

ՀՀ ԳԱԱ ՄԵԽԱՆԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ՀԱԿՈՐՅԱՆ ԼՈՒՍԻՆԵ ՎԱՀՐԱՄԻ

ՓՈԽՈՒՂՂԱՀԱՅԱՑ ՃԱՔԵՐ ԵՎ ԲԱՑԱՐՁԱԿ ԿՈՇՏ ՆԵՐԴՐԱԿՆԵՐ
ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՂ ԱՌԱՋԳԱԿԱՆ ՏԱՐԱԾՈՒԹՅԱՆ ԼԱՐՎԱԾԱՅԻՆ
ՎԻՃԱԿԸ

Ա.02.04.- «Դեֆորմացվող պինդ մարմնի մեխանիկա» մասնագիտությամբ
ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի
հայցման ատենախոսության

ՄԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ-2015

ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ НАН РА

АКОПЯН ЛУСИНЕ ВАГРАМОВНА

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ УПРУГОГО ПРОСТРАНСТВА,
СОДЕРЖАЩЕГО ВЗАИМОПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫЕ ТРЕЩИНЫ И
АБСОЛЮТНО ЖЕСТКИЕ ТОНКИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.02.04- 'Механика деформируемого твердого тела'

ЕРЕВАН-2015

Ատենախոսության թեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Մեխանիկայի ինստիտուտում

Գիտական ղեկավար՝

Ֆ.մ.գ.դ. Ա.Վ.Սահակյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

Ֆ.մ.գ.դ. Կ.Լ.Աղայան
Ֆ.մ.գ.դ. Ն.Ն.Շավլակաձե

Առաջատար կազմակերպություն

Երևանի պետական համալսարան

Պաշտպանությունը կայանալու է 4 դեկտեմբերի 2015թ. ժ. 14,00 –ին Մեխանիկայի ինստիտուտում գործող ԲՈՂ-ի «Մեխանիկայի»-047 մասնագիտական խորհրդում (Հասցեն՝ 0019 ք. Երևան, Մարշալ Բաղրամյան պող. 24/2, avсах@mechins.sci.am)

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ Մեխանիկայի ինստիտուտի գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 3 նոյեմբերի 2015 թ.

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար, Ֆ.մ.գ.դ.



Ա.Վ.Սահակյան

Тема диссертации утверждена в Институте механики НАН РА

Научный руководитель:

д.ф.м.н А.В.Саакян

Официальные оппоненты:

д.ф.м.н. К.Л.Агаян
д.ф.м.н. Н.Н.Шавлакадзе

Ведущая организация:

Ереванский государственный университет

Защита состоится 4 декабря 2015г. в 14⁰⁰ на заседании специализированного совета ВАК «Механика»-047, действующего в Институте механики НАН РА.

Адрес: 0019 г. Ереван, пр. Маршала Баграмяна 24/2, avсах@mechins.sci.am.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института механики НАН РА.

Автореферат разослан 3 ноября 2015г.

Ученый секретарь
специализированного совета, д.ф.м.н.



А.В.Саакян

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Многие инженерные конструкции и сооружения или их детали по разным причинам содержат концентраторы напряжения типа трещин (разрезов, щелей), инородных и жестких тонкостенных включений, вокруг которых, при эксплуатации, возникают локальные поля напряжений с интенсивно изменяющимися градиентами, которые могут привести к частичному или глобальному разрушению этих конструкций и деталей. Поэтому исследование локальных полей напряжений, возникающих вокруг концентраторов, и напряженного состояния массивных тел в целом, что, в большинстве случаев, сводится к решению контактных и смешанных задач механики деформируемого твердого тела, является актуальной проблемой как с практической, так и с научной точек зрения.

Цель работы. Настоящая диссертационная работа посвящена исследованию напряженно-деформированного состояния однородных и составных массивных тел, моделируемых в виде упругих однородных и кусочно-однородных пространств и полупространств, а также однородных плоскостей, содержащих различные концентраторы напряжений типа абсолютно жестких тонких включений, трещин и штампов. При помощи сочетания методов разрывных решений, сингулярных интегральных уравнений и численно-аналитического метода механических квадратур построены замкнутые и эффективные решения ряда задач и изучены закономерности взаимовлияния этих концентраторов.

Научная новизна. В диссертационной работе поставлен и эффективно решен ряд новых смешанных задач для однородного и составного пространств в постановке антиплоской задачи теории упругости, а также плоские задачи теории упругости для однородной плоскости с прямолинейными полубесконечными и конечными трещинами, на берегах которых заданы условия смешанного типа.

Получены точные решения некоторых антиплоских смешанных задач для однородного и составного пространств с полубесконечной магистральной трещиной, перпендикулярно выходящей на берег конечной трещины, на край абсолютно жесткого включения или же на край абсолютно жесткого включения, одна сторона которого оторвана от матрицы.

Изучены закономерности изменения контактных напряжений, коэффициентов концентрации разрушающих напряжений в концевых точках трещин и включений, а так же раскрытия трещин в зависимости от изменения геометрических и физико-механических параметров поставленных задач.

Практическая ценность работы. Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы при исследовании новых смешанных задач для массивных однородных и составных тел, содержащих одновременно несколько концентраторов напряжений типа штампов, трещин, накладок и жестких инородных включений, а также при исследовании взаимовлияния этих концентраторов.

С практической точки зрения результаты работы могут быть использованы при разработке методик расчета прочности и долговечности различных инженерных конструкций и их деталей, содержащих разрезы и жесткие тонкостенные включения.

Апробация работы. Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались:

- На международной конференции «Актуальные проблемы механики сплошной среды» (Цахкадзор, Армения, 25-28 сентября 2007),
- на VI-ой международной конференции «Проблемы динамики взаимодействия деформируемых сред» (Горис, Армения, 21-26 сентября 2008),
- на международной школе-конференции «Механика 2009», (Агавнадзор, Армения, 28 сент. – 1 окт. 2009)
- на III-ей международной конференции «Актуальные проблемы механики сплошной среды» (Цахкадзор, Армения, 8-12 октября 2012),
- на международной школе-конференции «Механика 2013», (Цахкадзор, Армения, 1-4 октября 2013)
- на VIII-ой международной конференции «Проблемы динамики взаимодействия деформируемых сред» (Горис, Армения, 22-26 сентября 2014),
- на 17-ом конгрессе по теоретической и прикладной механике в США (15-20 июня 2014, Мичиган, США)
- на семинарах имени Н.Х.Арутюняна Института механики НАН РА (Ереван, 2007-2014г.).

