

Рис.2. математическое моделирование F -центров окраски с различными концентрациями Са в кристаллах КСl.

Рис.2. Результаты математического моделирования F -центров окраски с различными концентрациями Са в кристаллах КСl..

Выводы: Сопоставлены экспериментальные данные термообесцвечивания электронных F - центров окраски с результатами, полученными на ЭВМ. Выявлено, что разработанная математическая модель обеспечивает достаточная соответствие этих результатов с экспериментальными данными.

Список литературы

1. Арапов Б. Ионные, ионно-дырочные и ионно-электронные процессы в ЩГК. Диссерт. соискание.... доктора ф.-м.н. - Ош, 1993.
2. Осмонбаев М.Ч. «Роль вакансионных дефектов в распаде и преобразовании радиационных центров в кристаллах NaCl и KCl». Диссертация на соискании ученой степени кандидаты физика математических наук,- Ош: 1996.
3. Осмонбаев М.Ч., Арстанбеккызы А., Ураимова К., Осмоналиев А.Б. «Математическое моделирование электронных F-центров окраски в кристаллах NaCl с различными концентрациями Ag». Сборник трудов XI Иссык-Кульская международная конференция по радиационной физике твердого тела. SCORPH -2015. - Бишкек, 2015, - стр.174-177.
4. Осмонбаев М.Ч., Абдимуталипова З. Арстанбек к.А., Ураимова К. Осмоналиев А.Б. Математическое моделирование термообесцвечивания дырочных Ag_a^- -центров окраски в кристаллах NaCl с различными концентрациями Ag. International scientific and practical conference "World Science" Methodology of Modern Research, Match 28-29, 2016, Dubai, UAE, №4, -vol.3. - P.59-61.
5. Osmonbaev M. Ch., Abdimutalipova Z. K., Arstanbekkyzy A., Uraimova K., Osmonoliev A. B. Mathematical modeling of thermal fading of hole Ag_c^{2+} -color centers in NaCl crystals with different concentrations of Ag. International scientific and practical conference "World Science" Multidisciplinary Scientific Edition. June 29-30, 2016, -Dubai, UAE, №7,-vol.3. -P.11-14.

УДК 539.3

ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СООТНОШЕНИЯ ПРИ РАСЧЕТЕ ТОЛСТОСТЕННЫХ ТРУБ

Рычков Б.А., Чыныбаев М.К., Резин П.М., Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова, Бишкек, Кыргызская Республика, 720044, проспект Ч. Айтматова 66, rezinpm@gmail.com

В данной статье приведена методика замены условия текучести при решении задачи упругопластического деформирования толстостенной трубы в случае идеальной пластичности и линейного упрочнения на основе условия пластичности М.Я. Леонова.

Ключевые слова: задача Ламе, условие текучести, напряженно-деформированное состояние, толстостенная труба, пластическая деформация.

DEFINING RELATIONS IN THE CALCULATION OF THICK-WALLED CYLINDERS

B. Rychkov, M. Chynybaev, P. Rezin, Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic, 720044, Ch. Aitmatov Avenue 66, rezinpm@gmail.com

The method given in the article of replacing the flow conditions in solving the problem of elastic-plastic deformation of a thick-walled tube in the case of ideal plasticity and linear hardening based the yield condition M.J. Leonov.

Keywords: Lamé's problem, yield condition, the stress-strain state, thin-walled cylinder, plastic deformation.

В данной работе рассмотрена задача Ламе о напряженном состоянии толстостенной трубы, подвергнутой внутреннему и наружному давлению. Это задача возникает, в частности, при автофретировании труб. При сопоставлении теоретических и экспериментальных исследований в указанном направлении установлено следующее. Классическое решение Ламе в случае наличия в трубе зоны пластической деформации материала не соответствует в достаточной мере эксперименту. По теории зоны упругости и пластичности в поперечном сечении трубы разделены концентрической окружностью. Радиус этой окружности и возникающие напряжения зависят от принимаемого условия текучести. При определенном соотношении между пределами текучести при растяжении и чистом сдвиге критерии текучести Губера –Мизеса и Треска-Сен-Венана совпадают. В действительности область пластической деформации и величины напряжений на ее границе заметно зависят от характера деформационного упрочнения конструкционных пластичных материалов, которые не подчиняются указанным критериям текучести. В качестве первого приближения к решению сформулированной задачи обычно рассматривается несжимаемый материал в условиях идеальной пластичности. Ниже излагается такое решение с корректировкой условия текучести.

