

УДК 625.717

Виноградов Борис Алексеевич, канд. техн. наук, доц.,
ФГУП ГПИ и НИИ ГА «Аэропроект», Россия, 125171, Москва,
Ленинградское шоссе, 7, vinogradov@aeroproject.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ТРУБ ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ АЭРОДРОМОВ

Аннотация. Статья посвящена актуальной теме обеспечения надежной безаварийной работы аэродромных инженерных сетей и основана на результатах исследований автора. Отсутствие исследований по оценке пригодности новых материалов и изделий для аэродромного строительства не позволяет обеспечить долгосрочную работу аэродромных инженерных сетей в условиях воздействия аэродромных нагрузок. В статье приведены результаты оценки прочности трех типов полимерных труб. Определены величины деформаций поперечного сечения труб, выполнено их сравнение с предельно допустимыми величинами для случае укладки труб на разных глубинах. Даны рекомендации по применению полимерных труб для строительства аэродромных инженерных систем.

Ключевые слова: поперечное сечение трубы, вертикальная деформация, глубина укладки, кольцевая жесткость сечения, предельно допустимая деформация.

Vinogradov Boris A., Ph. D., associate professor,
FGUP GPI and NII GA “Aeroproject”, 7, Leningradsroye highway,
Moscow, 125171, Russia, vinogradov@aeroproject.ru

APPLICATION OF PLASTIC PIPES FOR AERODROME ENGINEERING NETWORKS

Abstract. The article is devoted to the actual topic of ensuring reliable trouble-free operation of aerodrome engineering networks and is based on the results of the author’s research. The absence of studies to assess the suitability of new materials and products for aerodromes construction does not allow to ensure long-term operation of aerodrome engineering networks under the influence of aerodrome loads. The article presents the results of assessing the strength of three types of polymer pipes. The values for pipe laying at different depths. Recommendations on use of polymer pipes for aerodrome engineering systems are given.

Key words: cross-section of the pipe, vertical deformation, depth of laying, annular stiffness of section, the maximum allowable deformation.

Введение

В настоящее время разрабатывается достаточно много проектной документации на строительство и реконструкцию различных аэродромных сооружений. К числу таких сооружений следует отнести инженерные сети аэродромов. Большую часть инженерных аэродромных инженерных сетей представляют водоотводные, дренажные сети, сети для транспортировки загрязненных жидкостей (растворы антигололедных жидкостей), водопропускные и осушительные системы, кабелезащитные трубы. Во всех перечисленных системах используются полимерные трубы. Тем не менее, при проектировании и строительстве конструкций с применением полимерных труб не проводится оценка работы полимерных труб в указанных конструкциях. В результате происходит преждевременное разрушение конструкций, особенно тех, которые находятся в условиях многократного воздействия больших транспортных нагрузок. Поэтому, при проектировании систем инженерных коммуникаций необходимо выполнять оценку работоспособности конструкций, в которых применена полимерная труба.

Основная часть

Все трубы, выпускаемые различными предприятиями для строительства можно разделить на две большие группы:

- трубы жесткого типа, выполненные на основе бетона, хризотилцемента и керамики, хрупких металлов;
- трубы гибкого типа, выполненные на основе полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида и металлов «мягкого типа».

В настоящее время значительно возрос объем выпуска полимерных труб. Полимерные трубы, выпускаемые различными отечественными и зарубежными предприятиями, классифицируются по показателям *SDR* и *SN*. Полиэтиленовые трубы классифицируются по типу материала,

из которого они изготовлены, по типу внешней поверхности (гладкие или с гофрированной поверхностью). Для классификации труб с гладкой внешней поверхностью используется параметр SDR .

Параметр SDR представляет собой размерное отношение и может быть определен по формуле:

$$SDR = 2S + 1, \quad (1)$$

где $S = \frac{\sigma}{Mop}$; σ – допускаемое напряжение в стенке трубы, МПа;

Mop – максимальное рабочее давление, МПа.

