

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ ПРОБЛЕМ МЕХАНИКИ
И МАТЕМАТИКИ имени Я.С.ПОДСТРИГАЧА

на правах рукописи

БОДНАР
Юрий Иванович

УДК 539.3

МЕТОД R-ФУНКЦИЙ В ЗАДАЧАХ ТЕОРИИ ТРЕЩИН

Специальность 01.02.04 -
Механика деформируемого твердого тела

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Львов-1992



00815056 (P)

Работа выполнена во
 Научный руководитель

профессор РУЛИНКО К.Н.

Официальные оппоненты:

академик АН Украины, доктор

физико-математических наук,

профессор РВАЧЕВ В.Л.,

доктор физико-математических наук

ХАЙ М.В.

Будущая организация: Львовский госуниверситет им. И.Я.Франко

Защита состоится "25" мая 1992 г. в 15⁰⁰ ча-
 сов на заседании специализированного совета К 016.59.01 по
 присуждению ученой степени кандидата физико-математических
 наук и кандидата технических наук в Институте прикладных проб-
 лем механики и математики имени Я.С.Подстригача АН Украины
 (г.Львов, ул.Научная, 36).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института
 прикладных проблем механики и математики имени Я.С.Подстригача
 АН Украины (г.Львов, ул.Научная, 36).

Отзывы на автореферат просим направлять по адресу:
 290053, ГСП, г.Львов, ул.Научная, 36, ученому секретарю
 специализированного совета.

Автореферат разослан "23" апреля 1992 г.

Ученый секретарь
 специализированного совета

ШЕВЧУК П.Р.

ЛННБ ім. В. Стефаніка
 Львів

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Успешное решение задач снижения материалоемкости машиностроительного производства, разработка оптимальных вариантов конструкций зданий и сооружений, создание комплекса мероприятий по их безаварийной эксплуатации и многие другие проблемы связаны с изучением полей напряжений и деформаций в телах сложной конфигурации с трещиноподобными дефектами. Это обуславливает актуальность разработки и развития методов решения граничных задач механики деформируемого твердого тела с трещинами.

Этим вопросам посвящены работы А.Е.Андрейкива, Д.В.Грилицкого, А.А.Каминского, Г.С.Кита, Е.М.Морозова, Н.Ф.Морозова, Н.И.Мухелишвили, В.А.Осадчука, Р.В.Панасюка, Г.Я.Попова, К.Н.Русинко, М.П.Саврука, В.С.Саркисяна, Я.С.Уфлянда, М.В.Хая, Г.П.Черепанова, Р. Erdogan, M. Iwida, Y. Murakami и других отечественных и зарубежных ученых.

Во многих случаях, например, когда высота трещины или размеры выреза, отверстия сопоставимы с размерами тела, модель с трещинами в неограниченной или полуограниченной области работает некорректно. При небольших расстояниях между трещиноподобными и другими дефектами нельзя ограничиться рассмотрением одного дефекта, а необходимо учитывать их взаимодействие. Во многих работах при решении задач теории трещин ограничиваются определением коэффициента интенсивности напряжений (КИН). В приложениях же встречаются задачи, когда необходимо иметь полную картину напряженно-деформированного состояния, а не только значения КИН. Так, например, при нормативных расчетах подкрепленных (сталебетонных) строительных элементов с учетом наличия трещин пользуются

различными допущениями, не давая им надлежащего теоретического обоснования. Это можно сделать, имея полную картину НДС. Большое значение имеет также возможность учета, наряду с ограниченностью размеров, непрерывного изменения упругих свойств, характерного для многих материалов и, как показывают исследования Г.Б.Колчина, В.А.Ломакина, С.М.Мхитаряна, В.С.Проценко, В.Л.Рвачева и других ученых, оказывающее в ряде случаев определяющее влияние на напряженно-деформированное состояние тела. Решения задач теории упругости непрерывно-неоднородных тел, учитывающие произвольную зависимость свойств материала от координат, можно также использовать для решения некоторых задач пластичности, приведя их к последовательности упругих задач с переменными упругими характеристиками.

