, мм	E, мм	SDR	e, мм
ПП	110	2,7	40,7	2000
НПВХ	110	3,2	34,4	2000
«Фриафон» [5]	110	6,3	17,5	2000
«Раупино Плюс» [6]	110	5,3	20,8	2000

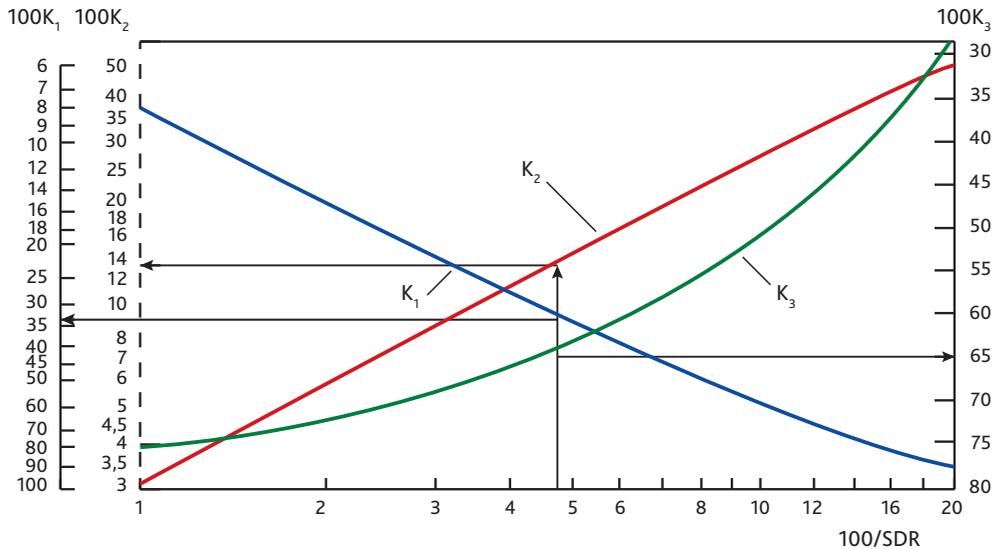


Рис. 1. Графические зависимости коэффициентов K_1, K_2, K_3 от SDR труб

канализации из труб (с различными SDR) из разных материалов (ПП, НПВХ, НПВХ + АБС и ПП с наполнителем) с точки зрения обеспечения надежности и экономической эффективности используемого крепежа являются оптимальными. При этом также следует иметь в виду и то, что ни в одном случае не указано, на основании каких критериев установлены эти значения. Согласиться полностью ни с теми, ни с другими значениями нельзя.

В качестве критерия оптимизации расстояний между опорами горизонтальных трубопроводов могут быть приняты допустимые значения стрелы прогиба относительно наружного диаметра труб m_1 (2–25 % от D) в виде абсолютной величины f (2,4–10 мм), расстояния между опорами m_2 (1–5 % от ℓ) либо как функция фактического уклона ($0,5 i \ell$).

Анализ литературы и других данных показал, что значения стрелы прогиба f могут быть установлены в качестве абсолютной величины $[Z]$, относительных значений от наружного диаметра $[M_1 D]$ или расстояния между $[M_2 X]$ кронштейнами. Важным моментом, влияющим на прогиб трубопровода, является также способ крепления трубы на опоре.

Первый вариант – между опорами нет раструбного соединения, причем если на одной из опор лежит раструб, то он должен быть обязательно закреплен неподвижно (к этому же варианту относятся трубопроводы с клеевыми и сварными соединениями).

Второй вариант распространяется на крепления трубопроводов в том случае, когда между

опорами находится раструбное соединение с резиновым уплотнительным кольцом (оно не удерживает осевого нагружения), а также, когда к одной из опор труба примыкает гладким концом, входящим в закрепленный раструб соседней трубы.

Пролет, являющийся функцией абсолютного прогиба Z :

$$X_z \leq 0,472 (\lambda_z \chi E z)^\omega D^{2\omega}, \quad (1)$$

где λ_z – коэффициент, учитывающий вариант опирания трубопровода на кронштейны ($\lambda_z = 384$ и 128 соответственно для первого и второго вариантов);

χ – коэффициент, учитывающий геометрию трубы и объемные массы материала трубы и стоков (рис. 1):

$$\chi = K_1 / (K_2 \gamma_m + K_3 \gamma_c), \quad (2)$$

где K_1, K_2, K_3 – коэффициенты, зависящие от геометрических размеров трубы:

$$K_1 = 1 - (1 - 2n)^4, \quad (3)$$

$$K_2 = \pi (1 - n)n, \quad (4)$$

$$K_3 = 0,785 (1 - 2n)^2. \quad (5)$$

В данном случае n – отношение толщины стенки к наружному диаметру трубы, т.е. $n = 1/SDR$ ($SDR = D/e$, где D и e – наружный диаметр и толщина стенки трубы);

γ_m и γ_c – объемные удельные массы материала трубы и воды, транспортируемой по трубопроводу, кг/см³;

ω – показатель степени, равный 0,25.