Параметр SDR можно приближенно определить по формуле:

$$SDR = \frac{D_{нар}}{\delta_{ст}}, \quad (2)$$

где $D_{нар}$ – наружный диаметр трубы, мм; $\delta_{ст}$ – толщина стенки трубы, мм.

Наиболее часто используемые полиэтиленовые трубы, согласно [1], имеют величину $SDR = 9, 11, 13,6, 17,0, 17,5, 21, 26$ и 41 .

Параметр SDR используется для классификации полимерных труб, имеющих гладкую внешнюю и внутреннюю поверхности.

Для классификации полимерных труб, имеющих гофрированную внешнюю и гладкую внутреннюю поверхности, используется показатель кольцевой жесткости сечения SN . Кольцевая жесткость сечения SN определяется по формуле:

$$SN = \frac{EJ}{D_{нар}^3}, \quad (3)$$

где E – модуль упругости материала трубы, МПа; J – момент инерции сечения стенки трубы, m^4/m ; $D_{нар}$ – наружный диаметр трубы, м.

Модуль упругости поливинилхлоридных (ПВХ) труб в среднем значении составляет $3,6 \cdot 10^3$ МПа, а полиэтиленовых труб соответственно $1 \cdot 10^3$ МПа. Более высокое значение модуля упругости означает предрасположенность материала к «ломкости», если он не обладает

высокими значениями показателя ударной вязкости, такими как, например, у полиэтилена.

Другим элементом, определяющим величину кольцевой жесткости является момент инерции сечения стенки трубы, определяемый величиной толщины стенки трубы. Поэтому, для увеличения величины SN потребуется увеличение толщины стенки трубы.

В настоящее время выпускаются полимерные трубы с гофрированной внешней поверхностью имеющие величину $SN = 2; 4; 6; 8; 10; 12$ и 16 . В аэродромном строительстве используются трубы, имеющие величину $SN = 8 \dots 16$.

Оценка прочности полимерных труб выполняется в соответствии с методикой, приведенной в Приложении Д [2]. Основное условие, по которому определяется необходимая прочность трубы имеет вид:

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_{pp}} + \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{rp}} \leq 1,0, \quad (4)$$

где ε_p – максимальное значение деформации растяжения в стенке трубы из-за овальности поперечного сечения трубы под действием нагрузки от засыпки грунтом и транспортной нагрузки; ε_c – степень сжатия материала стенки трубы от воздействия внешних нагрузок на трубопровод; ε_{pp} – предельно допустимое значение деформации растяжения материала в стенке трубы, происходящей в условиях релаксации напряжений; ε_{rp} – предельно допустимая деформация растяжения материала в условиях ползучести.

При выполнении расчетов по оценке прочности труб гибкого типа, к которым относятся полимерные трубы, изготовленные из полиэтилена, полипропилена или поливинилхлорида, пригодность трубы оценивается по выполнению условия (4). В условии (4) приведено соотношение деформаций, а не абсолютная величина деформации по которой оценивается пригодность трубы с точки зрения обеспечения

герметичности трубопровода и особенно стыкового соединения. Оценка, выполненная по условию (4) не обеспечивает полного представления о пригодности трубы. Выполненные расчеты по методике [2] показывают, что при соблюдении условия (4), деформация поперечного сечения не обеспечивает герметичности стыкового соединения. На рис. 1 показана полиэтиленовая гофрированная труба, которая работала в условиях многократного превышения предельно допустимых деформаций и при этом не имела каких-либо разрушений материала.



Рис. 1. Разрушение гофрированной полиэтиленовой трубы

При оценке пригодности полимерных труб для строительства аэродромных инженерных сетей решающим показателем должен быть показатель суммарной деформации вертикального диаметра поперечного сечения.

Суммарная деформация вертикального диаметра поперечного сечения трубы определяется по формуле:

$$\Psi_{\Sigma} = \Psi_{гр} + \Psi_{тр} + \Psi_{п}, \quad (5)$$

где $\Psi_{гр}$ – деформация поперечного сечения трубы в результате воздействия нагрузки от засыпки траншеи грунтом; $\Psi_{тр}$ – деформация поперечного сечения трубы в результате воздействия транспортной нагрузки; $\Psi_{п}$ – деформация поперечного сечения трубы, вызванная ползучестью материала.