Как показал анализ литературных источников, исследования о взаимодействии систем трещин, отверстий, вырезов, а также о трещинах в непрерывно-неоднородных телах, проводились в основном для плоскости и полуплоскости. В то же время такие задачи для полосы и ограниченных тел, наиболее часто встречающиеся в инженерной практике, изучены мало. При этом получить точные аналитические решения большинства практических задач не представляется возможным. Поэтому возрастает роль приближенных методов, позволяющих получать решения с достаточной для практики точностью. Анализ приближенных методов решения граничных задач теории упругости показал, что для исследования таких задач можно эффективно использовать разработанный академиком В.Л.Рвачевым математический аппарат теории R-функций.

Целью работы является:

- 1) Распространение метода R-функций на задачи теории трещин:

а) построение структуры решений периодических задач теории трещин для полосы. Под структурой подразумеваем выражения для перемещений, удовлетворяющие граничным условиям на периодическом элементе, вне зависимости от выбора неизвестных функций, входящих в эти выражения.

б) разработка алгоритма решения таких задач на основе совместного применения построенной структуры и вариационного метода, его программная реализация.

2) Исследование взаимовлияния периодических систем трещин, отверстий, вырезов при растяжении однородной полосы;

3) Исследование влияния касательной нагрузки, приложенной к краям с трещинами, на напряженно-деформированное состояние прямоугольной пластинки с двумя коллинеарными симметричными краевыми трещинами, при заданных нормальных перемещениях краев, параллельных трещинам, и отсутствии на Γ краевых касательных напряжений.

4) Исследование влияния неоднородности на напряженно-деформированное состояние полосы с периодической системой двусторонних краевых трещин, растягиваемой на бесконечности.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- Распространено метод R-функций на задачи теории трещин.
- Построены структурные формулы решений периодических задач теории трещин для полосы, которые точно учитывают граничные условия на периодическом элементе и позволяют корректно внести характерные для данных задач особенности.
- Предложено способ внесения в структуру сингулярностей с использованием точного решения о давлении штампа на полуплоскость.
- На основании совместного использования построенной структуры и

вариационного метода исследовано: взаимодействие периодических систем краевых трещин, отверстий, вырезов при растяжении однородной полосы; растяжение полосы с периодической системой угловых краевых вырезов и исходящих из их вершин трещин; влияние касательных напряжений на границе прямоугольной пластины с краевыми трещинами на ее напряженно-деформированное состояние; напряженное состояние, растягиваемой на бесконечности непрерывно-неоднородной полосы с периодической системой двусторонних краевых трещин; напряженное состояние непрерывно-неоднородной прямоугольной пластины с краевой трещиной.

Достоверность результатов диссертационной работы обосновывается строгостью математического аппарата, сравнением полученных результатов для тестовых примеров с известными решениями, анализом приближенных решений для различных размерностей аппроксимирующего пространства, анализом решений с точки зрения их физической достоверности.

Практическая ценность. Результаты исследований могут быть использованы в расчетной практике научно-исследовательских и проектных организаций при исследовании напряженно-деформированного состояния тел с трещинами, а также при разработке инженерных методов расчета элементов конструкций с трещинами. Созданное программное обеспечение повышает производительность труда исследователей при проведении многовариантных расчетов конструкций. Методика использована во Львовском ДСК №2 при разработке эффективных конструкций крупнопанельных зданий серии 84.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях

Львовского политехнического института в 1988-1991 гг., на Всесоюзном симпозиуме "Механика и физика разрушения композитных материалов и конструкций" (г.Ужгород, 1988 г.), на семинаре отдела прикладной математики института проблем машиностроения АН Украины (г.Харьков, 1991 г.), на межфакультетском научном семинаре Львовского политехнического института "Механика деформированного твердого тела" (г.Львов, 1991 г.).