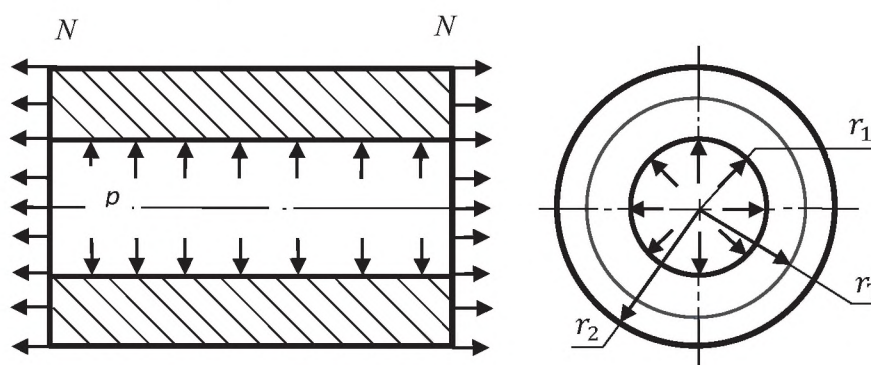


Рис.1. Схема нагружения толстостенной трубы.

Труба с закрытыми торцами нагружена внутренним давлением (рис.1). Возникающие окружное (σ_θ), осевое (σ_z) и радиальное (σ_r) напряжения находятся в соответствии:

$$\sigma_\theta > \sigma_z > \sigma_r \quad (1)$$

Для несжимаемого материала, поскольку осевая деформация $\varepsilon_z = 0$, в соответствии с законом Гука для изотропного тела, имеем:

$$\sigma_z = \frac{1}{2}(\sigma_\theta + \sigma_r) \quad (2)$$

При этом условии интенсивность напряжений (σ_i), октаэдрическое касательное напряжение (τ_o) и максимальное касательное напряжение (τ_m), таковы:

$$\sigma_i = \frac{\sqrt{3}}{2}(\sigma_\theta - \sigma_r), \quad \tau_o = \frac{1}{\sqrt{6}}(\sigma_\theta - \sigma_r), \quad \tau_m = \frac{1}{2}(\sigma_\theta - \sigma_r) \quad (3)$$

Вид напряженного состояния будем определять квазистационарным инвариантом m :

$$m = \frac{\tau_o}{\tau_m} \quad (4)$$

Он выражается через параметр Лоде-Надаи для напряжений (μ_σ):

$$m = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{3 + \mu_\sigma^2} \quad (\mu_\sigma = \frac{2\sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3}) \quad (5)$$

Согласно условию текучести Губера-Мизеса [1, (3.18)]:

$$\sigma_i = \sigma_T \quad (6)$$

где σ_T - предел текучести при одноосном растяжении.
т.е. в данном случае:

$$\sigma_\theta - \sigma_r = \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_T \quad (7)$$

В данной задаче обычно используется это условие и принимается гипотеза существования «единой» (не зависящей от вида напряженного состояния) зависимости: интенсивность напряжений – интенсивность деформаций ($\sigma_i \sim \varepsilon_i$).

Однако для конструкционных материалов лучше выполняется условие текучести М.Я.Леонова [2]:

$$\tau_m = T - k\tau_o \quad (T, k - \text{const}) \quad (8)$$

Константы T и k могут быть определены через предел текучести при растяжении (σ_T) и предел текучести при чистом сдвиге (τ_T):

$$k = (\tau_T - \frac{1}{2}\sigma_T) / (\frac{\sqrt{2}}{3}\sigma_T - \sqrt{\frac{2}{3}}\tau_T); \quad T = \tau_T(1 + \sqrt{\frac{2}{3}}k) \quad (9)$$

Таким образом, вместо условия (7), согласно (8) и (9), получим:

$$\sigma_\theta - \sigma_r = 2\tau_T \quad (10)$$

При этом, согласно (3) и (4), $m = \sqrt{\frac{2}{3}}$, ($\mu_\sigma = 0$), т.е. реализуется состояние чистого сдвига, что вытекает и из формулы (10).