Диссертационная работа в целом обсуждена на заседании отдела “Механика упругих и вязкоупругих тел” Института механики НАН РА и на общем семинаре Института механики НАН РА (Ереван, 2015г.).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 9 научных статей, список которых приводится в конце автореферата.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, кратких выводов и списка цитируемой литературы. Общий объем работы составляет 115 страниц печатного текста и содержит 29 рисунков и 7 таблиц, а список литературы содержит 117 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель и круг обсуждаемых в ней вопросов, дан краткий обзор работ, связанных с рассмотренными в диссертации вопросами и изложено краткое содержание диссертации.

Первая глава посвящена антиплоским смешанным задачам для однородного и составного, состоящего из полупространства и двух одинаковых четверть-пространств, упругих пространств, содержащих трещины и включения, составляющих друг с другом T-образный дефект.

В первом параграфе рассматривается задача об антиплоском напряженном состоянии однородного упругого пространства с модулем сдвига G , ослабленного двумя магистральными конечными трещинами, одна из которых перпендикулярно выходит на срединную точку второй трещины, противоположным берегом которой служит абсолютно жесткое тонкое включение такой же длины. Считается, что пространство деформируется под воздействием касательных нагрузок $\tau_0(r)$ и $q_0(r)$, приложен-

ных соответственно к берегам горизонтальной трещины и к берегам вертикальной трещины.

Решение задачи сводится к системе из трех сингулярных интегральных уравнений с обобщенным ядром Коши относительно контактных напряжений под включением $\tau(r)$ и производных от смещений точек берегов трещин $W'(r)$, $U'(r)$. Последняя, после стандартизации путем введения линейных комбинаций основных искомых функций, принимает вид:

$$\begin{aligned} \pi\varphi_1(x) - \int_{-1}^1 \left(\frac{\varphi_1(s)}{s-x} + \frac{\varphi_2(s)}{s+x+2} \right) ds - 2 \int_{-1}^1 \frac{\lambda(x+1) + (s+1)}{\lambda^2(x+1)^2 + (s+1)^2} \varphi_3(s) ds &= \pi f_1(x) \\ \pi\varphi_2(x) + \int_{-1}^1 \left(\frac{\varphi_2(s)}{s-x} + \frac{\varphi_1(s)}{s+x+2} \right) ds - 2 \int_{-1}^1 \frac{\lambda(x+1) - (s+1)}{\lambda^2(x+1)^2 + (s+1)^2} \varphi_3(s) ds &= \pi f_1(x) \\ \int_{-1}^1 \frac{\varphi_3(s)}{s-x} ds + \frac{\lambda}{2} \int_{-1}^1 \frac{\lambda(s+1) + x+1}{\lambda^2(s+1)^2 + (x+1)^2} \varphi_1(s) ds + \frac{\lambda}{2} \int_{-1}^1 \frac{\lambda(s+1) - x-1}{\lambda^2(s+1)^2 + (x+1)^2} \varphi_2(s) ds &= \pi f_2(x) \end{aligned}$$

при условии однозначности перемещения точки пересечения трещин

$$\frac{\lambda}{2} \int_{-1}^1 [\varphi_1(x) - \varphi_2(x)] dx = \int_{-1}^1 \varphi_3(x) dx$$

Решение системы, в общем случае, строится методом механических квадратур с учетом наличия неподвижной особенности в концевой точке отрезка интегрирования.

В случае, когда $\tau_0(r) = 0$ и $q_0(r) = q_0 = 0.1G$ проведен численный расчет, результаты которого приведены в виде таблицы, показывающей значения коэффициентов интенсивности приведенных контактных напряжений в концевых точках горизонтальной трещины K_{III}^a и вертикальной трещины K_{III}^b , и 3 рисунков, представляющих графики смещений точек берегов вертикальной и горизонтальной трещины (рис.1) и графики распределения тангенциальных напряжений под включением для различных значений параметра $\lambda = a/b$, выражающего отношение полудлины шляпки к длине ножки

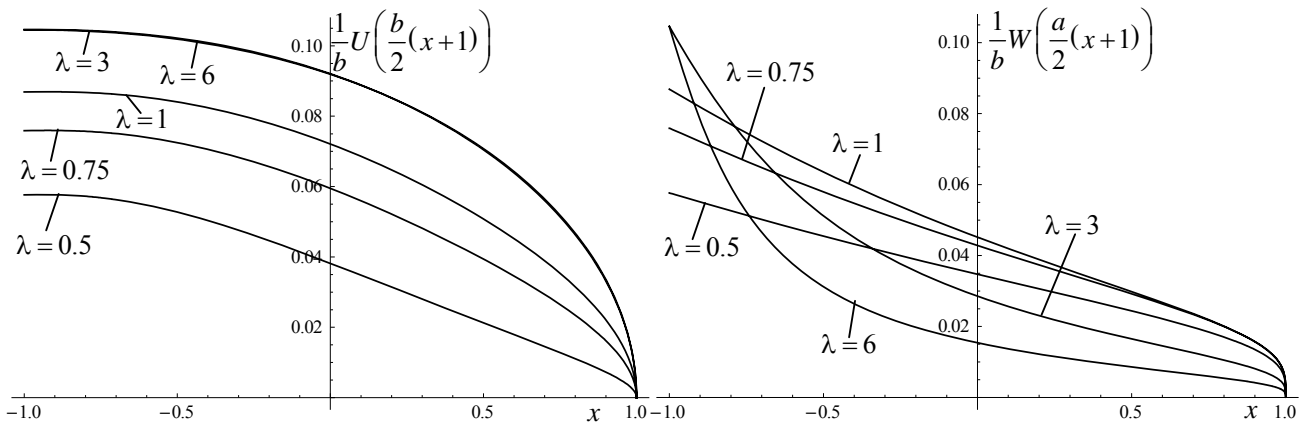


Рис. 1

По данным и рисунков, и таблицы можно однозначно утверждать, что уже при $\lambda = 3$ взаимодействием ножки и шляпки Т-образного дефекта можно пренебречь.