В целом работа обсуждалась на специализированном семинаре по механике деформируемого твердого тела Института прикладных проблем механики и математики АН Украины, научном семинаре кафедры теоретической механики Львовского политехнического института.

Публикации. Основные результаты выполненных исследований опубликованы в четырех работах.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (90 наименований) и приложения. Общий объем диссертации 155 страниц, в том числе 38 рисунков, 24 таблиц.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность вопросов, составляющих предмет исследования, приведен краткий обзор близких по направлению работ, сформулирована цель и дана аннотация диссертации по главам.

В первой главе приведены основные соотношения теории упругости непрерывно-неоднородных тел, используемые в последующем изложении. Показано влияние неоднородности на характер особен-

ности в вершине трещины. Изложены элементы структурного метода решения задач теории упругости, распространяемого в последующих главах на задачи теории трещин: вводится понятие структуры решения краевой задачи, описаны методика построения с помощью R-функций нормализованных уравнений границы области и ее участков, а также дифференциальные операторы, используемые для построения структур, и некоторые их свойства.

Во второй главе приводится постановка плоских задач теории упругости для непрерывно-неоднородной полосы шириной $2H$ с периодической системой прямолинейных трещин длиной l , перпендикулярных к оси, периодической системой отверстий, вырезов и периодической нагрузкой на гранях (период $2d$), при условии симметричности НДС относительно линий трещин.

Определение НДС такой полосы приводится к граничной задаче на периодическом элементе Ω между соседними трещинами, т.е. к определению перемещений $u(x,y)$, $v(x,y)$, удовлетворяющих уравнениям равновесия и граничным условиям:

$$u_n(x) = f_3^0(x) = \alpha_1 x + \alpha_2, \quad \tau_n(x) = 0 \quad (x,y) \in \partial\Omega_1 \quad (1)$$

$$\sigma_n(x,y) = f_1^0(x,y), \quad \tau_n(x,y) = f_2^0(x,y) \quad (x,y) \in \partial\Omega_2 \quad (2)$$

где ось Oy совпадает с осью полосы, $\partial\Omega_1$ - часть границы периодического элемента на продолжении трещин, $\partial\Omega_2$ - остальная часть границы периодического элемента, $\partial\Omega = \partial\Omega_1 \cup \partial\Omega_2$, u_n - перемещение нормальное до $\partial\Omega$, $f_1^0(x,y)$, $f_2^0(x,y)$ - известные функции, σ_n, τ_n - нормальные и касательные к $\partial\Omega$ напряжения.

Константы α_1, α_2 определяются из условий равновесия части полосы отсеченной плоскостью проходящей через одну из трещин. Эти со-

отношения и замыкает постановку задачи.

Необходимо отметить, что данная постановка соответствует также задачам о напряженно-деформированном состоянии прямоугольника с трещинами на оси симметрии, заданными перемещениями u_n на границах параллельных трещинам и отсутствии на последних касательных напряжений.

С использованием математического аппарата теории R-функций построена структура решения поставленной задачи. При построении структуры обеспечена также возможность введения, характерных для данных задач, особенностей в вершинах трещин для $\partial u/\partial x$, $\partial u/\partial y$ посредством надлежащего выбора функций f_3, f_4 .

Структура решения задачи имеет вид:

