



СРАВНЕНИЕ ПОЛИЭТИЛЕНОВОГО И СТАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИИ

Юрий Хрустов, Евгений Бутринов, Владислав Коврига

В нашем журнале уже рассматривались основные положения расчета трубопроводов на сейсмическое воздействие [1], в частности, принятые в Европе [2] и Индии [3].

В настоящей статье приведены результаты сравнительных расчетов полиэтиленовых и стальных газопроводов при поперечном оползневом смещении грунта, а также при пересечениях разлома сброса, которые возникают при землетрясениях.

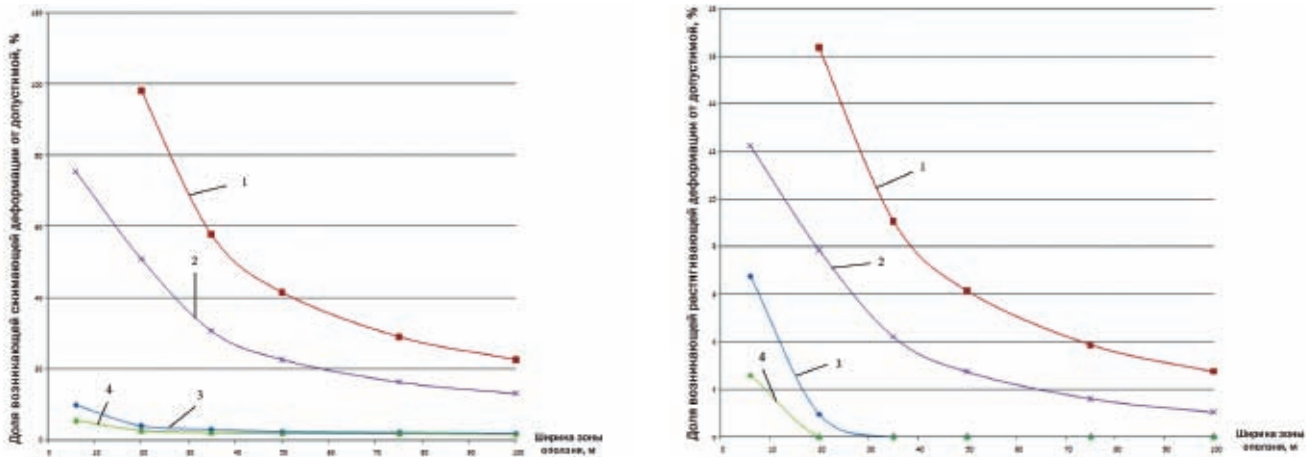


Рис. 1. Зависимость растягивающей (а) и сжимающей (б) деформации (в % от допустимой) от ширины зоны оползня при поперечном пересечении оползня газопроводом:

- 1 – стальной трубопровод, смещение грунта 5% от ширины зоны оползня;
- 2 – стальной трубопровод, смещение грунта 10% от ширины зоны оползня;
- 3 – ПЭ трубопровод, смещение грунта 5% от ширины зоны оползня;
- 4 – ПЭ трубопровод, смещение грунта 10% от ширины зоны оползня.

