

Определение сейсмической нагрузки при воздействии на надземные стальные газопроводы

Т.В. Ефремова, Д.С. Богиян

*Институт архитектуры и строительства
Волгоградский Государственный технический университет*

Аннотация: В статье рассмотрено влияние сейсмической нагрузки при различной балльности на надземные стальные газопроводы различных диаметров в зонах возможных землетрясений. Исследовано изменение доли сейсмической нагрузки к общей нагрузке, действующей на газопроводы в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: сейсмическая активность, нагрузки на газопроводы, анализ сейсмической активности, степень сейсмической опасности.

В последние годы внимание всего мира все больше обращено к повреждениям несущих элементов зданий в результате землетрясений.

Такие элементы, как фасадные системы, внутренняя отделка, различные механизмы, трубопроводы и распределительные линии, если они были рассчитаны только на статическую работу, как правило, не в состоянии выдержать дополнительную горизонтальную нагрузку, возникающую в результате землетрясения, даже если оно имеет малую интенсивность [1,2].

Землетрясение может привести к смещению тяжелого оборудования, например, трансформаторов или распределительных подстанций, обрушению или деформации трубопроводов и линий электропередач, что может привести к печальным последствиям, таким, как:

- распространение пожара или взрыв горючих газов в результате повреждения электропроводки;
- загрязнение или отравление опасными жидкостями;
- преграждение путей эвакуации;
- прекращение функционирования систем здания, обеспечивающих общественную безопасность;
- остановка производственных процессов.

Исследования показали, что стоимость ремонта после землетрясения в значительной степени зависит от повреждений несущих элементов зданий,

че восстановление иногда много дороже, чем восстановление несущих конструкций. Как правило, при расчете несущих элементов преобладают нагрузки от собственного веса и эксплуатационные нагрузки [3].

Это применимо и к ненесущим конструкциям и различному оборудованию, а также к монтажным системам.

В случае землетрясения на трубопроводы передаются горизонтальные усилия за счет некоторых колебаний земной поверхности. Поэтому оценка сейсмических рисков площадки и специфика сооружения при проектировании в сейсмоактивных зонах имеют важное значение [4,5]

При проектировании наружных газопроводов в сейсмоопасных районах необходимо добиваться такого положения газопровода, при котором он выдерживает с запасом все максимальные нагрузки и потенциальные воздействия в процессе эксплуатации [6,7,8]

Наибольшую сложность при определении нагрузок и воздействий представляет сейсмическая нагрузка, зависящая от многих критериев как постоянного, так и переменного значения. Расчетная сейсмическая нагрузка [9,10] (силовая или моментная) по направлению обобщенной координаты с номером j , приложенная к узловой точке k РДМ и соответствующая i -й форме собственных колебаний и сооружений, определяется по формуле:

$$p_s = k_0 \cdot k_1 \cdot p_{s0}, \quad (1)$$

p_{s0} – значение сейсмической нагрузки [2] для i -й формы собственных колебаний здания или сооружения, определяемое в предположении упругого деформирования конструкций по формуле:

$$p_{s0} = g \cdot m_r \cdot A \cdot K_A \cdot \beta_i \cdot k_{\psi} \cdot \eta_{ik}, \quad (2)$$

Исходя из полученного выражения, произведен расчет сейсмической нагрузки для различных диаметров стальных газопроводов при сейсмической активности в 7, 8 и 9 баллов. Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1. - Сейсмические нагрузки, воздействующие на надземные газопроводы

Диаметр газопровода, мм	Нагрузки, воздействующие на надземные газопроводы, кПа, при сейсмической активности					
	7 баллов		8 баллов		9 баллов	
32	236	25	260	49	309	99
38	242	26	268	52	320	104
45	249	28	277	56	333	112
57	262	31	293	62	355	124
76	291	38	329	77	406	153
89	341	52	393	104	498	209
108	378	62	440	124	563	247
133	441	79	520	157	677	315
159	514	99	613	197	810	394
219	743	162	905	324	1229	647
273	994	232	1226	464	1690	927
325	1148	273	1420	546	1966	1092
426	1460	357	1817	714	2530	1427
530	1790	445	2235	890	3125	1781
630	2097	526	2624	1053	3677	2106
720	2610	668	3278	1337	4615	2674
820	3199	832	4031	1664	5695	3327
920	3573	931	4505	1862	6367	3724
1020	4260	1122	5381	2243	7625	4487

По полученным значениям таблицы 1, построены графики для 7,8 и 9 баллов (рис. 1).

