

УДК 628.113

Осокин И.А., Пермикин А.С

О ПРОБЛЕМАХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГОФРИРОВАННЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ ПОД НАСЫПЯМИ АВТОМОБИЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Анотація. В статті проведено аналіз роботи гофрованих водопропускних труб, що експлуатуються в Уральському регіоні, на підставі натурного обстеження, а також проведено розрахунок за методикою, представленою в ОДМ 218.2.001-2009. Результати розрахунку зіставлені з результатами обстеження, зроблені висновки.

Ключові слова: гофрована водопропускних труб, обстеження, розрахунок, робота конструкції.

Аннотация. В статье проведен анализ работы гофрированных водопропускных труб, эксплуатируемых в Уральском регионе, на основании натурного обследования, а также проведен расчет по методике, представленной в ОДМ 218.2.001-2009. Результаты расчета сопоставлены с результатами обследования, сделаны выводы.

Ключевые слова: гофрированная водопропускная труба, обследование, расчет, работа конструкции.

Annotation. in article the analysis of work of the goffered water throughput culverts maintained in Uralsk region, on the basis of natural inspection is carried out, and also calculation on by a technique presented in ОДМ 218.2.001-2009 is carried out. Results of calculation are compared with results of inspection, conclusions are drawn.

Keywords: the goffered water throughput pipe, inspection, calculation, design work.

В последние 5 лет большую популярность среди строителей набрали водопропускные трубы и другие искусственные сооружения, выполненные из гофрированного металла. Однако, конструкции из гофрированного металла известны уже более ста лет. К неоспоримым преимуществам данных сооружений относятся: относительно небольшой вес элементов конструкции, относительная простота сборки, меньшие, по сравнению с железобетонными конструкциями, сроки возведения, привлекательный внешний вид. Однако, опыт их применения остается не всегда успешным о чем свидетельствуют дефекты, наблюдаемые на трубах различных годов постройки, эксплуатируемых под насыпями автомобильных и железных дорог Уральского региона.

В силу особенностей своей конструкции и сложности полного соблюдения технологического цикла, металлические гофрированные водопропускные трубы, в ходе жизненного цикла, могут утратить значительную часть своих эксплуатационных свойств. Например, потерять проектную геометрию, что приведет к перераспределению усилий, появлению ненормативных напряжений, и, как следствие, дальнейшему развитию дефекта.

В подтверждении данного предположения, приводим результаты обследования металлических гофрированных труб, выполненные на территории Свердловской области в октябре-декабре 2011 г.

Для получения более полной информации о работе сооружений под разной нагрузкой были обследованы водопропускные трубы, эксплуатируемые под насыпями автомобильных и железных дорог. В данной статье приведены данные, полученные в ходе обследования одной железнодорожной трубы эксплуатируемой на станции Стриганово Свердловской ж.д. и пяти автодорожных труб (в том числе двух двухочковых), эксплуатируемых на автомобильной дороге Артемовский – Зайково.

В результате выполненных обмерных работ установлено, что все трубы имеют одинаковый диаметр и геометрию гофрированного листа. Диаметр составляет 1,5 м (по средней линии гофров), геометрия гофрированного листа представлена на рис.1

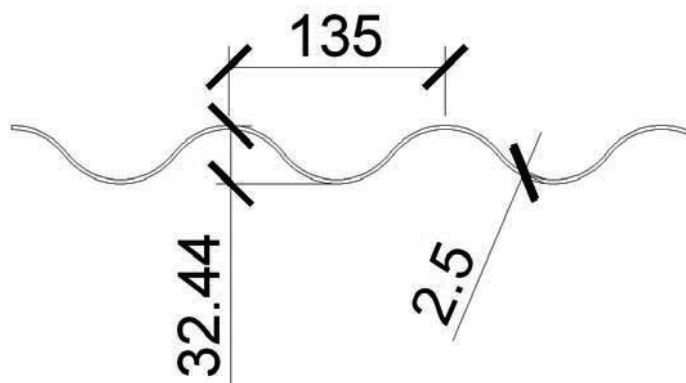


Рисунок - 1 Геометрия гофрированного листа

Длина труб составляет от 20 до 30 м. Трубы выполнены без оголовков со срезом перпендикулярно оси трубы. Насыпи выполнены из супесей и суглинков, залегающих в данной местности. Высота засыпки различна, и изменяется в пределах от 1 до 5,5 м.