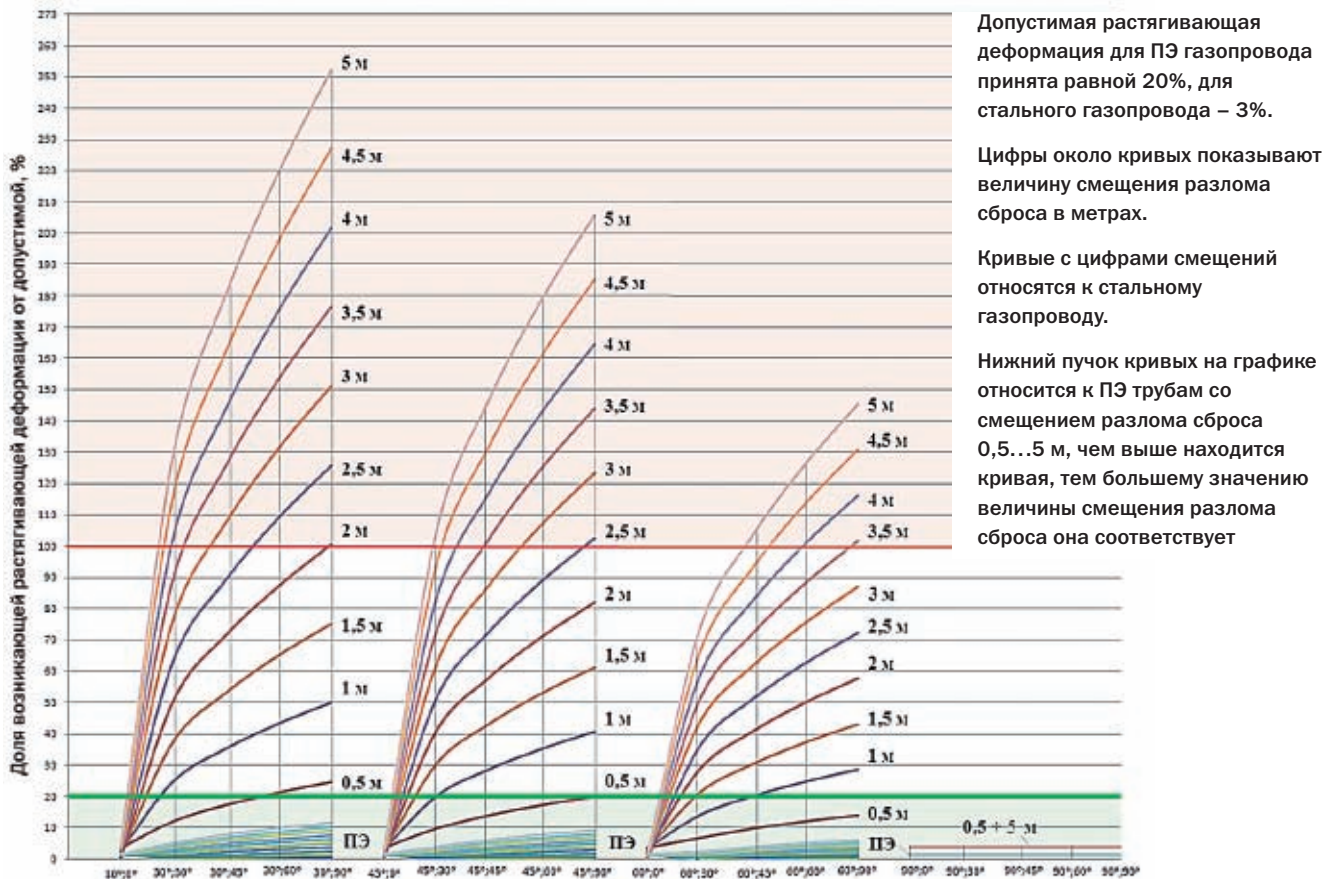
Расчеты выполнены для полиэтиленового газопровода наружным диаметром 315 мм, SDR 11 из ПЭ 80 и стального газопровода наружным диаметром 325 мм с толщиной стенки трубы 5 мм, марка стали – 09Г2С.

Температура эксплуатации газопроводов принята равной 0°С, температура монтажа – 20°С; внутрен-

нее давление в газопроводах – 0,6 МПа; внешние нагрузки на газопроводы отсутствуют.

Газопроводы уложены в траншею на глубину, равную 1 м до его оси. Грунт по трассе строительства состоит из песка с коэффициентом сцепления, равным 30 кПа, угол внутреннего трения равен 30°. Удельный вес песка равен 18 кН/м³.

Рис. 2. Зависимость растягивающей деформации трубопровода от величины смещения грунта при разломе сброса



Допустимая растягивающая деформация для ПЭ газопровода принята равной 20%, для стального газопровода – 3%.

Цифры около кривых показывают величину смещения разлома сброса в метрах.

Кривые с цифрами смещений относятся к стальному газопроводу.

Нижний пучок кривых на графике относится к ПЭ трубам со смещением разлома сброса 0,5...5 м, чем выше находится кривая, тем большему значению величины смещения разлома сброса она соответствует

Газопроводы были рассчитаны на сейсмостойкость при поперечном оползневом смещении при ширине зоны оползня – 6...100 м и смещении грунта 0,5...10 м.

Для анализа были взяты величины зоны оползня, близко соответствующие тем, что приводятся в [2].

