

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЯПОНСКИХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ТРУБОПРОВОДОВ НА СЕЙСМОАКТИВНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Юрий Хрустов, Владислав Коврига

В предыдущих номерах журнал «Полимерные трубы» информировал читателей о зарубежных нормативных документах по проектированию подземных трубопроводных систем в сейсмических районах: индийском «IITK-GSDMA Guidelines for seismic design of buried pipelines: provisions with commentary and explanatory examples» [1] и Европейском стандарте «EN 1998-4:2006 Eurocode 8:

Design of structures for earthquake resistance – Part 4: Silos, tanks and pipelines» [2]. В июльском номере журнала «Полимерные трубы» за 2006 год была опубликована статья «Полиэтиленовые трубы выдерживают землетрясения» [3] по статистике разрушений газопроводов после землетрясений, которые происходили в Японии в 1995 г. Сегодня можно представить читателю нормативные документы Японской Газовой Ассоциации: JGA-209-03 «Руководство по проектированию сейсмостойчивых газопроводов низкого и среднего давления» [4] и JGA-206-03 «Руководство по проектированию сейсмостойчивых газопроводов высокого давления» [5].



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

Целью разработки технического руководства JGA-209-03 является установление технических норм для проектирования внутригородских газопроводов среднего и низкого давления, повышения уровня сейсмоустойчивости газопроводов и обеспечение тем самым безопасной подачи газа и безопасности газифицированных районов. Основанием для разработки данного документа являлись результаты анкетирования «О состоянии защиты от землетрясений в газовой отрасли», проведенного в апреле 1971 г. Комитетом по Инспекции предприятий газовой отрасли в крупных городах.

Техническое руководство JGA-209-03 применяется при проектировании вновь сооружаемых сейсмоустойчивых подземных газопроводов давлением до 1 МПа.

Основными материалами, из которых изготавливаются трубы для строительства трубопроводов на сейсмоактивных территориях, являются ПЭ, сталь и чугун.

При производстве работ по проектированию газопроводов, помимо проектирования свойств сейсмоустойчивости, необходимо соблюдать правила стандартов и руководств, которые регламентируют проведение контроля качества и процесса работ (контроль сварочных работ, проверка герметичности).

В данном стандарте приведена терминология и необходимые пояснения для проектирования трубопроводных систем на сейсмоактивных территориях.

Основные термины:

трубопроводные системы; гибкость; вводимые смещения грунта; способность поглощать смещения грунта; прогнозируемые смещения грунта; стандартные прогнозируемые смещения грунта; стандартная деформация; стандартные смещения; условия подземной прокладки; трубопроводные системы в трехмерном пространстве; коэффициент эквивалентной упругости.

В «Основной раздел» JGA-209-03 входят:

- основные идеи, используемые при проектировании устойчивых к землетрясению газопроводов;
- способ оценки и оцениваемые параметры при определении степени устойчивости к землетрясениям;
- расчетные смещения грунта;
- задание условий при проектировании подземных газопроводов;
- способность прямых газопроводов поглощать перемещения грунта параллельно направлению газопроводов;
- способность прямых газопроводов поглощать перемещения грунта перпендикулярно направлению газопроводов;
- способность газопроводов, расположенных в трехмерном пространстве, поглощать колебания грунта;

– значения стандартных (допустимых) искривлений для газопроводов, изготовленных из различных материалов, и эквивалентный коэффициент упругости;

– стандартные (допустимые) перемещения соединительных элементов.

Основной идеей JGA-209-03, которая используется при проектировании сейсмоустойчивых газопроводов, является уменьшение ущерба газопроводам среднего и низкого давления при наступлении землетрясения за счет увеличения свойств гибкости газопроводных систем. Оценка сейсмоустойчивости газопроводных систем осуществляется путем сравнения их способности поглощать смещения грунта с расчетными смещениями грунта, которые задаются с учетом типов трубопроводов, условий подземной прокладки трубопроводов.

Расчет прогнозируемых смещений грунта, которые используются для оценки гибкости трубопроводов, в JGA-209-03 производится по следующим формулам:

1) в горизонтальном направлении (по оси трубопровода): $U = a_1 \cdot a_2 \cdot U_0$;

2) в вертикальном направлении (перпендикулярно оси трубопровода): $V = 1/2 U$.

Здесь, a_1 – вспомогательный коэффициент, задающий условия района. В зависимости от района a_1 берется равным 1,0; 0,8; 0,6; 0,4.

Вспомогательный коэффициент условий района (a_1) установлен на основании документа JGA-206-03 «Руководство по проектированию сейсмоустойчивых газопроводов высокого давления».

a_2 – поправочный коэффициент, который вводит в расчетную формулу тип труб и условия подземной прокладки трубопровода.

Коэффициент a_2 определяется по таблице 1.