Во втором параграфе первой главы рассматриваются три частные задачи, созвучные по постановке с задачей, рассмотренной в первом параграфе, и допускающие построение точных решений. Во всех трех случаях ножка Т-образного дефекта предполагается полубесконечной, а условия на берегах шляпки различны.

Первой из этих задач является частный случай рассмотренной выше задачи, когда ножка полубесконечна. При этом считается, что пространство деформируется под воздействием касательных нагрузок, симметричным образом приложенных к берегам полубесконечной трещины. Построено точное решение задачи. Получены простые формулы для определения величин, характеризующих напряженное состояние пространства. В частности, контактные напряжения на защемленном берегу трещины даются формулой:

$$\tau(r) = -\frac{\sqrt{2}rF_+(r)}{4(a^2 - r^2)^{3/4}} - \frac{\sqrt{2}F_-(r)}{4(a^2 - r^2)^{1/4}} + \frac{r}{2\pi(a^2 - r^2)^{3/4}} \int_0^a \frac{[F_+(r_0) - F_+(r)](a^2 - r_0^2)^{3/4}}{(r_0^2 - r^2)\sqrt{r_0}} dr_0 +$$

$$+ \frac{1}{2\pi(a^2 - r^2)^{1/4}} \int_0^a \frac{rF_-(r_0) - r_0F_-(r)}{\sqrt{r_0}(r_0^2 - r^2)} (a^2 - r_0^2)^{1/4} dr_0,$$

где $F_{\pm}(r)$ - известные функции, зависящие от внешней нагрузки.

Вторая задача является аналогом первой задачи с той лишь разницей, что оба берега шляпки свободны от напряжений. Для производной раскрытия конечной трещины, являющейся основной искомой функцией, посредством которой можно определить поле напряжений в пространстве целом, получено следующее простое выражение:

$$W'(r) = \frac{2}{\pi G \sqrt{a-r}} \int_0^a \frac{\sqrt{a-r_0} f_2(r_0)}{r_0 - r} dr_0, \quad f_2(r) = \frac{1}{\pi r} \int_L \frac{\sqrt{2r_0 r (r_0 + r)}}{r_0^2 + r^2} q_0(r_0) dr_0$$

где L - участок приложения внешней нагрузки.

В третьем случае построено замкнутое решение задачи об антиплоском напряженном состоянии упругого пространства, содержащего полубесконечную магистральную трещину, перпендикулярно выходящую на середину абсолютно жесткого включения конечной длины, сцепленного с пространством.

В третьем параграфе рассмотрено антиплоское напряженное состояние составного пространства, состоящего из упругого полупространства с модулем сдвига G_2 и двух одинаковых четверть-пространств с модулем сдвига G_1 , и на плоскости их стыка содержащего магистральную трещину конечной длины $2a$, расположенную симметрично относительно линии раздела четверть-пространств. Предполагается, что сплошной берег трещины защемлен, а внешней нагрузкой являются касательные

нагрузки $q_0(r)$, симметричным образом приложенные к берегам полубесконечной трещины.

Задача математически формулируется в виде двух независимых сингулярных интегральных уравнений второго рода относительно двух линейных комбинаций скачка напряжений $\tau(r)$, действующих под заземленным берегом трещины, и производной от разности смещений точек берегов трещины $W'(r)$:

$$\Psi_{\pm}(x) \mp \frac{\sqrt{G}}{\pi} \int_0^1 \frac{\Psi_{\pm}(s)}{s-x} ds = \pm F_{\pm}^*(x) \quad (\Psi_{\pm}(0) < \infty)$$

где $G = G_1/G_2$,

$$\left(\frac{r}{a}\right)^{\alpha-1} \Psi_+\left(\frac{r^2}{a^2}\right) = \tau(r) + \sqrt{GW'_*(r)}; \quad \left(\frac{r}{a}\right)^{1-\alpha} \Psi_-\left(\frac{r^2}{a^2}\right) = \tau(r) - \sqrt{GW'_*(r)},$$

а $F_{\pm}^*(x)$ - известные функции, зависящие от $q_0(r)$.

Ограниченные в точке $x=0$ решения полученных определяющих сингулярных интегральных уравнений записываются в виде

$$\Psi_{\pm}(x) = \frac{1}{1-q_{\pm}^2} \left\{ \pm F_{\pm}^*(x) \pm \frac{q_{\pm} \omega_{\pm}(x)}{\pi i} \int_0^1 \frac{F_{\pm}^*(s) ds}{\omega_{\pm}(s)(s-x)} \right\} \quad (-1 < x < 1),$$

где

$$q_{\pm} = \pm i \sqrt{G}; \quad \omega_+(x) = X_1^+(x); \quad \omega_-(x) = X_2^+(x); \quad X_j(z) = \left(\frac{z}{z-1}\right)^{1-\gamma_j};$$

$$\gamma_j = \frac{\ln|g_j|}{2\pi i} + \frac{\vartheta_j}{2\pi}; \quad g_1 = \frac{1+q_+}{1-q_+}; \quad g_2 = \overline{g_1}; \quad |g_j| = 1; \quad (0 \leq \vartheta_j = \arg(g_j) < 2\pi),$$

а функции $X_j^+(x)$ ($j=1,2$) - значения функций $X_j(z)$ на верхнем берегу трещины.