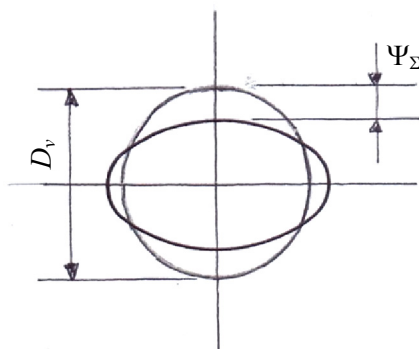


Рис. 2. Деформация поперечного сечения труб гибкого типа под воздействием нагрузок. D_v – вертикальный диаметр трубы; Ψ_{Σ} – суммарная вертикальная деформация поперечного сечения

Как показывают результаты исследований, деформация поперечного сечения трубы от нагрузки засыпки траншеи зависит от типа грунта или материала засыпки и глубины укладки трубы. С увеличением глубины укладки трубы величина нагрузки от веса засыпки возрастает. Эта зависимость соответствует линейному закону. Транспортная нагрузка, наоборот, с увеличением глубины укладки трубы уменьшается и зависимость изменения величины нагрузки больше подчиняется гиперболическому закону. Деформация, возникающая в поперечном сечении трубы, которая характеризуется ползучестью материала зависит от вида материала из которого изготовлена труба и продолжительности воздействия нагрузки на трубу. Деформация, вызванная ползучестью материала, происходит достаточно медленно во времени по сравнению, например, с деформацией от воздействия транспортной нагрузки.

Для определения характера изменения величин деформаций поперечного сечения трубы (только в вертикальном направлении) была выполнена серия расчетов по оценке прочности труб, выполненных из полиэтилена, полипропилена и поливинилхлорида. Расчеты выполнялись для труб одного и того же диаметра 600 мм при условии укладки от 0,5 до 6,0 м включительно в грунтовом массиве из суглинка. В качестве транспортной нагрузки была выбрана аэродромная нагрузка высшей нормативной категории ($P = 85000$ кгс на опору из четырех колес).

Расчеты выполнялись по методике [2] по специально разработанной программе. По результатам исследования были построены расчетные зависимости изменения величин суммарной относительной вертикальной деформации поперечного сечения трех видов полимерных труб.

Кроме того, была использована информация о нормативной предельно допустимой деформации [3] и предельно допустимой вертикальной деформации поперечного сечения соответствующей моменту потери герметичности стыкового соединения. Величина этой деформации была получена при проведении испытаний труб на предприятиях-изготовителях полимерных труб в среднем составляет 8,1%. На рис. 3 показаны результаты расчетов по определению деформаций поперечного сечения труб в вертикальном направлении.

