

УДК 539.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРУБОПРОВОДОВ С ВОДОНАСЫЩЕННЫМ ГРУНТОМ

© 2011 г.

С. Мухамедова, Н. Нишонов, А. Юсупов

Институт механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т. Уразбаева АН РУз, Ташкент
(Узбекистан)

nematilla81@mail.ru

Поступила в редакцию 15.06.2011

Проведены экспериментальные исследования определения коэффициента продольного взаимодействия трубопровода с окружающим водонасыщенным грунтом и проведено сравнение полученных результатов с параметрами, которые можно получить по приближенным теоретическим формулам.

Ключевые слова: землетрясения, системы жизнеобеспечения, трубопровод, подземные сооружения, сейсмодинамика, сейсмонапряженное состояние, водонасыщенность, коэффициент продольного взаимодействия, полимерная труба, скорость нагружения.

Анализ последствий воздействия сильных землетрясений последних 20–30 лет показал, что они сопровождались нарушениями функционирования систем жизнеобеспечения, а именно повреждениями и разрушениями трубопроводов водо-, газо- и теплоснабжения.

Оценка уровня возможной сейсмической опасности является очень важной и служит основой для планирования развития городов в сейсмоактивных регионах, проектирования в них зданий и сооружений, в том числе и трубопроводов систем жизнеобеспечения, разработки планов управления сейсмическим риском.

Принципиально новым при оценке сейсмического воздействия на подземные сооружения является дифференцированный подход – использование трех существующих и дополняющих друг друга подходов.

Первый подход – эмпирический – базируется на сборе, обработке, обобщении и инженерном анализе повреждаемости трубопроводов из разных материалов и различных конструктивных особенностей при происшедших землетрясениях, и на этой основе проводится разработка показателей уязвимости инженерных сетей при землетрясениях различной интенсивности.

Второй подход основан на разработке методик и проведении экспериментальных исследований с учетом статических и динамических воздействий как в лабораторных, так и в натуральных условиях.

Третий подход основан на разработке расчетных моделей взаимодействия трубопроводов в зависимости от свойств окружающего грунтового

массива, материала трубы, ее размеров и глубины заложения, интенсивности сейсмического воздействия.

Сейсмодинамическая теория подземных сооружений охватывает все вышеуказанные подходы [1]. Она основана на экспериментальном изучении физической природы взаимодействия сооружения с грунтом, определении параметров, характеризующих свойства этих взаимодействий. В уравнениях сейсмодинамики подземных сооружений, описывающих их движение в сейсмическом поле, свойства грунта учитываются через некоторые параметры, выражающие различие между деформациями грунта и сооружения. Такими параметрами для линейных участков трубопровода являются коэффициенты продольного и поперечного взаимодействия [2].

Сейсмонапряженное состояние подземного сооружения существенно зависит от свойств окружающего его грунтового массива. При этом наиболее неблагоприятным является прокладка трубопроводов в слабых грунтах, в том числе и в грунтах с высокой влажностью (водонасыщенных), когда их состояние близко к потере несущей способности, а также на участках, где грунты обладают высокими коррозионными свойствами.

Эти факторы приводят к поиску новых технических решений – расширению зон прокладки трубопроводов и использованию полимерных труб в регионах с высокой сейсмической активностью [3, 4].

С этой целью поставлена задача экспериментального определения коэффициента продольного взаимодействия трубопровода с окружающим

грунтом и их сравнение с параметрами, которые можно получить по приближенным теоретическим формулам.

Эксперименты проводились со стальными и полимерными трубами, уложенными в песчанике и суглинке, на экспериментальных установках по методикам Т. Рашидова и Г. Хожметова [1, 2].

Результаты экспериментов показывают, что диаграммы «нагрузка–перемещение» практически во всех случаях имеют, в основном, нелинейный характер.

Линейная часть диаграммы весьма мала и существенно зависит от глубины заложения, физико-механических свойств грунта и интенсивности нагрузки. Так, с увеличением глубины заложения трубы линейная часть диаграммы удлиняется, что свидетельствует о влиянии вертикального давления грунта, определяемого для насыпи и траншеи различными формулами [5].

Нелинейность диаграммы можно выразить в общем случае через упруго-вязко-пластическую, упруго-вязкую или упругопластическую модели взаимодействия [1], которые при малых перемещениях можно свести к упругой модели взаимодействия в виде:

$$\tau = K_x u,$$

где τ – интенсивность касательных сил, u – перемещение трубы относительно грунта, K_x – коэффициент продольного взаимодействия.