На рис. 1 представлены графики зависимости растягивающей и сжимающей деформации (в % от допустимой), возникающих при смещениях грунта 5% и 10% от ширины зоны оползня при поперечном пересечении оползня полиэтиленовым и стальным газопроводами.

Величина допустимой растягивающей и сжимающей деформации ПЭ газопровода в расчетах была принята равной 20%, для стального газопровода допустимая растягивающая деформация составляет 3%, а допустимая сжимающая деформация по результатам расчета для данного стального газопровода составляет 0,54% [2].

Как видно из рис. 1, доля возникающей растягивающей и сжимающей деформации от допустимой при смещениях грунта 5% и 10% от ширины зоны оползня для стального газопровода больше, чем для ПЭ при их поперечном пересечении оползня, поэтому **полиэтиленовые газопроводы имеют 10-кратный запас деформативности** по сравнению со стальными.

Газопроводы, приведенные в примере, были рассчитаны на сейсмостойкость при пересечении разлома сброса при смещении грунта 0,5...5 м.

На рис. 2 приведена зависимость растягивающей деформации (в % от допустимой) для ПЭ и стального газопроводов при смещениях грунта 0,5...5 м.

Как видно из рис. 3, при смещениях разлома сброса 0,5...5 м растягивающая деформация ПЭ газопровода не превышает 12% от допустимой.

Растягивающая деформация стального газопровода укладывается в рамки допустимых значений при смещении разлома сброса до 2 м включительно при

угле наклона разлома 30° и при угле пересечения с разломом 0...90°.

Смещения грунта более 2 м при самых неблагоприятных условиях могут оказаться разрушающими для стального газопровода, потому что возникают растягивающие деформации, превышающие допустимые значения.

При пересечении разлома наиболее опасными для трубопроводов являются растягивающие деформации в осевом направлении. При угле наклона разлома 90° осевые деформации трубопровода отсутствуют, поэтому такой наклон разлома сброса является самым благоприятным для трубопроводов при их пересечении.

Чем меньше угол наклона разлома сброса, чем под более тупым углом газопровод пересекает линию разлома и чем больше величина смещения разлома, тем большие растягивающие деформации он испытывает, и, соответственно, более подвержен разрушению. Проведенный расчет выявляет преимущества ПЭ газопроводов, т.к. допустимая растягивающая деформация стальных трубопроводов существенно меньше, чем у полиэтиленовых.

Выводы

– По результатам расчета и построенных на его основе графиков, приведенных на рис. 1, 2, видно, что ПЭ трубопроводы при пересечениях зон оползней и разломов испытывают деформации в пределах допустимых.

– При пересечениях потенциальных разломов ПЭ трубопроводы испытывают намного меньшие относительные растягивающие деформации по сравнению со стальными.

– Большие смещения грунта при разломах, которые возникают при крупных землетрясениях, могут оказаться губительными для трубопроводных систем из стали, в то время как трубопроводные системы из ПЭ будут сохранять работоспособность.

Литература

1. Хрустов Ю.Н., Бутринов Е.В., Коврига В.В., Поведение полиэтиленового трубопровода при землетрясении: методы расчета. – Полимерные трубы, №3, 2008.
2. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 4: Silos, tanks and pipelines.
3. Dash, S.R. and Jain, S.K. IITK-GSDMA Guidelines for seismic design of buried pipelines: provisions with commentary and explanatory examples. – National Information Center of Earthquake Engineering, Kanpur, India, 2007.
4. Коврига В.В. Полиэтиленовые трубы выдерживают землетрясения. – Полимерные трубы, №3, 2006.
5. Seismic Guidelines for Water Pipelines. A report by public-private partnership between Federal Emergency

Management Agency (FEMA) and National Institute of Building Sciences (NIBS). – American Lifelines Alliance (ALA), 2005.

6. Flores-Berrones, R. and Liu, X. Seismic vulnerability of buried pipelines. – Geofisica International, 2002, vol. 42, p. 237-246.

7. O'Rourke, M.J. and Liu, X. Response of Buried Pipelines Subject to earthquake Effects, Monograph Number 5, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, SUNY-buffalo, New York, 1999.

8. JGA-209-03 «Руководство по проектированию сейсмоустойчивых газопроводов низкого и среднего давления».

9. JGA-206-03 «Руководство по проектированию сейсмоустойчивых газопроводов высокого давления».