$$\begin{aligned}
 u = \varphi + \omega & \left[- \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^2 D_1^{(2)}(\varphi) - \left(\frac{\partial \omega}{\partial y} \right)^2 D_1(\varphi) + \frac{\partial \omega \partial \omega}{\partial x \partial y} \left(T_1(\varphi) + \frac{\lambda}{\lambda + 2\mu} T_1^{(2)}(\varphi) \right) \right] + \\
 & + \omega \left[\frac{\partial \omega \partial \omega}{\partial x \partial y} \left(D_1(\varphi) - D_1^{(2)}(\varphi) \right) + \left(\frac{\partial \omega}{\partial y} \right)^2 T_1(\varphi) - \frac{\lambda}{\lambda + 2\mu} \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^2 T_1^{(2)}(\varphi) \right] + \\
 & + \frac{1}{\lambda + 2\mu} \omega \frac{\partial \omega}{\partial x} f_1 + \frac{1}{\mu} \omega \frac{\partial \omega}{\partial y} f_2, \quad (3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v = \psi + \omega & \left[\frac{\partial \omega}{\partial x} \frac{\partial \omega}{\partial y} \left(D_1(\varphi) - D_1^{(2)}(\varphi) \right) - \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^2 T_1(\varphi) + \frac{\lambda}{\lambda + 2\mu} \left(\frac{\partial \omega}{\partial y} \right)^2 T_1^{(2)}(\varphi) \right] + \\
 & + \omega \left[- \left(\frac{\partial \omega}{\partial x} \right)^2 D_1(\psi) - \left(\frac{\partial \omega}{\partial y} \right)^2 D_1^{(2)}(\psi) - \frac{\partial \omega}{\partial x} \frac{\partial \omega}{\partial y} \left(T_1(\psi) + \frac{\lambda}{\lambda + 2\mu} T_1^{(2)}(\psi) \right) \right] + \\
 & + \frac{1}{\lambda + 2\mu} \omega \frac{\partial \omega}{\partial y} f_1 + \frac{1}{\mu} \omega \frac{\partial \omega}{\partial x} f_2,
 \end{aligned}$$

где

$$D_1 = \frac{\partial \omega}{\partial x} \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial \omega}{\partial y} \frac{\partial}{\partial y}, \quad T_1 = - \frac{\partial \omega}{\partial y} \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial \omega}{\partial x} \frac{\partial}{\partial y}.$$

$$D_1^{(2)} = \frac{\omega_1}{\omega_1 + \omega_2} D_1, \quad T_1^{(2)} = \frac{\omega_1}{\omega_1 + \omega_2} T_1.$$

$$\psi = f_3 + \omega_1 P_2$$

φ берем для симметричных относительно Oy задач в виде $sf_4 + \omega_1 P_1$,

а для несимметричных - в виде $sf_4 + P_1$;

$\omega(x, y) = 0$, $\omega_1(x, y) = 0$, $(i=1, 2)$ - нормализованные уравнения границы $\partial\Omega$ и ее участков $\partial\Omega_1$, $\partial\Omega_2$ соответственно;

f_1, f_2, f_3 - продолжение f_1^0, f_2^0, f_3^0 внутрь области Ω ; P_1, P_2 - неопределенные функции; s - неизвестная константа.

Неопределенные компоненты находятся из условий минимума функционала энергии:

$$I(u, v) = \iint_{\Omega} \left\{ \lambda \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + 2\mu \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right] + \right. \\ \left. + \mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 \right\} d\Omega - \int_{\partial\Omega} \left(\sigma_n u_n + \tau_n u_\tau \right) d\partial\Omega_2 \quad (4)$$

Для этого функции P_1, P_2 представляются в виде разложений по полиномам Чебышева с выбором степеней в соответствии с симметрией задачи

$$P_1 = \sum_{k=1}^n c_k^{(1)} \varphi_k^{(1)}, \quad P_2 = \sum_{k=1}^n c_k^{(2)} \varphi_k^{(2)} \quad (5)$$

$$\varphi_k^{(1)}(x, y) = T_n(x) T_m(y), \quad T_1(t) - \text{полиномы Чебышева.}$$

Процесс минимизации функционала (4) на множестве функций полученных на основании структуры (3) и разложений (5) дает систему линейных алгебраических уравнений относительно c_j :

$$\sum_{j=1}^N a_{ij} c_j = b_i \quad (i=1, 2, \dots, N, N = n+m+1) \quad (6)$$

$$c_j = \begin{cases} c_j^{(1)} & j \leq n \\ c & j = n+1 \\ c_{j-n-1}^{(2)} & j > n+1 \end{cases}$$

Интегрирование при вычислении коэффициентов a_{ij}, b_i выполнялось по квадратурных формулах Гаусса. Система алгебраических уравнений решалась модифицированным методом Гаусса (методом вращения). Дифференцирование осуществлялось численно-аналитическим методом с использованием дифференциальных кортежей.

