

*Бейшекеев К.К., Медеуов А.Т., Абдурасулов А.И.*

**АНАЛИЗ ТРУБОПРОВОДНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ НЕОЩУТИМЫХ  
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ**

*К.К. Beishekeev, A.T. Medeuov, A.I. Abdurasulov*

**ANALYSIS OF PIPELINE DESIGNS AT INSENSIBLE EARTHQUAKES**

УДК: 628.218

*Исследована расчетная несущая способность бетонных, керамических и асбестоцементных труб при неощутимых землетрясениях.*

*Investigated the estimated carrying capacity of concrete, ceramic and asbestos cement pipes with imperceptible earthquakes*

Чтобы оценить характеристики материала труб с учетом эффектов старения и накопленных повреждений, были проведены экспериментальные исследования образцов, вырезанных непосредственно из наиболее напряженных зон конструкций, которые должны включать анализ особенностей макро- и микроструктуры материала труб и определение характеристик механических свойств.

Реализация данного этапа была связана с необходимостью решения упругих и неупругих краевых задач и получением распределения напряжений и деформаций при различных режимах эксплуатации. Решение упругой краевой задачи в зонах высоких концентраций, где возникают упругопластические деформации, проводилось путем использования аналитических методов теории пластин и оболочек, термоупругости [1,2].

Получение данных допустимых напряжений, деформаций, числа цикла нагружения базировалось на использовании силовых, энергетических или деформационных критериев разрушения.

При условии выбора критерия предельного состояния, расчет ресурса  $T$  до разрушения можно выразить функционалом:

$$T = \{N_p, t_p, [\sigma_a], [l_a]\} = \Phi\{\varphi_q(q, N, t, r)\}, \quad (1)$$

где  $N_p$  - расчетное число циклов нагружения;

$[\sigma_a]$  - допустимые амплитудные напряжения;

$[l_a]$  - допустимые амплитудные деформации;

$\Phi$  - функционал долговечности заданного вида;

$\varphi_q, \varphi_\sigma, \varphi_l$  - функции, учитывающие особенности соответственно нагрузок, механических

характеристик материалов и геометрии элементов конструкции;

$N, t$  - фактическая наработка соответственно в циклах и часах;

$q$  - характеристика нагружения;

$r$  - коэффициент асимметрии цикла нагружения;

$\sigma_1, \sigma_{0,2}, \sigma_{-1}, \sigma_{e\tau}$  - предел соответственно прочности, текучести, выносливости и длительной прочности;

$E$  - модуль упругости материала;

$m$  - показатель упрочнения;

$\Psi$  - характеристика трещиностойкости;

$l$  - размер дефекта;

$\alpha_\sigma$  - коэффициент концентрации напряжений;

$F$  - геометрические параметры сечения элемента.

Соотношение (1) можно представить как сумму локальных функционалов, каждый из которых будет определять долговечность конструкции в заданных условиях эксплуатации. Например, при повторно-статическом и малоцикловом нагружениях долговечность определяется на базе деформационных критериев:

$$T = \{N_p, [\sigma_a], [l_a]\} = \Phi\{\varphi_q(q, N, t, r), \varphi_\sigma(\sigma_e, \sigma_{0,2}, E, m, \Psi), \varphi_l(l, \alpha_\sigma, F)\}, \quad (2)$$

Для многоциклового усталости чаще всего применяют силовой критерий разрушения. Тогда долговечность определяется из функционала:

$$T = \{N_p, [\sigma_a]\} = \Phi\{\varphi_q(q, N, t, r), \varphi_\sigma(\sigma_{-1}, m)\varphi_e(l, \alpha_\sigma, E)\}, \quad (3)$$

Хотя номинальные напряжения при многоцикловой усталости обычно не превосходят предела текучести, здесь также происходит пластическое деформирование микрообъемов металла, которое обусловлено структурно-механической неоднородностью. Используя энергетический критерий многоциклового разрушения с учетом локального пластического деформирования, получим долговечность в форме:

$$\{N_p, [\sigma_a]\} = \Phi\{\varphi_q(q, N, t, r), \varphi_\sigma(E, \sigma_k, l_k, \sigma_0, l_0)\varphi_e(l, 2\tau, F)\}, \quad (4)$$

где  $e_k, e_0$  - деформации, соответственно, разрушения и текучести;

$\sigma_k, \sigma_0$  - напряжение, соответственно, разрушения и текучести.

