МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КОМИТЕТ НАУКИ
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Традиционная международная апрельская математическая конференция в честь Дня работников науки Республики Казахстан,

посвященная 1150-летию Абу Насыр аль-Фараби и 75-летию Института математики и математического моделирования

Тезисы докладов

Алматы - 2020 год

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ:

академик НАН РК Кальменов Т.Ш. , председатель
к.ф.-м.н. Сахауева М.А., ученый секретарь
академик НАН РК Джумадильдаев А.С.
академик НАН РК Харин С.Н.
член-корреспондент НАН РК Байжанов Б.С.
член-корреспондент НАН РК Садыбеков М.А.
профессор Джумабаев Д.С.
профессор Нурсултанов Е.Д.
профессор Тлеуберегенов М.И.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ:

член-корреспондент НАН РК Байжанов Б.С., председатель
Адил Ж.
Байжанов С.С.
Дербисали Б.О.
доктор PhD Замбарная Т.С.
Каракенова С.Г.

Уважаемые коллеги,
в связи с введением в стране чрезвычайного положения (указ Президента Республики Казахстан от 15 марта 2020 года № 285) и объявлением карантина в городе Алматы (Постановление и.о. Главного государственного санитарного врача города Алматы от 18 марта 2020 года № 8 «О введении режима карантина на территории г. Алматы») апрельская конференция не проводится очно.
Тем не менее, Программный комитет подготовил тезисы представленных докладов, которые мы представляем в онлайн режиме на сайте конференции.

С уважением,
председатель организационного комитета Б.С. Байжанов.

Содержание

Теорема.

Тензор Грина $\Pi(x,z)$ *дозвуковой транспортной краевой задачи для анизотропного упругого полупространства имеет следующее интегральное представление:*

$$\Pi_i^m(x_1,x_2,z) = (2\pi)^{-2} \int\limits_{R^2} \sum_{j=1}^{3} d_i^m(\eta,\zeta) \frac{\triangle_j(\eta,\zeta,m)}{\triangle(\eta,\zeta,m)} \exp(-i\eta x_2 - i\zeta z) d\zeta d\eta$$

При $c < c_R$ все подынтегральные функции непрерывны и при $x_1 > 0$ экспоненциально стремятся к нулю по (η,ζ) на бесконечности. Поэтому интегралы существуют и удовлетворяют условиям затухания на бесконечности. Для вычисления напряжений используем тензор фундаментальных напряжений Σ_{jk}^m, порождаемый тензором Грина для упругого полупространства:

$$\Sigma_{jk}^m = C_{jk}^{ln} \Pi_{l,n}^m$$

и его неполную трансформанту Фурье:

$$\Sigma_{jk}^m(x_1,x_2,z) = (2\pi)^{-2} \int\limits_{R^2} \overline{\Sigma}_{jk}^m(x_1,\eta,\zeta) \exp(-i(\eta x_2 + \zeta z)) d\zeta d\eta$$

который описывает напряжения в упругом полупространстве при движении сосредоточенной силы в направлении оси z, направленной вдоль оси x_m.

На основе полученного тензора Грина краевой задачи для упругого полупространства, описывающего движение сосредоточенной на оси нагрузки, движущейся по поверхности полупространства построено решение краевой задачи для распределенных по поверхности транспортных нагрузок. Представленное решение позволяет исследовать динамику упругого массива при движении по его поверхности транспорта различного назначения.

Список литературы

[1] В. Новацкий, *Теория упругости.* М: кМирњ, 1970.

[2] Г.И. Петрашень, *Распространение волн в анизотропных упругих средах.* М: "Наука 1980.