В третьей главе предложен способ внесения в структуру сингулярностей на основе точного решения задачи о давлении штампа на полуплоскость.

Для однородной полосы при $u_n = \text{const} = \delta$, $(x, y) \in \partial\Omega'_1$ функции f_3, f_4 принимаем в виде

$$f_4 = \frac{y+d}{2d} u_T(x, d-y) - \frac{y-d}{2d} u_T(x, d+y) \quad (7)$$

$$f_3 = \frac{y+d}{2d} v_T(x, d-y) + \frac{y-d}{2d} v_T(x, d+y) \quad (8)$$

где u_T, v_T - известное точное решение задачи о давлении штампа с гладким плоским основанием на полуплоскость.

$$u_T = \frac{\delta}{\text{In}k} \left\{ \frac{\mu}{\lambda+2\mu} \text{Im} [\text{arsh} (z/a)] + \frac{\lambda+\mu}{\lambda+2\mu} \frac{y}{a} \text{Im} \left[\left(1+(z/a)^2 \right)^{-1/2} \right] \right\}, \quad (9)$$

$$v_T = \delta \left\{ 1 - \frac{1}{\text{In}k} \left[\text{Re} [\text{arsh} (z/a)] + \frac{\lambda+\mu}{\lambda+2\mu} \frac{y}{a} \text{Re} \left[\left(1+(z/a)^2 \right)^{-1/2} \right] \right] \right\},$$

где $k = 2$, $z = y + ix$.

Эффективность алгоритма, реализующего структурные формулы, численно исследовано на тестовых примерах. В качестве тестов выбрано: задача об одноосном растяжении полосы (длина трещин равна нулю) с известным точным решением и задача о растяжении полосы с периодической системой двусторонних краевых трещин с известным приближенным решением. В первой задаче отклонения полученного решения от точного не превышало 0.5 % по перемещениям и 3.7 % по напряжениям при 20 координатных функциях и использовании квадратур Гаусса 12 порядка. Во второй тестовой задаче отклонения от известных приближенных решений по ЮН и по напряжениям σ_y на продолжении трещины не превышало 6 % при 43 координатных функциях.

Взаимовлияние трещин, отверстий, вырезов исследовано на задачах: 1) растяжение полосы с периодической системой двусторонних краевых трещин и периодической системой эллиптических отверстий на оси; 2) растяжение полосы с периодической системой двусторонних краевых трещин и периодической системой краевых эллиптических вырезов между ними; 3) растяжение полосы с периодической системой угловых вырезов на гранях и трещин, исходящих из их вершин. Варьировалась длина трещин и размеры вырезов, отверстий.

Для построения функций $\omega(x, y)$, $\omega_i(x, y)$, ($i=1, 2$) используется достаточно полная система R_α -операций, включающая

$$f \wedge_\alpha \varphi = \frac{1}{1+\alpha} \left(f + \alpha \sqrt{f^2 + \varphi^2 - 2\alpha f\varphi} \right) - R_\alpha \text{-конъюнкция,}$$

$$f \vee_\alpha \varphi = \frac{1}{1+\alpha} \left(f + \alpha \sqrt{f^2 + \varphi^2 - 2\alpha f\varphi} \right) - R_\alpha \text{-дизъюнкция,}$$

$$\bar{f} = -f - R_\alpha \text{-отрицание,}$$

причем для всех случаев, кроме оговоренного ниже, принято $\alpha=0$.