Получены простые формулы для контактных напряжений, производной от раскрытия трещины, а также для коэффициента концентрации разрушающих напряжений в конечных точках трещины. В частности для последнего получено следующее выражение:

$$K_{III}(a) = \sqrt{2\pi} \lim_{r \rightarrow a+0} (r-a)^{1-\gamma_1} \tau_{\varphi z}^{(1)}(r,0) = -\frac{\sqrt{2\pi G a^{\alpha-\gamma_1}}}{\pi \sqrt{G+1} \cdot 2^{1-\gamma_1}} \int_0^a \frac{s^{\alpha-2\gamma_1} F_+(s) ds}{(a^2-s^2)^{\gamma_1}}.$$

Вторая глава посвящена исследованию плоско-деформированного состояния однородной упругой плоскости, когда она усилена конечным, абсолютно жестким включением и ослаблена двумя, расположенными на одинаковом расстоянии по разные стороны от включения перпендикулярно к нему, конечными разрезами или усилена полубесконечным неподвижным абсолютно жестким включением, перпендикулярно выходящим на срединную точку трещины конечной длины.

В первом параграфе рассмотрено плоское деформированное состояние однородной упругой плоскости, которая на интервале $(-a, a)$ оси Oy декартовой системы координат усилена абсолютно жестким включением, а на интервалах $(-b, -c)$ и (c, b) оси Ox ослаблена трещинами и деформируется под воздействием одинаковых нормальных нагрузок $P_0(x)$, действующих на берегах трещин.

Ввиду симметрии относительно обеих координатных осей задача математически формулируется в виде граничной задачи для четверть-плоскости. Вводя неизвестные функции $U(r)$ ($c < r < b$) и $\tau(r)$ ($0 < r < a$), представляющие соответственно нормальные смещения точек трещины и касательные напряжения под включением, и используя разрывные решения уравнений плоской задачи теории упругости для квадранта, решение поставленной задачи сведено к решению следующей системы сингулярных интегральных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{1}{\pi} \int_0^a K_{11}(r, r_0) \tau(r_0) dr_0 + \frac{1}{\pi} \int_c^b K_{12}(r, r_0) U'(r_0) dr_0 = -P_0(r) & (c < r < b) \\ \frac{1}{\pi} \int_0^a K_{21}(r, r_0) \tau(r_0) dr_0 - \frac{1}{\pi} \int_c^b K_{22}(r, r_0) U'(r_0) dr_0 = 0 & (0 < r < a) \end{cases}$$

при условии непрерывности смещений в концевых точках трещин

$$\int_c^b U'(r_0) dr_0 = 0 .$$

Здесь

$$K_{jj}(r, r_0) = \frac{2(\lambda + \mu)}{(\lambda + 2\mu)} \frac{r_0 (r_0^2 - r^2)}{(r_0^2 + r^2)^2} - (-1)^j \frac{2r_0}{r_0^2 + r^2} \quad (j = 1, 2);$$

$$K_{21}(r, r_0) = \frac{\lambda + 3\mu}{\mu(\lambda + 2\mu)} \frac{r_0}{r_0^2 - r^2}; \quad K_{12}(r, r_0) = \frac{4\mu(\lambda + \mu)}{(\lambda + 2\mu)} \frac{r_0}{r_0^2 - r^2};$$

μ и λ - константы Ламэ.

Далее, при помощи замены переменных определяющая система формулируется на интервале $(-1, 1)$ и принимает вид:

$$\begin{cases} \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{\varphi_1(\xi)}{\xi - \eta} d\xi + \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 R_{12}(\eta, \xi) \varphi_2(\xi) d\xi = 0 \\ \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{\varphi_2(\xi)}{\xi - \eta} d\xi + \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 R_{21}(\eta, \xi) \varphi_1(\xi) d\xi = -(1 - \nu) P_0^*(\eta) \end{cases} \quad (-1 < \eta < 1),$$

где введены обозначения

$$\varphi_1(\xi) = \tau \left(a \sqrt{\frac{\xi+1}{2}} \right) / \mu; \quad \varphi_2(\xi) = U' \left(a \sqrt{\frac{p\xi+q}{2}} \right);$$

$$P_0^*(\eta) = P_0 \left(a \sqrt{\frac{p\eta+q}{2}} \right) / \mu; \quad \left(p = \frac{b^2 - c^2}{a^2}; \quad q = \frac{b^2 + c^2}{a^2} \right);$$

ν - коэффициент Пуассона.

$$R_{12}(\eta, \xi) = -\frac{2p}{H} \left[\frac{p\xi - \eta - 1 + q}{(p\xi + \eta + 1 + q)^2} - \frac{2(1-\nu)}{p\xi + \eta + 1 + q} \right];$$

$$R_{21}(\eta, \xi) = \frac{1}{2} \left[\frac{\xi - p\eta + 1 - q}{(\xi + p\eta + 1 + q)^2} + \frac{2(1-\nu)}{\xi + p\eta + 1 + q} \right];$$

при условии

$$\int_{-1}^1 \frac{\varphi_2(\xi) d\xi}{\sqrt{p\xi+q}} = 0.$$

Полагая $c \neq 0$ и учитывая поведение функций $\tau(r)$ и $U'(r)$ у концов отрезка интегрирования, искомые функции $\varphi_1(x)$ и $\varphi_2(x)$ представляются в виде

$$\varphi_1(x) = \sqrt{\frac{1+x}{1-x}} \varphi_1^*(x); \quad \varphi_2(x) = \frac{\varphi_2^*(x)}{\sqrt{1-x^2}};$$

где $\varphi_i^*(x)$ ($i=1,2$) - непрерывные гладкие функции, ограниченные вплоть до концов интервала $(-1,1)$, и определяющая система СИУ решается методом механических квадратур.

Для предельного случая $c = 0$ проведен анализ поведения искомых функций у конца, соответствующего точке соединения включения и трещин, и показано, что в этом случае обе функции имеют особенность в этой точке и ее показатель меньше 0.5.

Численный анализ поставленной задачи проведен в двух аспектах: в одном случае полагается, что длина трещины равна полудлине включения и остается постоянной, а расстояние между трещиной и включением изменяется, а во втором случае постоянными остаются длина трещины и ее расстояние от включения, равное полудлине трещины, а изменяется длина включения. Изучены закономерности изменения раскрытия трещины, контактных напряжений на сторонах включения и коэффициентов интенсивности разрушающих напряжений. Результаты расчетов приведены в виде таблиц и рисунков.