На основе выбранной модели упругого взаимодействия определим коэффициент продольного взаимодействия. На рис. 1 представлены зависимости коэффициентов K_x от влажности грунта при взаимодействии полимерной трубы ($D_H = 0.1$ м, $l = 2$ м, $H = 0.9$ м) с суглинком, а на рис. 2 – кривая зависимости K_x от скорости нагружения стальной трубы, $H = 0.6$ м, $W = 28\%$.

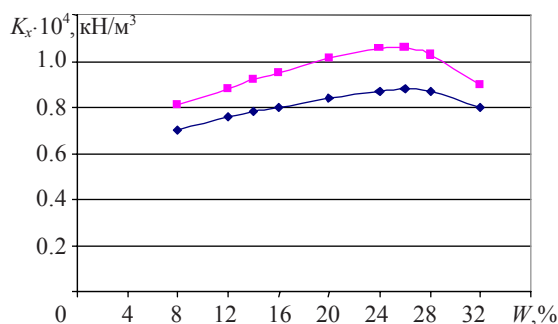


Рис. 1

По результатам проведенных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы. Полученные результаты для коэффициента продольного взаимодействия K_x при увлажненном грунте сравнены с значением K_x при сухом грунте.

Из рис. 1 видно, что влажность грунта до 24% увеличивает значения K_x , далее при влажности больше 24% значения K_x уменьшаются.

Из полученных экспериментальных исследований видно, что при учете влажности грунта и материала трубы результаты K_x значительно отличаются от полученных ранее. Как и следовало ожидать, при влажности грунта $W > 30\%$ его можно рассматривать как вязкую жидкость.

Была проведена серия экспериментов для исследования влияния скорости нагружения на параметры взаимодействия трубы с грунтом. При этом в четырех режимах нагружения продольное усилие на трубу возрастало в среднем после каждых 10 секунд: 250 Н, 320 Н, 530 Н, 600 Н. Результаты экспериментов по определению коэффициента взаимодействия K_x в зависимости от скорости нагружения приведены на рис. 2. Из графика видно, что с ростом скорости нагружения коэффициент продольного взаимодействия K_x уменьшается.

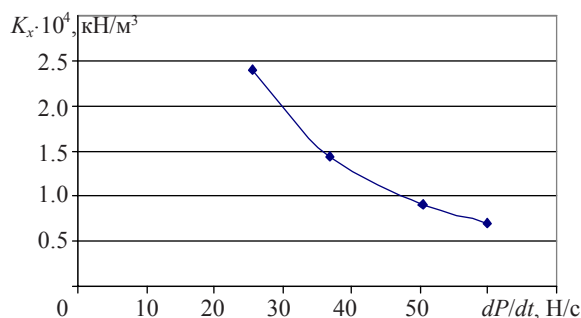


Рис. 2

Результаты экспериментально полученных параметров сравнены с результатами, полученными по приближенной формуле

$$K_x = \alpha \frac{G_B}{100B} + \beta,$$

где α и β – коэффициенты, зависящие от грунтовых условий, G_B – вертикальное давление грунта на погонную длину трубы, B – ширина траншеи при траншейной укладке трубопровода; если трубопровод укладывается в насыпи, то необходимо брать $B = D_H$.

Список литературы

1. Рашидов Т. Динамическая теория сейсмостойкости сложных систем подземных сооружений. Ташкент: Фан, 1973. 180 с.
2. Рашидов Т., Хожметов Г. Сейсмостойкость подземных трубопроводов. Ташкент: Фан, 1985. 152 с.
3. Косимов А.Г. Применение пластмассовых труб в системе канализации с учетом сейсмичности: Автореф. канд. дис. М., 1989.
4. Damage to water pipes during the Great Hanshin –

Awadji Earthquake and their evaluation. Japan Water Works Association, 1996.

5. Клейн Г.К. Расчет подземных трубопроводов. М.: Стройиздат, 1969. 240 с.

**DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF INTERACTION OF PIPELINES
WITH WATER-SATURATED SOILS**

S. Mukhamedova, N. Nishonov, A. Yusupov

The article deals with experimental studies to determine the coefficient of longitudinal interaction of a pipeline with the surrounding water-saturated soil; the results are compared with parameters that can be obtained from the approximate theoretical formulas.

Keywords: earthquake, lifeline system, pipeline, underground structures, seismic dynamics, seismic stress state, water saturation, coefficient of longitudinal interaction, polymer pipe, load rate.