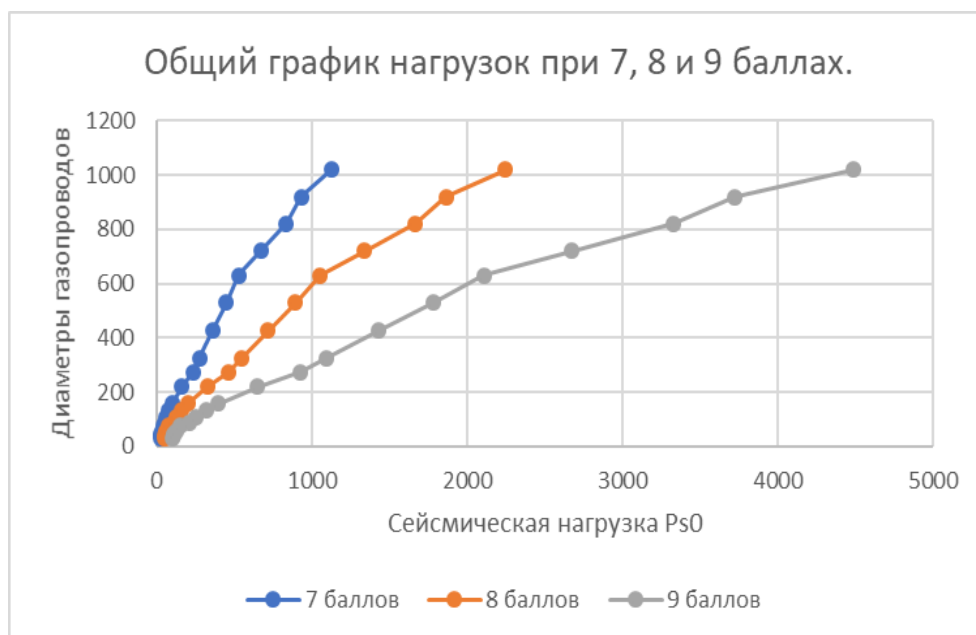


Рис.1. Общий график зависимости нагрузок на диаметры газопровода при сейсмичности 7,8 и 9 баллов

Исходя из полученных данных таблицы 1 и рис. 1, можно определить процентное соотношение сейсмической и общей нагрузок, воздействующих на надземные газопроводы (таблица 2 и рис. 2).

Таблица 2 – процентное соотношение сейсмической и общей нагрузок

Диаметр газопровода, мм	Сейсмическая нагрузка на газопровод, %		
	7 баллов	8 баллов	9 баллов
1	2	3	4
32	11	19	32
38	11	19	32
45	11	20	34
57	12	21	35
76	13	23	38
89	15	26	42
108	16	28	44
133	18	30	46

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
159	19	32	49
219	22	36	53
273	23	38	55
325	24	38	56
426	24	39	56
530	25	40	57
630	25	40	57
720	26	41	58
820	26	41	58
920	26	41	58
1020	26	42	59

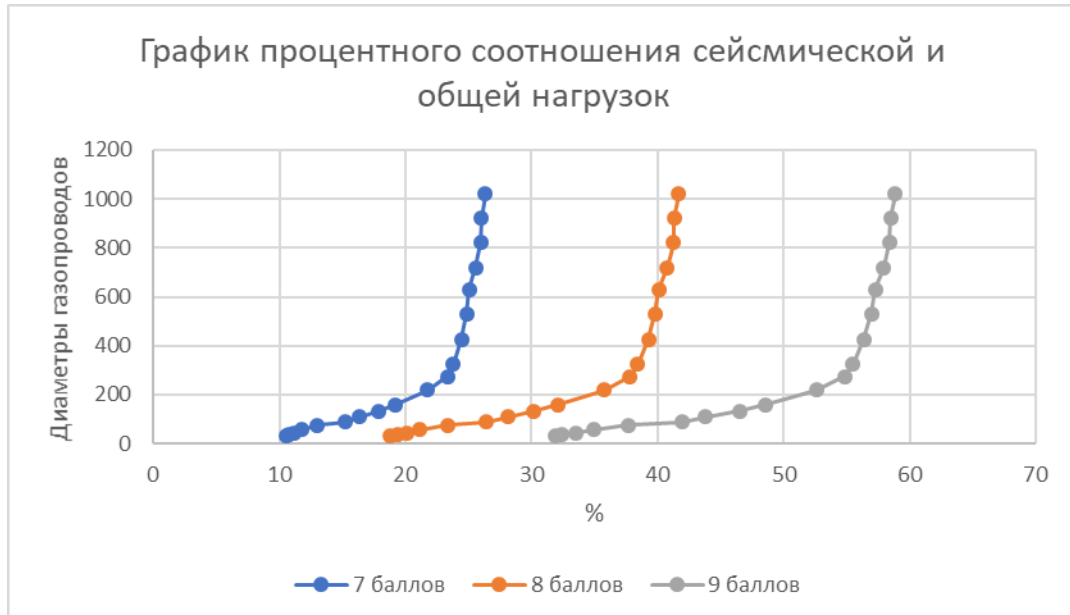


Рис.2 График процентного соотношения сейсмической и общей нагрузок

Анализ полученных результатов показывает, что сейсмическая нагрузка в процентном отношении составляет от 11 до 59 %, причем увеличение доли нагрузки наблюдается как с увеличением диаметра, так и с увеличением сейсмической активности. При этом увеличение доли сейсмической нагрузки для диаметров от 32 до 273 мм имеет более плавную линию, а при больших диаметрах линия доля сейсмической нагрузки возрастает более резко. Учет сейсмической нагрузки при проектировании надземных стальных газопроводов позволяет обеспечить нормальное функционирование системы газоснабжения даже при высокой сейсмической активности в районе строительства.