Из данных таблиц сделаны следующие выводы: а) наличие жесткого включения уменьшает коэффициенты интенсивности напряжений в обоих концах трещины, при этом в большей мере у ближнего к нему конца, т.е. в определенной мере снижает напряженность в окрестности концов трещины; б) при удалении трещин от включения

коэффициенты $K_1^*(c)$ и $K_1^*(b)$, монотонно возрастают, стремясь к одинаковому значению, соответствующему задаче для одной трещины в упругой плоскости; в) при уменьшении длины включения коэффициенты $K_1^*(c)$ и $K_1^*(b)$, монотонно возрастают, стремясь к различным, вследствие взаимовлияния трещин, значениям, соответствующим задаче для двух трещин в упругой плоскости.

В частности, ниже приведены графики безразмерных функций раскрытия трещины и контактных напряжений на сторонах включения. Из них явствует, что при приближении трещины к включению раскрытие трещины уменьшается, а тангенциальные напряжения, изменив знак, начинают возрастать в средней части включения, что является предпосылкой для возникновения особенности, которая имеет место в случае $c = 0$.

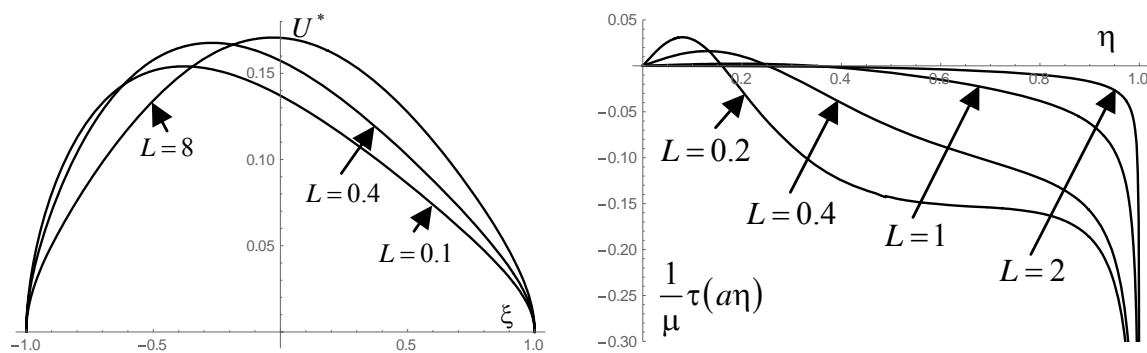


Рис.2

Во втором параграфе этой главы рассмотрено плоско-деформированное состояние упругой плоскости, содержащей неподвижное полубесконечное включение, выходящее на середину трещины конечной длины. Считается, что плоскость деформируется под воздействием распределенных нормальных нагрузок, действующих на противоположных берегах трещины (рис.3).

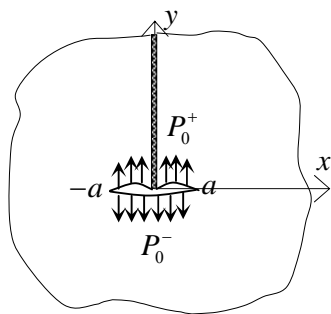


Рис.3

Учитывая симметрию в постановке задачи относительно оси Oy , рассматривается только правая полуплоскость (рис.3) и на основе разрывных решений уравнений Лямэ выписывается следующая система определяющих СИУ с обобщенным ядром Коши:

$$\begin{cases} \frac{\mu}{\pi\chi} \int_0^a \frac{V'(r_0) dr_0}{r_0 - r} + \int_0^a K_{11}(r, r_0) V'(r_0) dr_0 + \int_0^a K_{12}(r, r_0) U'(r_0) dr_0 = F_1(r); \\ \frac{\mu}{\pi\chi} \int_0^a \frac{U'(r_0) dr_0}{r_0 - r} + \int_0^a K_{21}(r, r_0) V'(r_0) dr_0 + \int_0^a K_{22}(r, r_0) U'(r_0) dr_0 = F_2(r); \end{cases} \quad (0 < r < a)$$

где $\chi = 3 - 4\nu$, μ, ν - модуль сдвига и коэффициент Пуассона материала полуплоскости, ядра $K_{ij}(r, r_0)$ имеют неподвижную особенность в нулевой точке, $F_j(r)$ известные функции.

Установлено, что искомые функции в концевой точке $r = a$ имеют обычную корневую особенность, а в точке $r = 0$ имеют особенность типа $r^{\alpha-1}$ ($0 < \alpha < 1$), где α является корнем уравнения

$$\sin^2 \frac{\alpha\pi}{2} = \frac{(1+\chi)^2}{4\chi} - \frac{\alpha^2}{\chi}$$

Как и выше, при помощи замены переменных определяющая система формулируется на интервале $(-1, 1)$ и записывается в виде:

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{\varphi_m(s) ds}{s-x} + \sum_{n=1}^2 \int_{-1}^1 R_{m,n}(x,s) \varphi_n(s) ds = Q_m(x) \quad (-1 < x < 1; m = 1, 2),$$

где

$$\varphi_1(x) = V'(a(x+1)/2); \quad \varphi_2(x) = U'(a(x+1)/2);$$

$$R_{m,n}(x,s) = \frac{\alpha\chi}{2\mu} K_{m,n} \left(\frac{a}{2}(x+1), \frac{a}{2}(s+1) \right), \quad Q_m(t) = \frac{\chi}{\mu} F_m \left(\frac{a}{2}(t+1) \right) \quad (m, n = 1, 2).$$

Исходя из указанного выше поведения функций $U'(r)$ и $V'(r)$, искомые функции $\varphi_1(x)$ и $\varphi_2(x)$ представляются в виде

$$\varphi_j(x) = \frac{\varphi_j^*(x)}{(1-x)^{1/2} (1+x)^{1-\alpha}} \quad (j = 1, 2)$$

где $\varphi_i^*(x)$ ($i = 1, 2$) – непрерывные гладкие функции, ограниченные вплоть до концов интервала $(-1, 1)$, и определяющая система СИУ решается методом механических квадратур.