— ⁂ —

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТА ТОЛСТОСТЕННОГО ТРУБОПРОВОДА ПРИ КОРРОЗИОННО-СИЛОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

А.М. АЛИМЖАНОВ, К.Ж. ШЕТИЕВА

КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Aivarmr@rambler.ru, karlygash.shetiyeva@gmail.com

В инженерной практике при расчетах рассматриваются, как правило, упруго деформируемые элементы трубопроводов. Вместе с тем, с ростом внешних нагрузок материал толстостенного элемента переходит в упругопластическое состояние. Большинство трубопроводов эксплуатируются при длительном действии повышенных нагрузок с агрессивными рабочими средами. Коррозионное воздействие агрессивной перекачиваемой среды приводит к повреждению материала. Происходит разупрочнение элемента, приводящее к существенному снижению его прочности и несущей способности, преждевременному выходу трубопровода из строя.

В настоящей работе исследуется напряженное состояние, прочность и несущая способность упругопластического элемента толстостенного трубопровода в условиях силового и коррозионного воздействия, приводящего к разупрочнению материала в пластической зоне.

Под действием внешних нагрузок материал элемента находится в упругопластическом состоянии. Коррозионное воздействие агрессивной рабочей среды совместно с повышенными статическими напряжениями приводит к появлению в пластической зоне элемента множества дефектов и микротрещин, в результате чего постепенно снижается предел пластичности материала. В работе снижение прочностных свойств материала в процессе нагружения вследствие накопления повреждений и дефектов учитывается через специальную функцию разупрочнения (пластической неоднородности) $K_* = K_*(r, r_0, \theta, \delta)$ в используемом условии пластичности Треска-Сен-Венана. Здесь K_* – коэффициент сцепления материала; r, θ – полярные координаты; r_0, δ – осесимметричный и неосесимметричный параметры нагружения. При этом сама пластическая неоднородность меняется в зависимости от заданных граничных условий и постановки задачи [1].

В осесимметричном состоянии толстостенного элемента функция разупрочнения в пластической зоне K_*^0 зависит от текущего радиуса r и упругопластического радиуса r_0 : $K_*^0(r, r_0) = K_*(r, r_0) = (K_0 - K_1)\overline{f}(r, r_0) + K_1$. Здесь K_0 и K_1 – значение прочности материала на внутреннем контуре элемента a_0 и на граничном радиусе r_0, $\overline{f}(r, r_0)$ – некоторое ядро со свойствами $\overline{f}(a_0, 1) = 1$, $\overline{f}(r_0, r_0) = 0$. В качестве ядра $\overline{f}(r, r_0)$ можно принять ядро [2], хорошо описывающее разупрочнение материала в процессе нагружения. Оно имеет вид (n – параметр нелинейности, a_0 – внутренний радиус) $\overline{f}(r, r_0) = \dfrac{a_0^n(r_0^n - r^n)}{r^n(1 - a_0^n)}$.

Рассмотрены осесимметричная (равномерное внешнее давление) и неосесимметричная (неравномерное по контуру наружное давление) упругопластические задачи в постановке плоской деформации. Задачи решены методом совместного использования статических и физических уравнений для рассматриваемого упругопластического материала. В неосесимметричной задаче применен метод возмущений в теории упругопластического тела [3].

Дана оценка прочности и несущей способности толстостенного элемента при коррозионно-силовом воздействии. Изучены зависимости $\Delta P = \Delta P(r_0)$ между величиной равномерного давления $\Delta P = P_0 - P$ и радиусом пластической зоны r_0 при различных параметрах a_0, n, $\gamma = K_0/K_1$. Все эти зависимости имеют точки максимума с абсциссой $r_0 = r_0 \leq 1$ внутри стенки трубы, характеризующие момент потери ее несущей способности. Соответствующие точке максимума давление ΔP_* и радиус r_* являются предельными для разрушения толстостенного элемента. Полученные результаты могут служить объяснением явления преждевременного разрушения коррозионно поврежденных элементов конструкций.

Зависимость между внешними нагрузками P, P_0 и радиусом r_0 обозначим как $g(P, P_0, r_0) = 0$. Тогда существование точки максимума на интервале $a_0 < r_0 < 1$ выражается в виде дополнительного уравнения $\partial g(P, P_0, r_0)/\partial r_0 = 0$. Несущая способность элемента в осесимметричном случае определяется из двух уравнений $g = 0$, $\partial g/\partial r_0 = 0$: сначала находим критический радиус r_*, а затем критические нагрузки, при которых элемент разрушается.