Литература

1. Alaska Pipeline Explosion! Earth Island Journal. 1998. Т. 14. № 1. p. 21.
URL: elibrary.ru/keyword_items.asp?id=1744963&show_option=0.
2. Lamkie A.J., Davis D. Night Into Day: The Edison, New Jersey, Gas Pipeline Explosion. Fire Engineering Journal. 1995. Т.148. № 5. pp. 34-42.
URL: elibrary.ru/item.asp?id=2367660.
3. Ефремова Т.В., Меньшов Р.В. Основные аспекты реконструкции системы газоснабжения ОАО «Волгограднефтемаш» // Инженерный вестник Дона, 2022, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2022/7492.
4. Прокопов А.Ю., Акопян В.Ф., Гаптлисламова К.Н. Изучение напряженно-деформированного состояния грунтового массива и взаимного влияния подземных конструкций существующих и вновь возводимых сооружений в береговой зоне морского порта Тамань // Инженерный вестник Дона, 2013, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2104.

5. Наваррете, Д.Д.Х. Особенности строительства трубопроводов в районах с высокой сейсмичностью. Уфа, 2013. – 163 с.
6. Гумеров, Р.А. Научно-методическое обоснование системы автоматизированного мониторинга магистральных нефтепроводов на сейсмоопасных участках: дис. канд.техн. наук.: Уфа: УГНТУ, 2017. – 174 с
7. Фигаров, Э.Н. Разработка методики оценки напряженно-деформированного состояния трубопровода в зонах активных тектонических разломов с целью обеспечения его безопасной эксплуатации: дис. канд.техн. наук. М.: РГУ им. Губкина, 2014. – 127 с.
8. Николаев, А.В. Сейсмические свойства грунтов. М.: Изд-во «Наука», 1965. – 184 с.
9. Гехман, А.С. Расчёт, конструирование трубопроводов в сейсмических районах. М.: Стройиздат, 1988. – 184 с.
10. Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance - Part 4: Silos, tanks and pipelines. 1998. p 79. URL: phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/12/en.1998.4.2006.pdf

References

1. Alaska Pipeline Explosion! Earth Island Journal. 1998. Т. 14. № 1. p. 21. URL: elibrary.ru/keyword_items.asp?id=1744963&show_option=0.
 2. Lamkie A.J., Davis D. Night Into Day: The Edison, New Jersey, Gas Pipeline Explosion. Fire Engineering Journal. 1995. Т.148. № 5. p.p. 34-42. URL: elibrary.ru/item.asp?id=2367660.
 3. Efremova T.V., Men'shov R.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2022/7492.
 4. Prokopov A.Ju., Akopjan V.F., Gaptlislamova K.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2104.
-

5. Navarrete, D.D.H. Osobennosti stroitel'stva truboprovodov v rajonah s vysokoj sejsmichnost'ju [Features of pipeline construction in areas with high seismicity].: dis. kand. tehn. nauk.: Ufa, 2013. 163 p.
6. Gumerov, R.A. Nauchno-metodicheskoe obosnovanie sistemy avtomatizirovannogo monitoringa magistral'nyh nefteprovodov na sejsmoopasnyh uchastkah [Scientific and methodological substantiation of the automated monitoring system of oil trunk pipelines in earthquake-prone areas].: dis. kand.tehn. nauk.: Ufa: UGNTU, 2017. 174 p.
7. Figarov, Je.N. Razrabotka metodiki ocenki naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija truboprovoda v zonah aktivnyh tektonicheskikh razlomov s cel'ju obespechenija ego bezopasnoj jekspluatacii: dis. kand.tehn. nauk [Development of a methodology for assessing the stress-strain state of the pipeline in the zones of active tectonic faults in order to ensure its safe operation]. Moskva, RGU im. Gubkina, 2014. 127 p.
8. Nikolaev, A.V. Sejsmicheskie svojstva gruntov [Seismic properties of soils]. Moskva, Izd-vo «Nauka», 1965. 184 p.
9. Gehman, A.S. Raschjot, konstruirovanie truboprovodov v sejsmicheskikh rajonah [Calculation, construction of pipelines in seismic areas]. Moskva, Strojizdat, 1988. 184 p.
10. Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance - Part 4: Silos, tanks and pipelines. 1998. 79 p. URL: phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/12/en.1998.4.2006.pdf.