Радиальное и окружное напряжения в упругой области определяются по формулам [3]:

$$\sigma_r = \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_T(A - \frac{B}{r^2}); \quad \sigma_t = \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_T(A + \frac{B}{r^2}). \quad (11)$$

Для определения напряжений в пластической области используется дифференциальное уравнение равновесия элемента трубы [3]:

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{\sigma_r - \sigma_t}{r} = 0 \quad (12)$$

и условие текучести (7). Это приводит к уравнению:

$$\frac{d\sigma_r}{dr} = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{\sigma_T}{r} \quad (13)$$

Интеграл этого уравнения имеет вид:

$$\sigma_r = \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_T(\ln \frac{r}{r_1} + C) \quad (14)$$

где C - постоянная интегрирования.

Для двух других напряжений имеем:

$$\sigma_t = \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_T(\ln \frac{r}{r_1} + C + 1) \quad (15)$$

$$\sigma_z = \frac{2}{\sqrt{3}}\sigma_T(\ln \frac{r}{r_1} + C + \frac{1}{2}) \quad (16)$$

Для определения постоянных A, B, C и неизвестного радиуса границы, разделяющей упругую и пластическую области (r_T), используются краевые условия:

- 1) при $r = r_1$ $\sigma_r = -p$
- 2) при $r = r_2$ $\sigma_r = 0$
- 3) при $r = r_T$ $\sigma_r^p = \sigma_r^e$
- 4) при $r = r_T$ $\sigma_t^p = \sigma_t^e$

Не выписывая определяемых таким образом постоянных, можно уже дать оценку напряжений $\sigma_r, \sigma_t, \sigma_z$, если вместо условия текучести (7) использовать условие (10). Предварительно рассмотрим определение радиального перемещения:

Радиальная и окружная деформации связаны с радиальным перемещением u и радиусом r соотношениями:

$$\varepsilon_r = \frac{du}{dr}; \quad \varepsilon_t = \frac{u}{r} \quad (17)$$

откуда

$$u = \varepsilon_t r \quad (18)$$

Исходя из выражений $\varepsilon_z = 0$ и (17), может быть получено дифференциальное уравнение для радиального перемещения, справедливое как в упругой, так и в пластической областях. Поэтому зависимость радиального перемещения от радиуса может быть установлена по формуле (18) с использованием закона Гука и величин напряжений в упругой области:

$$u = \frac{r}{E} [\sigma_t - \frac{1}{2}(\sigma_z + \sigma_r)] \quad (19)$$

Подстановкой в это выражение напряжений σ_r, σ_t и σ_z , получена [1] зависимость радиального перемещения от радиуса, справедливая как в упругой, так и в пластической областях

$$u = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\sigma_T r_T^2}{E r} \quad (20)$$

В результате для случая идеальной пластичности (при отсутствии упрочнения) напряжения σ_θ, σ_z и σ_r , если задать $\tau_T = 0,556\sigma_T$ (как это имеет место [4] для стали 45), уменьшатся примерно на $\approx 4,74\%$ по сравнению с их значениями, вычисляемыми по формулам (14),(15),(16); а радиальное перемещение u увеличится на $\approx 4,97\%$ по сравнению со значением (20).

При учете упрочнения материала обычно используется гипотеза о пропорциональности девиаторов напряжений и деформаций и допущение о существовании «единой» диаграммы деформации в обобщенных координатах «интенсивность напряжений \sim интенсивность деформаций». Это допущение не в полной мере соответствует поведению конструкционных материалов. Оно может быть заменено менее строгим ограничением. Указанная пропорциональность девиаторов возможна и при условии, что коэффициент пропорциональности между ними зависит от вида напряженного состояния. Примером является следующая простейшая деформационная зависимость [2]:

$$D_\Gamma = \frac{1}{E'} \left(1 - \frac{\tau_T(m)}{\tau_m}\right) D_T \quad (21)$$

где D_Γ – девиатор пластической составляющей деформации, D_T – девиатор напряжений, $\tau_T(m)$ – предел текучести при рассматриваемом виде напряженного состояния (m), E' – пластический касательный модуль при растяжении.