Все параметры, входящие в соотношения (1) – (2) должны быть получены в процессе экспертизы надежности безопасности непосредственно для рассматриваемого объекта с учетом особенностей условий эксплуатации и внешней среды. При этом в расчеты необходимо ввести коэффициенты запаса (надежности).

В работе [3] были выдвинуты предположения о связи предела прочности материала с его выносливостью. Примерами такой связи являются зависимости, представленные на рисунках 1 и 2.

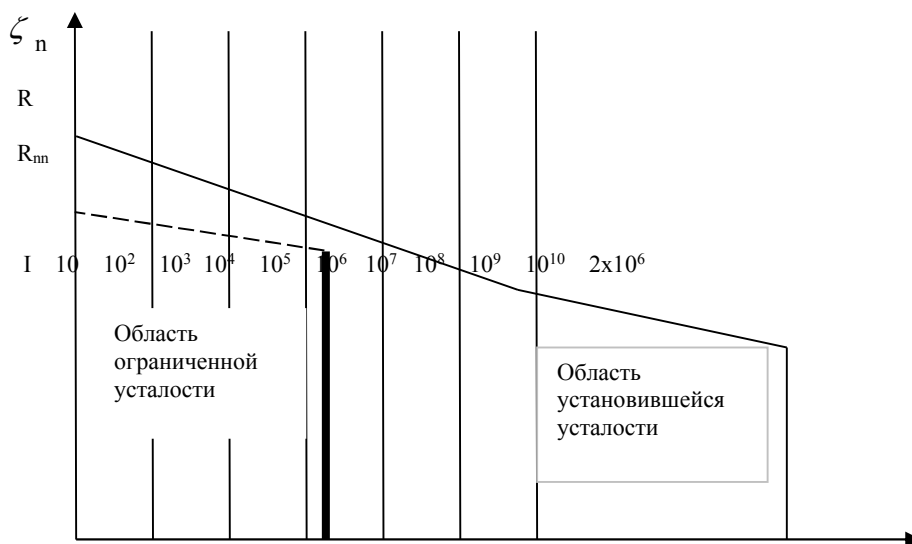
Для нашего случая большое значение имеет область, названная на этом рисунке областью ограниченной усталости, так как даже для нее снижение прочности материала может быть весьма значительным. Многие авторы, оценивая результаты экспериментальных исследований повторно-статических воздействий при сравнительно малом числе нарушений, приходят к выводу о том, что разрушения образцов происходят при более низких напряжениях. Тогда можно заключить, что для таких хрупких и своеобразных материалов, как керамика и асбестоцемент, влияние повторных статических и динамических нагружений будет весьма существенно [4].

В связи с отсутствием для трубной керамики нормированных значений расчетных сопротивлений, единственно возможный способ расчета керамических труб сводится к выполнению условия, что справедливо и для асбестоцементных труб, чтобы расчетная приведенная нагрузка  $P$  не превышала несущей способности труб, т.е.

$$P \leq mkP_{PA3P}, \quad (5)$$

где  $m$  – коэффициент условий работы;

$k$  – коэффициент однородности труб.

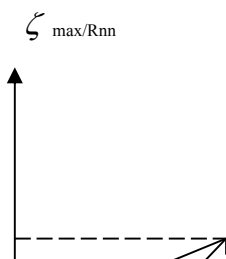


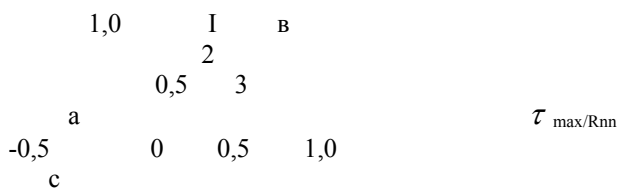
1 – предел прочности при статическом нагружении;

2 – предел выносливости при наибольшем напряжении цикла;

1 – наименьшее напряжение цикла

Рис.1. Диаграмма Гудмана.





Область малоисследованная  
 Область достаточно хорошо изученная.

Рис. 2. Зависимость прочности материала от числа нагружений

$P_{РАЗР}$  – разрушающая или предельно допустимая нагрузка.

По проф. Г.К. Кейну, величина  $m_k$  не должна превышать 0,8. Поэтому численные значения  $P$  он рекомендует принимать на 20% меньше, чем нормированная стандартом неразрушающая нагрузка.

Для определения расчетной несущей способности керамических и асбестоцементных труб  $P^0$  необходим учет коэффициента надежности  $K_{над}$ . Он колеблется от 1,1 до 1,5, среднее значение равно 1,3.