Тогда, например, для задачи о растяжении полосы с периодической системой угловых вырезов (глубиной b_1 , углом 2β) и трещин, исходящих из их вершин, выражения для $\omega, \omega_1, \omega_2$ имеют вид:

$$\omega = (f_1 \wedge_0 f_2) \wedge_\alpha (f_5 \wedge_0 f_6), \quad \omega_1 = f_1 \vee_0 \bar{f}_3, \quad \omega_2 = \omega \vee_0 f_3, \quad (10)$$

где $f_1=0$ - нормализованное уравнение границы горизонтальной полосы высотой $2d$, $f_2=0, f_3=0$ - нормализованные уравнения границ вертикальных полос высотой $2H$ и $2a$ соответственно, ($a=H-l$), $f_5=0, f_6=0$ - нормализованные уравнения полос с осями, составляющими с Ox углы β .

При этом принимаем $\alpha=0.9$ из условия равенства напряжений на продолжении трещины для данной задачи при $b_1=0$ и для задачи о растяжении полосы с периодической системой двусторонних трещин.

Исследования показали, что наличие отверстий приводит к значительному перераспределению напряжений на продолжении трещины: напряжения на оси полосы уменьшаются, а к вершине трещины увеличиваются и соответственно увеличивается и коэффициент интенсивности напряжений. Наличие трещин приводит к увеличению растягивающих напряжений на контурах отверстий, причем это проявляется более существенно для трещин большей длины и для отверстий большей кривизны в точках пересечения контура отверстия с осью перпендикулярной к оси полосы. Наличие вырезов приводит к снижению КИН. Краевые трещины расположенные между краевыми вырезами уменьшают растягивающие напряжения на контурах вырезов, причем это проявляется более существенно для трещин большей длины.

Исследовано также напряженно-деформированное состояние прямоугольной пластинки с двумя коллинеарными краевыми трещинами

ревной длины на оси симметрии, при заданных нормальных перемещениях граней, параллельных трещине, ($u_n = \text{const}$) и касательной нагрузке на остальных гранях. Показано, что касательная нагрузка оказывает, при определенных параметрах, значительное влияние на НДС тела, в том числе на величину и характер раскрытия трещин. Еще раз подтверждена эффективность подкреплений пластинок с трещинами.

Для контроля точности результатов использовано условие статического равновесия частей периодического элемента, выделенных сечениями $y = \text{const}$. Погрешность не превышала 2%. Для оценки сходимости получаемых результатов исследования проводились при различном числе координатных функций.

В четвертой главе исследовано напряженно-деформированное состояние тел с трещинами, упругие характеристики которых являются непрерывными функциями координат.

На основании предложенной методики решены: 1) задача о растяжении на бесконечности непрерывно-неоднородной полосы с периодической системой двусторонних прямолинейных трещин, перпендикулярных к оси; 2) задача определения напряженного состояния неоднородного прямоугольника с краевой трещиной на оси симметрии, при заданных нормальных перемещениях $u_n = \delta$ на гранях, параллельных трещине, и отсутствии на последних касательных напряжений. Модуль упругости материала меняется по степенному закону в направлении, параллельном трещине, и постояен в направлении, перпендикулярном ей. Коэффициент Пуассона постояен.

Исследования показали, что увеличение жесткости к оси и уменьшение ее к граням для полосы, а также уменьшение модуля Юнга к граням с трещиной и увеличение к противоположным граням для прямоугольника, приводит к перераспределению напряжений σ_y в бо-

лее жесткие области и соответственно к уменьшению КИН. Обратные изменения жесткостей, при определенных их значениях, приводят к более сложным качественным и существенным количественным перераспределениям напряжений и к увеличению КИН.

В заключении приведены основные результаты работы и краткие выводы.