Зависимость (21) – следствие постулата «инвариантности упрочнения» [5]. Последний является обобщением постулата изотропии А.А. Ильюшина на случай произвольного условия текучести, типа (8). При этом для перехода от одного напряженно-деформированного состояния к другому используются не только преобразования отражения и вращения, но и ещё одно ортогональное [6] преобразование – трансляция. Трансляция (в пятимерном пространстве Ильюшина) предусматривается для вектора, представляющего собой по модулю разность между текущим значением интенсивности напряжений и её величиной на пределе текучести при одном и том же виде напряженного состояния. В частности, в случае линейного упрочнения должно выполняться соотношение:

$$G' = \frac{1}{3} E' \quad (22)$$

где G' – пластический касательный модуль при чистом сдвиге (кручении тонкостенной трубки).

Выводы. Таким образом, задавая закон упрочнения и используя соотношения (21), определим напряжения в пластической области деформации толстостенной трубы по методике, изложенной в [1]. При этом, как указано в [1], упрочнение не влияет на законы распределения напряжений в упругой области и на радиальные перемещения в упругой и пластической областях.

Список литературы

1. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. - М., «Машиностроение», - 1975, - 400 с.
2. М.Я.Леонов Прочность и устойчивость механических систем: Актуал. задачи нелинейн. механики. - Фрунзе : Илим, 1987. - 279 с.
3. Феодосьев В.И. Соппротивление материалов. - М., «Наука», - 1974, 559 с.
4. Комарцов Н.М., Рычков Б.А. Концепция скольжения и механика пластической деформации. – Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, - 2011. - 176 с.
5. Рычков Б.А. Постулат «Инвариантности упрочнения» // Известия АН Республики Кыргызстан. – 1991. №2.-С.42-53
6. Маделунг Г.Э. Математический аппарат физики. – М.: Физматгиз, 1960. - 620 с.

УДК 517.962.2, 517.968.22

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОДНОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ СЕЙСМИКИ С МГНОВЕННЫМ И ШНУРОВЫМ ИСТОЧНИКОМ

Сатыбаев Абдуганы Джунусович, д. ф.-м.н., профессор, ОшТУ им. М.М.Адышева, Алимканов Амангелди Арапчаевич, ст. преп., ОшТУ им. М.М.Адышева, Култаев Топчубай Чокоевич, д.э.н., к.ф.-м.н., профессор, ОшГУ, Кыргызстан, 714018, г.Ош, ул.Исанова 81, e-mail: abdu-satybaev@mail.ru

В данной статье построено численное решение одномерной обратной задачи сейсмики. Здесь определена плотность среды, с мгновенным источником по времени и с динамической дополнительной информацией. Доказана сходимость приближенного решения к точному решению. Построен алгоритм решения поставленной задачи.

Ключевые слова: уравнение сейсмики, обратная задача, плотность среды, конечно-разностное решение, сходимость решения, алгоритм решения

ALGORITHM FOR AN INVERSE PROBLEM OF SEISMOLOGY WITH INSTANT AND CORDED SOURCE

Satybaev Abdugany Dzhunusovich, d. Physics and Mathematics science, Professor, OshTU them. M.M.Adysheva, Alimkanov Amangeldi Arapchaevich Art. St., OshTU them. M.M.Adysheva, Kultaev Topchubay Chokoevich, Ph.D., Ph.D., professor of Osh State University, Kyrgyzstan, 714018, Osh, ul.Isanova 81, e-mail: abdu-satybaev@mail.ru

This article built a numerical solution of one-dimensional inverse problem of seismic. Here defined density medium source with instant in time and additional information dynamically. We prove the convergence of the approximate solutions to the exact solution. An algorithm to solve this problem.

Keywords: seismic equation, inverse problem, the density of the medium, the finite difference solution, convergence solutions, solving algorithm

Введение. Одновременное определение коэффициента жесткости среды и ее коэффициента поглощения динамической обратной задачи сейсмики рассмотрено в работе [1] А.В. Баева.

В работе автора [4] восстановлен коэффициент Ламэ в уравнении сейсмики с мгновенным источником по времени и с динамической дополнительной информацией.