В ходе обследования были выявлены следующие дефекты:

– продольный прогиб трубы имеющий наибольшее значение в зоне приложения временной нагрузки от подвижного состава, составляющий для автодорожной трубы до 140 мм, для железнодорожной трубы до 350 мм.

На рис. 2 представлен прогиб железнодорожной трубы.

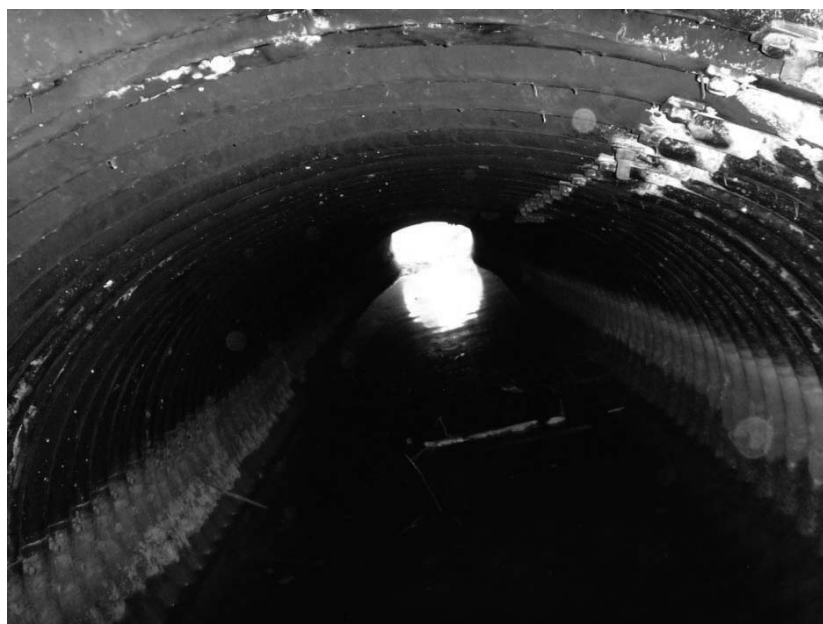


Рисунок - 2 Прогиб железнодорожной трубы

– оваллизация тела трубы. В конструкциях автодорожных труб оваллизация составила до 20 мм, а в железнодорожной трубе до 240 мм. В двухочковых автодорожных трубах наблюдается ассиметричная оваллизация. Данный дефект представлен на рис. 3.





Рисунок - 3 Овализация тела трубы

Деформации тела трубы привели к появлению местных просадок полотна проезжей части над трубами.

Помимо данных дефектов которые свидетельствуют о неправильной работе конструкции, были обнаружены также и другие дефекты: неправильная сборка звеньев железнодорожной трубы, нарушение обмазочной гидроизоляции и коррозия, местные погибы и разрывы, заиливание и обводнение отверстия трубы. Данные дефекты представлены на рис. 4,5.



Рисунок - 4 Нарушение обмазочной гидроизоляции и коррозия



Рисунок - 5 Местный разрыв тела трубы





По результатам обследования можно сделать вывод о неправильной работе сооружений данного типа. Причинами этого могут быть несоблюдение технологического цикла, а также неточности методики расчета, приведенной в нормативной базе РФ.

Для уточнения данного предположения был выполнен расчет железнодорожной трубы (как имеющей наиболее выраженные дефекты) по методике, представленной в ОДМ 218.2.001-2009.

В качестве грунта засыпки был принят тугопластичный суглинок с модулем деформации $E=8\text{Мпа}$ и углом внутреннего трения $\varphi=15$ рад. Размеры трубы и характеристики гофрированного листа принимаем по результатам обмеров: шаг между волнами 135 мм, высота листа 35 мм, толщина 2,5 мм, диаметр-1,5 м.