Проведен численный анализ и выявлены закономерности изменения раскрытия трещины и коэффициентов интенсивности разрушающих напряжений в зависимости от изменения коэффициента Пуассона в случае, когда на берега трещины действуют одинаковые равномерно распределенные нагрузки. Результаты вычислений приведены в виде таблицы и рисунков. Как видно из таблицы коэффициенты интенсивности разрушающих напряжений в концевой точке трещины очень слабо реагируют на изменение коэффициента Пуассона.

ν	0,1	0,2	0,3	0.4
$K_I^*(1)$	0,889	0,901	0,911	0,918
$K_{II}^*(1)$	0,064	0.053	0.046	0.044

Таблица 1

Раскрытие трещины в бо'льшей мере зависит от коэффициента Пуассона и оно тем меньше, чем больше значение коэффициента Пуассона. Например, судя по постро-

енным в работе графикам, различие между максимальными значениями раскрытия трещин для приведенных в таблице значений коэффициента Пуассона может достигать 25%.

Третья глава диссертационной работы посвящена исследованию трех плоских смешанных задач для однородной упругой плоскости с полубесконечной трещиной, выходящей на середину перпендикулярно расположенной конечной трещины, другой берег которой либо свободен от напряжений, либо зашпелен. В качестве внешней нагрузки выступают распределенные нагрузки или абсолютно жесткие штампы с плоскими основаниями, симметричным образом приложенные к берегам полубесконечной трещины.

В первом параграфе рассмотрено плоско-деформированное состояние упругой плоскости, которая по оси ординат ослаблена полубесконечным разрезом ($y > 0$), а

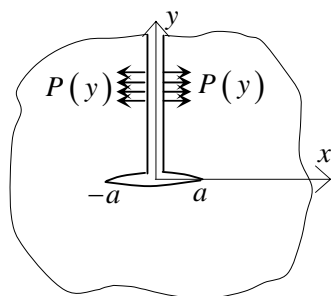


Рис.4

на отрезке ($-a < x < a$) трещиной конечной длины, когда на симметрично расположенных участках берегов полубесконечного разреза действуют нагрузки $P(y)$ (рис.4).

Учитывая симметричность задачи относительно оси Oy , рассматривается только правая полуплоскость и, используя разрывные решения уравнений Лямэ, решение задачи сводится к следующей системе определяющих СИУ с обобщённым ядром Коши:

$$\begin{cases} \frac{1}{\pi} \int_0^a K_{11}(r, r_0) V'(r_0) dr_0 + \frac{1}{\pi} \int_0^a K_{12}(r, r_0) U'(r_0) dr_0 = F_1(r) \\ \frac{1}{\pi} \int_0^a K_{21}(r, r_0) V'(r_0) dr_0 + \frac{1}{\pi} \int_0^a K_{22}(r, r_0) U'(r_0) dr_0 = F_2(r) \end{cases} \quad (0 < r < a),$$

где

$$K_{11}(r, r_0) = \frac{2r_0}{r_0^2 - r^2} - \frac{d}{dr} r \frac{d}{dr} \left(\frac{2rr_0}{r_0^2 - r^2} - \frac{\sqrt{rr_0}}{r_0 - r} \right);$$

$$K_{12}(r, r_0) = \frac{d}{dr} \left(r \frac{d}{dr} + 1 \right) \left(\frac{\sqrt{rr_0}}{r_0 + r} \right); \quad K_{21}(r, r_0) = -\frac{d}{dr} \left(r \frac{d}{dr} - 1 \right) \left(\frac{\sqrt{rr_0}}{r_0 + r} \right);$$

$$K_{22}(r, r_0) = \frac{\sqrt{rr_0}}{r(r_0 - r)} + \frac{d}{dr} r \frac{d}{dr} \left(\frac{2r_0^2}{r_0^2 - r^2} - \frac{\sqrt{rr_0}}{r_0 - r} \right).$$

Сохраняя обозначения второго параграфа второй главы, полученная система СИУ формулируется на интервале $(-1, 1)$ и решается методом механических квадратур.

Полагая, что внешней нагрузкой является сосредоточенная сила, приложенная на конечном расстоянии от начала координат, проведен численный анализ зависимости раскрытия трещины и коэффициента интенсивности разрушающих напряжений в концевой точке горизонтальной трещины от указанного расстояния точки приложения силы. Результаты вычислений приведены в виде таблицы и двух рисунков. В табл. 2 приведены значения коэффициента интенсивности обезразмеренных нормальных и тангенциальных разрушающих напряжений в концевой точке трещины для различных значений приведенного, относительно полудлины конечной трещины, расстояния b точки приложения силы от начала координат.

Таблица 2

b	0,8	1	1,713	2	5	12	20
$10^2 K_I^*$	-0,853	-0,627	0	0,151	0,525	0,448	0,37
$10^2 K_{II}^*$	-2,884	-2,377	-1,395	-1,20	-0,63	-0,407	-0,31

Как видно из этой таблицы, при близком расположении нагрузки к свободному концу конечной трещины, коэффициент интенсивности нормальных напряжений в концевой точке $r = a$ имеет отрицательный знак, что противоречит условию незагруженности берегов трещины и, следовательно, решение поставленной задачи корректно только при $b > 1.713$. При удалении нагрузки КИН K_I^* возрастает до определённого значения, а затем уменьшается, стремясь к нулю.