Для трубопроводов, например, из термопластов допустимая величина абсолютного прогиба принята 0,25 см, из ПНД – 1 см через 10 лет непрерывной эксплуатации.

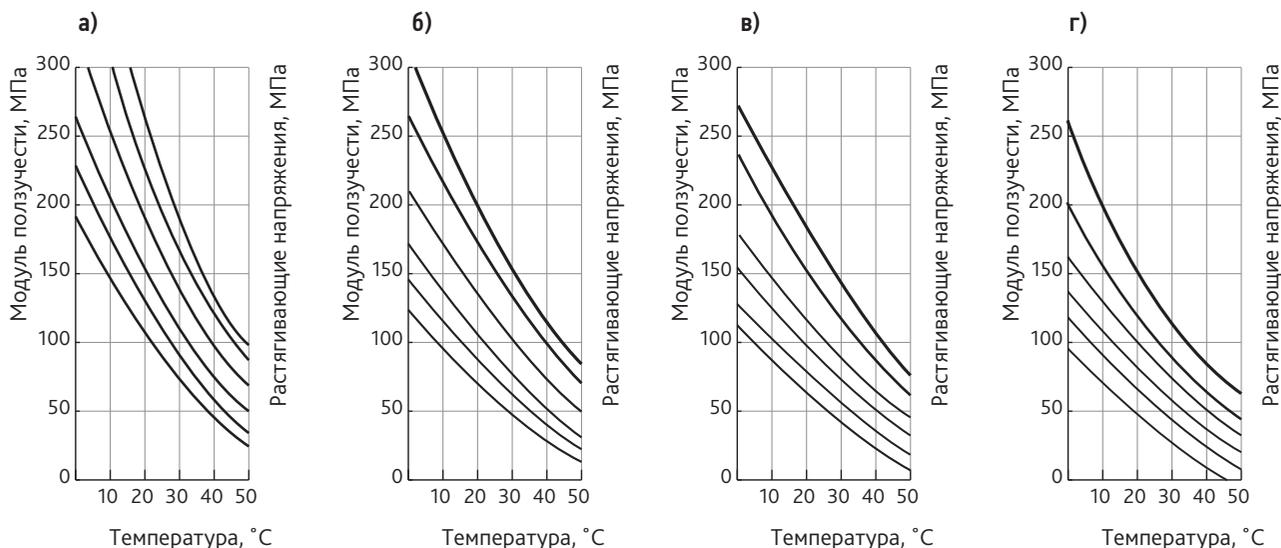


Рис. 2. Графики изменения модулей ползучести трубного полиэтилена ПЭ350 в зависимости от растягивающих напряжений и температуры во времени, т: а) – 1 год, б) – 10 лет, в) – 25 лет, г) – 50 лет. Кривые растягивающих напряжений составляют: 0,5; 1; 2; 3; 4; 5 сверху вниз соответственно

Величина пролета, при которой прогиб трубопровода не превысит определенной части M_1 наружного диаметра D :

$$Z_{\phi(D)} \leq 0,472 (\lambda_z \chi E M_1)^\omega D^{3\omega}, \quad (6)$$

При $M_1 = 0,02$ значения допустимых длин пролетов для принятых диаметров являются более строгими, чем это получается по (1).

Допустимые расстояния между креплениями при условии, что прогиб не превышает определенной его части M_2 :

$$Z_{\phi(x)} \leq 0,366 (\lambda_z \chi E M_2)^\nu D^{2\nu}, \quad (7)$$

где ν – показатель степени, равный 0,33.

Значения части M_2 обычно принимаются в интервале $0,001 < M_2 < 0,005$. Иногда $M_2 = 0,03$.

Последнее условие менее строгое по сравнению с получаемым по (1).

Известно, что модуль упругости полимеров изменяется во времени t .

Его изменение связано также с действующими в материале растягивающими напряжениями σ (рис. 2).

При прогибе горизонтального участка внутренней канализации из труб с раструбными соединениями на резиновых кольцах между опорами может происходить поворот гладкого конца одной трубы в раструбе другой. При одновременном повороте раструба и гладкого конца угол поворота составит $2\theta_c$. При определенных значениях β может наступить разгерметизация трубопровода в соединении, так как и при этом происходит ослабление контактного давления кольца, находящегося в желобке, на гладкий конец.