Для расчета бетонных труб  $K_{над}$  принимается равным 1,3.

В соответствии с ГОСТом 286-82 контрольные нагрузки должны выдерживать всего 3 трубы, отобранные методом случайного отбора от всей партии труб (4000 труб). При таком отборе остаются неиспытанными 3997 труб, т.е. 99,9% всех труб и поэтому среди них всегда окажутся трубы значительно меньшей прочности, чем нормированная стандартом, поэтому  $K_{над} \square 1,5$ .

В этом случае расчетная способность керамических и асбестоцементных труб определяется по формуле для нормированной стандартом нагрузки  $P_{np}^0$ .

$$P^0 = \frac{P_{np}^0}{K_{НАД}} = \frac{P_{np}^0}{1,5} = 0,67 P_{np}^0, \quad (6)$$

Расчет на прочность производят в такой последовательности: по нормированной стандартом нагрузке и по коэффициенту неоднородности, например, для керамических труб  $K$  равен:

0,8 – при надежности  $P=0,96$  и

0,7 – при надежности  $P=0,997$ .

Для расчета труб по неразрушающей нагрузке  $P_{np}^0$  принимается надежность, равная 0,96. В этом случае расчетная несущая способность в сухих условиях одиночных труб будет определяться по формуле:

$$P^{сух} = K \cdot P_{np}^0, \quad (7)$$

где  $K=0,8$  или принимается различным для разных диаметров труб.

Расчетная несущая способность водонасыщенных труб применительно к уложенному в траншею трубопроводу (линии) определяется по формуле:

$$P_{Л}^{ВОД} = K \cdot \beta_1 \cdot \beta_3 \cdot P_{np}^0, \quad (8)$$

где  $\beta_1$  – коэффициент, учитывающий снижение прочности труб при водонасыщении; ( $\beta_1=0,80$ ).

$\beta_3$  – коэффициент, учитывающий повышение несущей способности трубопроводов за счет жесткости заделки стыков ( $\beta_3$  изменяется от 1,43 до 1,66) [5,6,7]. Значения  $\beta_3$  приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значение коэффициента  $\beta_3$

Диаметр, $10^{-3}M$	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Коэффициент $\beta_3$	1,43	1,45	1,48	1,51	1,53	1,56	1,58	1,61	1,63	1,66

Для определения количественной оценки сейсмической опасности малых территорий на первоначальном этапе сейсмического микрорайонирования территории некоторого объекта города или строительной площадки, согласно «СНиП» [8], предварительно устанавливают для него исходный балл, который находят по карте

сейсмического районирования. Данные карты не в состоянии отобразить локальные особенности сейсмичности, поэтому «Инструкция по проведению сейсмического микрорайонирования» [9] рекомендует проводить уточнение сейсмичности городов и строительных площадок, территория которых подлежит сейсмическому микрорайонированию.

**Литература:**

1. Батюханов О. Г. и др. Математическое моделирование экологических систем и процессов // Экологические системы и приборы. – 2003. - №2. – С. 43 – 48.
2. Клейн Г.К. Определение несущей способности подземных трубопроводов по различным предельным состояниям. //Строительство трубопроводов. –1969. -№8. –С. 49-51
3. [http://www.dep805.ru/education/kk/sp\\_analysis/lists/list\\_6000.html](http://www.dep805.ru/education/kk/sp_analysis/lists/list_6000.html)
4. Reports of the imperial Earthquake infestation Gomitl № 100. –Tokyo, 1926. –Р. 81-83.
5. Наурызбаев Е.М., Конакбаев С., Бишимбаев В.К. Исследование и распределения деформации по длине керамической раструбной трубы //Наука и образование Южного Казахстана. –1998. -№7(14). –С. 96-99.
6. Чехман А.С., Меликян А.А. Сейсмостойкость подземных железобетонных емкостных сооружений: научно-технический обзор. – М.: Информнефте-газстрой, 1980. – 47 с.
7. Наурызбаев Е.М. О пуассоновском распределении очагов землетрясений //Вестник КазНТУ им. К.Сатпаева. -№6(50). -2005. – С. 63-64.
8. Расказовский В.Т., Рашидов К.С. Последствия Ташкентского землетрясения. - Ташкент: Фан, 1967.-144 с.
9. Ризниченко Ю.В. Сейсмическая активность и сотрясаемость. В кн. «Сейсмическое районирование СССР». -М.: Наука, 1968. –С. 86-91

**Рецензент: к.т.н., профессор Тогабаев Е.Т.**