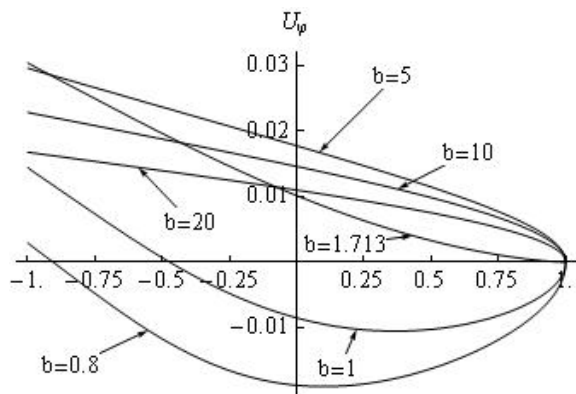


Рис.5

На рис.5 приведены графики нормальной составляющей раскрытия трещины. Из них также явствует, что значение $b = 1.713$ является предельным в плане корректности задачи, поскольку при меньших значениях нормальная составляющая раскрытия в некоторой области вблизи точки $r = a$ отрицательна, т.е. происходит наложение берегов трещины друг на друга, и, следовательно, постановку задачи нужно поменять.

Во втором параграфе этой главы рассмотрен аналог предыдущей задачи, когда плоскость деформируется под воздействием не распределенных нагрузок, а двух одинаковых абсолютно жестких гладких штампов с плоскими основаниями, вдавливаемых в плоскость сосредоточенными силами Q_0 так, что обеспечивают только их поступательное перемещение, и нормальных напряжений $\sigma_0(r)$, действующих на берега конечной трещины.

В рассматриваемом случае решение задачи опять-таки сводится к решению системы СИУ, но уже из трех уравнений относительно безразмерных функций $\varphi_i(x)$ ($i = \overline{1,3}$), соответствующих производным от тангенциальной и нормальной составляющих разности смещений точек берегов конечной трещины и нормальным контактными напряжениям, действующим под штампами,

$$\sum_{i=1}^3 \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \left[\frac{1}{s-x} \delta_{ij} + K_{ij}^*(x,s) \right] \varphi_i(s) ds = F_j^*(x) \quad (-1 < x < 1; j = \overline{1,3})$$

которую нужно рассматривать при дополнительном условии равновесия штампов,

$$\int_{-1}^1 \varphi_3(x) dx = Q'_0$$

Неизвестные составляющие u_0^*, v_0^* смещения точки $r = 0$ определяются формулами

$$u_0^* = - \int_{-1}^1 \varphi_1(x) dx; \quad v_0^* = - \int_{-1}^1 \varphi_2(x) dx;$$

Проведён численный анализ поставленной задачи в том же аспекте, что и ранее, и изучены закономерности изменения раскрытия трещины, контактных напряжений под штампами и коэффициентов интенсивности разрушающих напряжений в концевой точке трещины в зависимости от приведенного расстояния центральной точки штампа от начала координат в случае, когда нормальная нагрузка на берегах конечной трещины отсутствует, а длина основания штампов равна полудлине горизонтальной трещины. Здесь также найдено предельное значение для расстояния центральной точки штампа от начала координат, ниже которого постановка задачи перестает быть корректной. Таковым является значение $\lambda_2 = 1.77$.

В третьем параграфе рассмотрено плоско-деформированное состояние однородной упругой плоскости, ослабленной полубесконечным разрезом, перпендикулярно выходящим на середину трещины, образованной отслоением одной из длинных сторон абсолютно жесткого тонкого включения конечной длины от матрицы (рис. 6).

Решение задачи, методом разрывных решений сводится к решению следующей системы СИУ относительно приведенных линейных комбинаций комплексных комбинаций напряжений и производных от смещений

$$\psi_j(r) = \chi(r) + q_j W'(r); \quad (j = \overline{1,2}) :$$

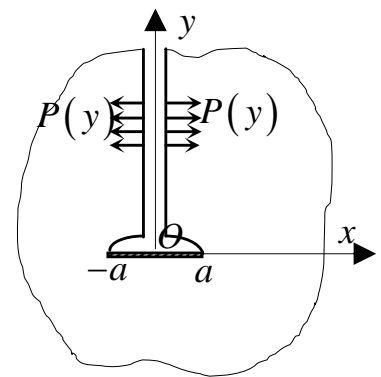


Рис. 6

$$\Psi_j(r) + \frac{iq_j^*}{\pi} \int_0^a \frac{\Psi_j(r_0) dr_0}{r_0 - r} + \sum_{i=1}^4 \int_0^a L_{ij}(r, r_0) \Psi_i(r_0) dr_0 = F_j(r) \quad (0 < r < a; j = \overline{1, 4})$$

где $\chi(r) = \sigma(r) - i\tau(r)$; $W'(r) = U'(r) + iV'(r)$; $q_j^* = \frac{1 - 2\nu + (-1)^{j+1} i\sqrt{3 - 4\nu}}{2(1 - \nu)}$;

$q_{j+2}^* = \overline{q_j^*}$; $\Psi_{j+2}(r) = \overline{\Psi_j(r)}$ ($j = 1, 2$), а $\sigma(r)$, $\tau(r)$ и $U'(r)$, $V'(r)$ - скачки нормальных и касательных напряжений, действующих на берегах конечной трещины, и производные от разности горизонтальных и нормальных компонент смещения точек берегов трещины соответственно, при условиях

$$\operatorname{Re} \int_0^a [\Psi_1(\xi) + \Psi_2(\xi)] d\xi = 0, \quad \Psi_1(0) - \Psi_2(0) < \infty; \quad \Psi_1(a) - \Psi_2(a) = 0.$$