По результатам расчета конструкции по предельному равновесию было выявлено, что расчетная несущая способность трубы составляет:

$$q = q_{1,р} \cdot K_{у,з} = 0,33 \cdot 4,42 = 1,4586 \text{ кгс/см}^2 = 145,86 \text{ кН/м}^2, \quad (1)$$

где:

$q_{1,р}$ - расчетная несущая способность гофрированной трубы вне грунта для рекомендуемых сталей;

$K_{у,з}$ - коэффициент увеличения несущей способности гофрированной трубы за счет упругого отпора окружающего грунта.

Интенсивность нагрузки, действующей на конструкцию, составляет:

$$P_{\Pi} = P_{\text{в}} + P_{\text{в}} = 0,395 + 0,805 = 1,2 \text{ кгс/см}^2 = 120 \text{ кН/м}^2, \quad (2)$$

где:

$P_{\text{в}}$ - интенсивность постоянной нагрузки;

$P_{\text{в}}$ - интенсивность временной нагрузки.

Как видно из результатов расчета интенсивность действующих нагрузок не превышает расчетную несущую способность гофрированной трубы.

Проверка общей устойчивости формы поперечного сечения гофрированной трубы:

$$\frac{N}{\varphi \cdot F} = \frac{93}{0,74 \cdot 0,29} = 433,4 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} \leq m_2 \cdot R_0 = 0,7 \cdot 1900 = 1330 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}, \quad (3)$$

где:

N - расчетное осевое сжимающее усилие на единицу длины стенки трубы;

F - площадь продольного сечения стенки на единицу длины трубы;

m_2 - коэффициент условий работы, учитывающий условность расчетной схемы и начальные несовершенства конструкции, принимается равным 0,7;

R_0 - основное расчетное сопротивление стали при действии осевых сил;

φ - коэффициент понижения несущей способности, вводимый для предотвращения потери устойчивой формы равновесия гибкой гофрированной трубы в упругой грунтовой среде.

По результатам расчета условие устойчивости обеспечено.

Определение предельных деформаций поперечного сечения металлической гофрированной трубы.

$$\Delta \cdot D_{\text{пр,з}}^2 = \frac{q_{\text{пр,з}} \cdot D^3}{0,96EI + 0,0053E_{\text{гр}}D^3} = \frac{1,1 \cdot 0,893 \cdot 150^3}{0,96 \cdot 2,1 \cdot 10^6 + 0,4025 + 0,0053 \cdot 81,5 \cdot 150^3} = 1,48 \text{ см}, \quad (4)$$



где

$q_{пред} = 1,1q_p$ - нормативная несущая способность металлической трубы;

$E = 2,1 \cdot 10^6$ кгс/см² - модуль упругости стали;

I - момент инерции продольного сечения стенки на единицу длины металлической трубы;

D - диаметр трубы.

Условие предельных деформаций:

$$\Delta D'_{пред} \leq \frac{M_{изг} D^3}{6EI} = 2,45 \text{ см}, \quad (5)$$

где

$M_{изг}$ - изгибающий момент в стенке МГТ, соответствующий образованию пластического шарнира.

Уменьшение вертикального диаметра по формуле:

$$\Delta D_{пред} = \Delta D'_{пред} \left(\frac{2,43 \cdot 10^{-4}}{\sqrt{G}} \right) = 2,5 \text{ см}, \quad (6)$$

где

G - обобщенный показатель жесткости взаимодействующей системы "конструкция-грунт".

По результатам расчета деформации составляют:

- в горизонтальном направлении 1,48 см;
- в вертикальном направлении 2,50 см.

Что не превышает предельных значений.

Сопоставив результаты выполненных в соответствии с ОДМ 218.2.001-2009 расчетов с результатами обследований можно сделать вывод о несовершенстве приведенной в нормативной базе методики расчета.

Литература

1. ОДМ 218.2.001-2009. «Рекомендации по проектированию и строительству водопропускных сооружений из металлических гофрированных структур на автомобильных дорогах общего пользования с учетом региональных условий (дорожно-климатических зон)». - Введ. 2009-06-21. - М. : Изд-во стандартов, 2009. - 201 с.