Таблица 1. Вспомогательный коэффициент типа труб и условий подземной прокладки (a_2)

Рабочее давление газопровода	Условия подземной прокладки		
	I	II	III
от 0,3 МПа до 1 МПа	0,9	1,3	1,8
от 0,1 МПа до 0,3 МПа	0,7	1,0	1,4
до 0,1 МПа	0,5	0,7	1,0

U_0 – стандартное расчетное смещение грунта, устанавливается на уровне 5,0 см.

Условия подземной прокладки газопроводов зависят от грунта на территории строительства, а также от частных условий прокладки. Эти условия задаются следующими группами.

1. Районы, в которых грунт в основном представлен одним из перечисленных ниже, или районы, в которых наблюдается смешение грунтов нижеприведенных типов:

1. Грунт до третичного периода (скальный грунт).
2. Делювиальные отложения.
3. Делювиальные отложения с толщиной слоя не более 10 м или рыхлые слои с толщиной слоя не более 5 м.

II. Районы, в которых преобладают делювиальные отложения с толщиной слоя свыше 10 м или рыхлые слои с толщиной слоя свыше 5 м.

III. Грунты и районы, представленные ниже:

1. Грунты, указанные в пунктах I и II, присутствуют одновременно или смешиваются.

2. Районы, указанные в пункте II, при условии, что в этих районах имеются сооружения большого масштаба, ограничивающие перемещение грунта, или районы, где перемещения грунта носят прерывистый характер.

Необходимые параметры для расчета способности материала труб поглощать смещение грунта: стандартная деформация материала труб (ϵ_0) и коэффициент эквивалентной эластичности (E). Согласно JGA-209-03, для разных типов труб принимаются значения этих параметров, указанные в табл. 2.

Таблица 2. Стандартная деформация (ϵ_0) и коэффициент эквивалентной эластичности (E) труб из различных материалов согласно JGA-209-03

Материал труб	ϵ_0 , %	E, Н/см ²
Сталь	3	2,94 x 10 ⁶
Ковкий чугун	2	2,94 x 10 ⁶
Полиэтилен	20	2,94 x 10 ⁴

Стандартные значения деформации для гибких соединений, полученных без применения сварки (механические и вставные соединительные муфты, присоединяемые к чугунным трубам, механические, резьбовые соединения стальных и иных трубопроводов) определяют опытным путем, проводя испытания. Стандартная деформация в этом случае принимается за деформацию на момент разгерметизации газопровода, повреждения или значительной деформации соединительного элемента.

В отдельном разделе JGA-209-03 приводятся примеры задания условий для проектирования подземных газопроводов, расчета способности прямых газопроводов поглощать продольные и поперечные перемещения грунта, расчета трехмерной модели газопровода с точки зрения способности поглощать колебания грунта.

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

Для проектирования газопроводов, устойчивых к землетрясению первого уровня, руководство JGA-206-03 содержит разделы, освещающие следующие вопросы:

- Прочность и способность к деформации различных видов материалов для строительства трубопроводов;
- Порядок работ при проектировании трубопровода, устойчивого к землетрясению 1 уровня;

- Рассмотрение коэффициентов значимости параметров при проектировании трубопроводов, устойчивых к землетрясению;
- и другие (всего 16 основных разделов).

Ниже перечислены материалы JGA-206-03 для проектирования газопроводов, устойчивых к землетрясению второго уровня:

- порядок работ при проектировании трубопровода устойчивого к землетрясению 2-го уровня;
- скорость возникновения ответной реакции при наступлении землетрясения 2-го уровня (на основании анализа данных, зафиксированных во время землетрясения в южной части преф. Хёго);
- программирование землетрясения 2-го уровня (проектируемое землетрясение II) шельфового типа;
- программирование районов применения для землетрясения 2-го уровня шельфового и материкового типа;
- рассмотрение скорости V_s волны распространения тангенциального напряжения и упругости после влияния нелинейных ответных реакций грунта при возникновении землетрясения 2-го уровня;
- деформация неглубокого неровного слоя грунта при землетрясении 2-го уровня;
- сравнение результата исследования деформаций прямых трубопроводов методом конечных элементов и методом простого расчета;
- сравнение результата исследования деформаций трубопроводов особой формы методом конечных элементов и методом простого расчета;
- количество повторений деформаций при землетрясении 2-го уровня;
- вид газопроводов высокого давления при деформации 3%.

В JGA-206-03 есть примеры расчета деформации трубопровода при землетрясении 1-го и 2-го уровня.

В настоящее время ОАО «Газпром промгаз» осуществляет перевод JGA-209-03 «Руководство по проектированию сейсмоустойчивых газопроводов низкого и среднего давления» и JGA-206-03 «Руководство по проектированию сейсмоустойчивых газопроводов высокого давления».

Литература

1. 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.
2. BS EN 1998-4:2006 EUROCODE 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 4: Silos, tanks and pipelines. European Committee for Standard.
3. Коврига В.В. Полиэтиленовые трубы выдерживают землетрясение. – Полимерные трубы, №3, 2006.
4. JGA-209-03 «Руководство по проектированию антисейсмических газопроводов низкого и среднего давления».
5. JGA-206-03 «Руководство по проектированию газопроводов высокого давления».