Длина пролета, при которой не будут превышены допустимые значения σ_d :

$$X_\sigma \leq 0,314 \{[\lambda_\sigma \chi (\sigma_d - K_3 p / K_2)] D\}^{2\omega}, \quad (8)$$

где λ_σ – коэффициент, учитывающий вид опирания труб (12 – для первого варианта крепления, 8 – для второго).

Зависимость, связывающая длину пролета с углом поворота одного из концов трубы, имеет вид:

$$X_{\theta_c} \leq 0,366 (\lambda_{\theta_c} \chi E \theta_c)^\nu D^{2\nu}, \quad (9)$$

где λ_{θ_c} – коэффициент, учитывающий вид опирания труб (поворот происходит только при втором варианте $\lambda_{\theta_c} = 48$).

Для сборки труб как между собой, так и с соединительными частями могут использоваться клеевые (НПВХ) и сварные (ПЭ и ПП) соединения. В отдельных случаях расстояние между креплениями может быть увеличено, так как под действием имеющегося в трубопроводе внутреннего давления p (например, при засорах) будет происходить продольное его выпрямление. С учетом этого допустимое значение пролета между опорами:

$$X_{\phi(x)} \leq \{0,9 (K_1 E / K_3 p)^{2\omega} th [(1,1 X_{\phi(x)} / D) \times (K_3 p / K_1)^{2\omega}] + (8 M_2 \chi K_3 p / K_1)\}. \quad (10)$$

Правда, на данном этапе изученности проблемы (продолжительности засоров во внутренней канализации) учесть этот фактор пока не представляется возможным.

Аналогичный эффект для цельного трубопровода можно ожидать при воздействии на него температурных перепадов Δt . Допустимое значение расстояния между опорами в этом случае выражается формулой:

$$X_{\Phi(x)} \leq \{0,9 (K_1/K_2 \dot{\alpha} \Delta t)^{2\omega} th [(1,1X_{\Phi(x)}/D) \times (K_2 \dot{\alpha} \Delta t/K_1)^{2\omega}] \pm (8 M_2 \chi K_2 \dot{\alpha} \Delta t E/K_1)\}, \quad (11)$$

где α – коэффициент термического расширения термопласта, $1/^\circ\text{C}$,

\pm – трубопровод охлаждается / нагревается.

Расчеты показывают, что увеличение X может составить 10–15% в зависимости от конкретных условий прокладки трубопровода.

Какому соотношению отдать предпочтение, должен решать проектировщик с учетом многих факторов, как рассмотренных сейчас, так и имеющих в литературе по этому вопросу.

Здесь же следует заметить еще и то, что при оптимизации расстановки креплений нельзя упускать из вида бытовой фактор и вандализм. Имеется в виду неконтролируемые нагрузки канализационных трубопроводов жильцами. Хождение по трубопроводам (в подвале либо на чердаке как при монтаже, так и при эксплуатации) и т.д.

К сожалению, на данном этапе исследованности этого вопроса дать рекомендации, как учесть эти факторы для канализационных трубопроводов из полимерных труб, не представляется возможным. Пока можно рекомендовать оборудовать открытые участки горизонтальных трубопроводов дополнительным креплением

между парами опор, предусмотренных проектом, и устраивать соответствующие ограждения либо переходные мостки.

В заключение следует заметить, что при соответствующей корректировке, касающейся конкретных свойств материалов труб и характеристик канализационных систем, приведенные в статье подходы и формулы могут служить хорошим подспорьем для эффективной оптимизации крепления горизонтальных участков полимерных трубопроводов внутренней канализации.

Литература

1. Дубровкин С. Д., Гольцман Ш. Л. Монтаж санитарно-технических устройств из полимерных материалов. – М.: Стройиздат, 1973.
2. Отставнов А. А. Водоснабжение и водоотведение общественных зданий. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2011.
3. СП 40-107-2003.
4. ВСН 201-88 «Инструкция по монтажу систем внутренней канализации и водостоков из поливинилхлоридных труб в жилых и общественных зданиях».
5. Каталог фирмы Friatec (Фриатек).
6. Каталог фирмы Rehau (Рехау).



Конвекторы
встраиваемые в пол

www.moehlenhoff.de

Дистрибьюторы:
ИНТЕРМА – www.interma.ru
МВ – www.masterwatt.ru
ТЕПЛОКОМ – www.teplo-com.ru
ТОРЕКС – www.moehlenhoff.ru
ХОГАРТ – www.hogart.ru

Техническая поддержка
moehlenhoff@interma.ru