В неосесимметричном случае уравнение границы пластической зоны r_s принимает вид $r_s = r_0(1 + \delta\varphi(r_0)\cos 2\theta)$. Здесь $\varphi(r_0)$ – аналитическое выражение, полученное при решении задачи. Несущая способность элемента в неосесимметричном случае может быть определена из уравнений $r_* = r_0(1 + \delta\varphi(r_0))$ и $g = 0$. Находим сначала радиус r_*, а затем критические нагрузки, при которых пластическая зона достигнет некоторых "критических" точек элемента. Эти точки находятся внутри элемента на контуре r_* в направлениях минимального наружного давления $P_{\min}$. В работе показано, что разупрочненная (неоднородная) пластическая зона имеет большие размеры, чем однородная пластическая зона. При этом разупрочнение материала зависит не только от размеров пластической зоны, но и от ориентации ее границы.

Список литературы

[1] А.М. Алимжанов, *Плоская упругопластическая задача для неоднородного тела с отверстием* // Изв.РАН. МТТ. **2**, 119–138 (1998).

[2] М.Т. Алимжанов *О накоплении повреждений и несущей способности элементов толстостенных конструкций* // Проблемы машиностроения и автоматизации. Междунар.журн. **1**, 58–64 (1992).

[3] Д.Д. Ивлев, Л.В. Ершов, *Метод возмущений в теории упругопластического тела.* М.: Наука, 1978. 208 с.

— ⁎ ⁎ ⁎ —

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ В КРИТИЧЕСКОМ СЛУЧАЕ m-ПАР КОМПЛЕКСНО-СОПРЯЖЕННЫХ МУЛЬТИПЛИКАТОРОВ ОТОБРАЖЕНИЯ ПУАНКАРЕ

Каден БАПАЕВ[1,a], Сая СЛАМЖАНОВА[2,b]

[1]Институт математики и математического моделирования, Алматы, Казахстан
[2]Жетысуский государственный университет им. И. Жансугурова, Талдыкорган, Казахстан

[A]*v_gulmira@mail.ru*, [B]*beksultan.82@mail.ru*

В работе изучается задача об устойчивости отображения Пуанкаре, независящего от параметров, в предположении, что матрица линейного приближения имеет m-пар различных комплексно-сопряженных мультипликаторов, которые лежат на единичной окружности.

При этом предполагается, что в отображении отсутствует внутренний резонанс.

Исследование устойчивости автономных отображений Пуанкаре. В этом случае отображение описывается следующей разностно-динамической системой

$$x_{n+1} = Ax_n + f(x_n), \;\; n \in Z_t. \qquad (1)$$

Здесь $x_n \in R^l$, A – квадратная матрица размерности $l \times l$, $f(x_n)$ – аналитическая вектор-функция вида

$$f(x_n) = \sum_{|k|=2}^{\infty} f^{(k)}(x_n), \quad f^{(k)}(x_n) = \sum_{|k|} f^{(k)}(x_n),$$

где $f^{(k)}(x_n) = \sum f_k x_n^k$ – форма k-го порядка. Изучается устойчивость (1) в критическом случае, когда матрица A имеет m-пар $(2m = l)$ комплексно-сопряженных собственных чисел вида

$$\lambda_k = e^{i\varphi_k}, \;\; \overline{\lambda}_k = e^{-i\varphi_k}.$$

Нормальная форма отображения Пуанкаре (1). Не нарушая общности, можно считать, что в системе (1) $x_n \in R^m$. Предполагается, что в отображении отсутствует внутренний резонанс, т.е. выполняется условие

$$\sum_{j=1}^{m} k_j \varphi_j \neq 0 \,(mod 2\pi) \text{ при } \sum_{j=1}^{m} |k_j| \neq 0 \;\; k_j \in Z. \qquad (2)$$

Авторы были поддержаны грантом AP05131369 КН МОН РК