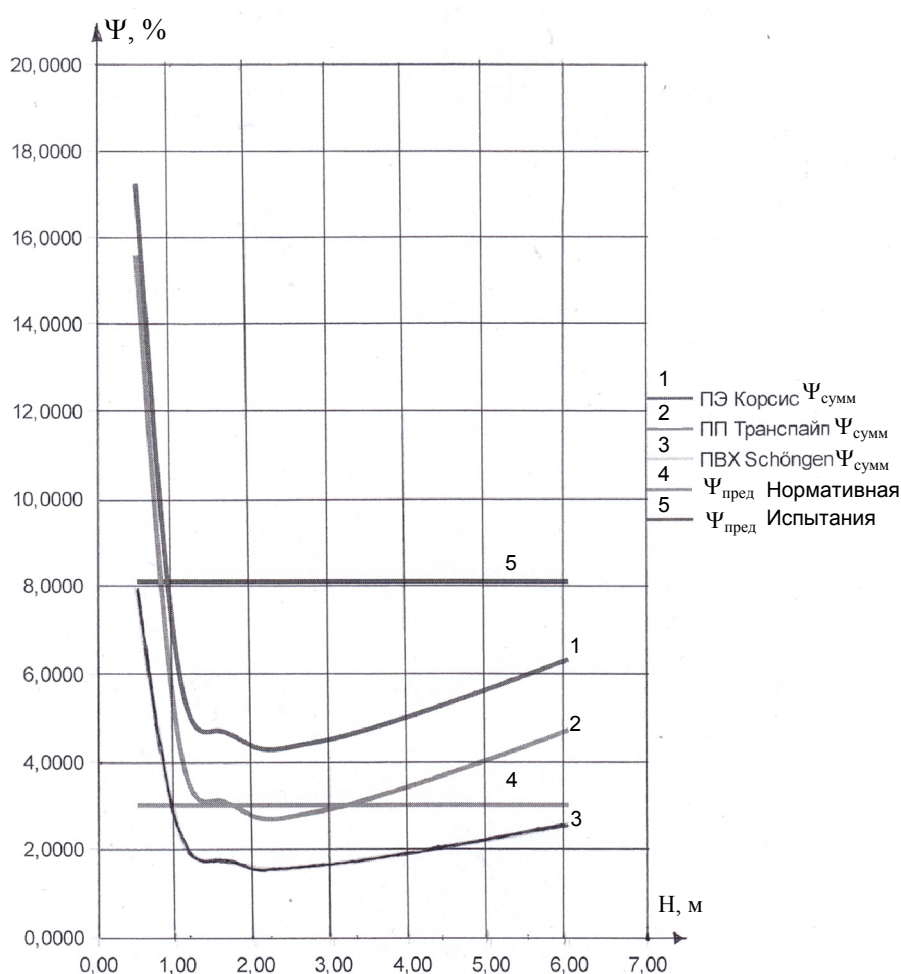


Рис. 3. Графики изменения величин относительных деформаций поперечных сечений труб

Выводы и рекомендации

В соответствии с результатами расчетов при соблюдении условия прочности (4), наблюдается значительное превышение вертикальных деформаций поперечного сечения для полиэтиленовых и полипропиленовых труб по сравнению с нормативной величиной. Трубы из поливинилхлорида (ПВХ) обладают меньшей деформативностью и при укладке на глубинах от 1 до 6 м деформация поперечного сечения на превышает нормативную. При обеспечении герметичности сети укладка полиэтиленовых и полипропиленовых труб возможна на глубинах более 1 м до 6 м включительно. Тем не менее, в результате наличия большой деформативности поперечного сечения, полиэтиленовые и полипропиленовые трубы не целесообразно применять для строительства аэродромных инженерных сетей, находящихся под воздействием аэродромных нагрузок. В этом случае предпочтительны трубы из ПВХ. Следует отметить, что для снижения величины вертикальной деформации поперечного сечения трубы рекомендуется устройство защитного слоя из сухой песчано-цементной смеси марки не ниже 100 толщиной не менее 0,30 м.

Список литературы

1. ГОСТ 18599-2001. Трубы напорные из полиэтилена. Технические условия. – М., 2003.
2. Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования: СП 40-102-2000. – М., 2001.
3. ГОСТ Р 54475-2011. Трубы полимерные со структурированной стенкой и фасонные части к ним для систем наружной канализации. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2012.

References

1. *Truby napornye iz poliehtilena. Tekhnicheskie usloviya, GOST 18599-2001* (Pressure pipes made of polyethylene. Technical conditions, State Standart 18599-2001), Moscow, 2003.

2. *Proektirovanie i montazh truboprovodov sistem vodosnabzheniya i kanalizacii iz polimernyh materialov. Obshchie trebovaniya, SP 40-102-2000* (Design and installation of pipelines of water supply and Sewerage systems made of polymeric materials. General requirements, SP 40-102-2000), Moscow, 2001.

3. *Truby polimernye so strukturirovannoj stenкой i fasonnye chasti k nim dlya sistem naruzhnoj kanalizacii. Tekhnicheskie usloviya, GOST R* (Polymer pipes with structured wall and molded parts for them for outdoor Sewerage systems. Technical conditions, State Standart 54475-2011), Moscow, Standartinform, 2012.