В приложении содержится краткое описание программной реализации методики, распечатки программ и акт об использовании результатов исследований.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

1. Метод R-функций распространен на решение задач теории трещин.
2. Построены структурные формулы решений периодических задач теории трещин для полос, точно удовлетворяющие граничным условиям на периодическом элементе и позволяющие корректно внести характерные для данных задач особенности.
3. Предложен способ внесения в структуру сингулярностей с использованием точного решения задачи о давлении штампа на полуплоскость.
4. На основе совместного использования построенной структуры и вариационного метода разработан алгоритм и создано программное обеспечение для решения задач такого класса.
5. На тестовых задачах проведены анализ эффективности алгоритма и оценка достоверности полученных результатов.
6. С использованием разработанной методики и созданного на ее основе комплекса программ выполнены постановки и получены чис-

ленные характеристики напряженного состояния для следующих задач:

а) Взаимовлияние периодических систем краевых трещин и периодических систем отверстий, краевых вырезов при растяжении однородной полосы. Установлено, что наличие эллиптических отверстий на оси полосы может для определенных параметров трещин и отверстий увеличивать КИН более чем в два раза, а наличие эллиптических вырезов на гранях между трещинами может уменьшить КИН более чем на 50 процентов. Наличие трещин снижает также концентрацию напряжений на вырезах, а при определенных параметрах трещин и вырезов совсем нейтрализует ее.

б) Растяжение полосы с периодической системой двусторонних краевых угловых вырезов и системой трещин исходящих из их вершин. Установлено, что вырезы уменьшают КИН, причем, это сказывается более существенно для больших углов β и глубин вырезов b_1 . Так для $(b_1 + l)/H = 0.5$, $d/H = 1.0$ уменьшение достигает 20 процентов.

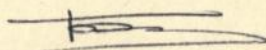
в) Влияние касательной нагрузки на гранях с трещинами на напряженно-деформированное состояние прямоугольной пластинки с двумя коллинеарными симметричными краевыми трещинами, при заданных нормальных перемещениях граней параллельных трещинам и отсутствии на последних касательных напряжений. Установлено, что касательная нагрузка на границе с трещинами, препятствующая растяжению тела, уменьшает КИН больше, чем ограничение перемещений граней параллельных трещине при равных суммарных напряжениях растяжения на продолжении трещины. Так для $H/d = 1.0$, $l/H = 0.5$ эта разность составляет около 40 процентов.

г) Влияние неоднородности на напряженное состояние полосы с периодической системой двусторонних трещин, растягиваемой на бес-

конечности. Установлено, что уменьшение жесткости к оси полосы приводит к сложным и существенным перераспределениям напряжений и к увеличению КИН.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ИЗЛОЖЕНЫ В РАБОТАХ

1. Боднар Ю.І. Дослідження взаємодіючої періодичних систем тріщин і отворів при розтязі полоси / Львов. політехн. ін-т.- Львов, 1992.- 11 с.- Деп. в УкрНИИТИ 16.01.92, N 53-Ук92.
2. Боднар Ю.І. Исследование напряженно-деформированного состояния полосы с периодической системой краевых трещин методом R-функций / Львов. політехн. ін-т.- Львов, 1992.- 11 с.- Деп. в УкрНИИТИ 16.01.92, N 52-Ук92.
3. Русинко К.М., Боднар Ю.І. Напружено-деформований стан неперервно-неоднорідної полоси з періодичною системою двосторонніх тріщин, що розтягується на нескінченості / Львов. політехн. ін-т.- Львов, 1992.- 11 с.- Деп. в УкрНИИТИ 16.01.92, N 51-Ук92.
4. Белый И.П., Боднар Ю.І., Жеребецкий С.К. Прочность и деформативность панелей перекрытия КИД, содержащих трещиноподобные дефекты // Механика и физика разрушения композитных материалов и конструкций: Тез. докл. I-го Всесоюз. симпозиума, секция 2.- Ужгород, 1989.- с. 91.



Подп. к печати 21.04.92. Формат 60x84¹/16.
Бумага типограф. № 2. Офс. печ. Усл. печ. л 1.
Усл. крас.-отт. 1. Учетно-изд. л 0,93.
Тираж 100 экз. Зак. 68. Бесплатно

ЛПМ 290646 Львов-13, Мира, 12

Участок оперативной печати опытного завода ЛПМ
Львов, ул. I-го Мая, 286

АВБ Ин. В. Столякина

МУРС

467075

JD 25.572
AB 25.572

BT