Проведён численный анализ поставленной задачи, когда внешней нагрузкой являются сосредоточенные силы и, подобно предыдущим задачам, изучены закономерности изменения раскрытия трещины и коэффициента концентрации разрушающих напряжений в концевой точке трещины в зависимости от расстояния сосредоточенной нагрузки от начала координат. И здесь найдено предельное значение для расстояния точки приложения сил от начала координат, ниже которого постановка задачи перестает быть корректной, и оно равно $\lambda = 1.876$. Сравнение этого значения с аналогичным значением, полученным в первом параграфе, $\lambda = 1.713$, указывает на то, что свобода в передвижении нижнего берега конечной трещины способствует раскрытию трещины, из чего можно сделать вывод, что в окрестности вершины трещины точки нижнего берега стремятся уйти вниз. Это подтверждают и графики контактного давления на включение, принимающие в этих зонах отрицательные значения.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Основные результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Развито научное направление по исследованию вопросов о взаимодействии концентраторов напряжений типа трещин, абсолютно жестких включений и штампов, одновременно находящихся в массивных деформируемых телах, как друг с другом, так и с матрицей. На этом пути поставлены и эффективно решены некоторые новые антиплоские и плоские смешанные задачи для однородного и составного пространства и однородной плоскости.
2. Методами разрывных решений уравнений теории упругости и сингулярных интегральных уравнений в сочетании с численно-аналитическим методом механических квадратур построено эффективное решение задачи об антиплоском напряженном состоянии однородного упругого пространства, ослабленного Т-образной магистральной трещиной, берег шляпки которой жестко защемлен. В частном случае, когда ножка трещины, на берегах которой заданы напряжения, полубесконечна, построено замкнутое решение трех задач: а) один берег шляпки защемлен, другой свободен от напряжений, б) оба берега шляпки свободны от напряжений, в) оба берега шляпки защемлены. Получены простые формулы для контактных напряжений и раскрытия трещин. Показано, что в случае жесткого включения (задача в) напряжения в окрестности его конца ограничены.
3. Построено замкнутое решение задачи об антиплоском напряженном состоянии кусочно-однородного пространства, составленного из упругого полупространства и двух, неконтактирующих друг с другом, одинаковых четверть-пространств, изготовленных из другого материала, когда на плоскости стыка полупространства с четверть-пространствами имеется магистральная трещина конечной длины, на берегах которой заданы условия смешанного типа.
4. Поставлены и эффективно решены две задачи о плоско-деформированном состоянии однородной упругой плоскости с двумя конечными трещинами и абсолютно жестким включением и с полубесконечным абсолютно жестким включением, выходящим на берег конечной трещины. Показано, что жесткое включение уменьшает поле напряжений вокруг трещины, тем самым препятствуя ее распространению.
5. В рамках теории упругости поставлены и методом сингулярных интегральных уравнений решены некоторые плоские смешанные и контактные задачи для однородной упругой плоскости с полубесконечной трещиной, перпендикулярно выходящей на границу конечной трещины или на границу конечного включения, одна сторона которого оторвана от матрицы.
6. Во всех рассмотренных задачах проведены численные расчеты и изучены закономерности изменения важнейших механических характеристик, каковыми являются контактные напряжения, раскрытие трещин и коэффициенты концентрации разрушающих напряжений в концевых точках трещин, в зависимости от физико-механических и геометрических параметров задач.

Список научных работ по теме диссертации

1. Саакян А.В., Даштоян Л.Л., Акопян Л.В. Об одной смешанной задаче для упругого пространства с Т-образной трещиной при антиплоской деформации. //Сб. трудов межд. конф. «Актуальные проблемы механики сплошной среды», посв. 95-летию Н.Х.Арутюняна, 25-28 сентября 2007, Цахкадзор, Армения, - Е., Изд-во ЕГУАС - 2007, С.351-354.
2. Даштоян Л.Л., Акопян Л.В. Антиплоское напряженное состояние пространства с трещинами при смешанных условиях на одном берегу. //Труды 6-ой межд. конф. «Проблемы динамики взаимодействия деформируемых сред», 21-26 сентября, 2008, Горис-Степанакерт – Е., 2008, с. 224-229.
3. Акопян В.Н., Даштоян Л.Л., Акопян Л.В. О напряженном состоянии упругой плоскости с полубесконечным разрезом, перпендикулярно выходящим на трещину конечной длины //Труды межд. школы-конф. «Механика 2009», 28 сент. – 1 окт. 2009, Агавнадзор, Армения – Е., Изд-во ЕГУАС- 2009, с. 118-124.
4. Акопян Л.В., Амирджаниян А.А. О плоско-деформированном состоянии упругой плоскости с разрезами и включением. //Труды межд. школы-конф. «Механика 2009», 28 сент. – 1 окт. 2009, Агавнадзор, Армения – Е., Изд-во ЕГУАС- 2009, с. 124-128.
5. Акопян В.Н., Даштоян Л.Л., Акопян Л.В. Антиплоское напряженное состояние составного пространства с трещинами при смешанных условиях. // Известия НАН РА, Механика, т.62, № 4, 2009г, с. 16-23.
6. Акопян В.Н., Даштоян Л.Л., Акопян Л.В. О напряженном состоянии упругой плоскости с полубесконечным разрезом, перпендикулярно выходящим на частично оторванное от матрицы абсолютно жесткое включение. //Сб. трудов III-ей межд. конф. «Актуальные проблемы механики сплошной среды», посв. 100-летию Н.Х.Арутюняна, 8-12 октября 2012, Цахкадзор, Армения – Е., Изд-во ЕГУАС-2012, т. 1, с.57-61.
7. Акопян Л.В. Контактная задача для упругой плоскости с полубесконечным разрезом, перпендикулярно выходящим на трещину конечной длины. //Труды межд. школы- конференции «Механика - 2013», 1-4 октября 2013, Цахкадзор, Армения – Е., Изд-во ЕГУАС – 2013, с. 59-63.
8. Даштоян Л.Л., Акопян Л.В. Напряженное состояние упругой плоскости с полубесконечным абсолютно жестким включением, перпендикулярно выходящим на трещину конечной длины. //Труды 8-ой межд. конф. «Проблемы динамики взаимодействия деформируемых сред», 22-26 сентября, 2014, Горис-Степанакерт – Е., Чартарагет – 2014, с. 217-221.
9. Акопян Л.В., Саакян А.В. Уточнённое решение смешанной задачи для упругого пространства с Т-образной трещиной при антиплоской деформации //Сб. трудов IV межд. конф. «Актуальные проблемы механики сплошной среды», сентябрь 21-26, 2015, Цахкадзор - Е., НУАСА - 2015, С.38-42.

ՀԱԿՈՒՅԱՆ ԼՈՒՍԻՆԵ ՎԱՀՐԱՄԻ
ՓՈԽՈՒՂՂԱՀԱՅԱՑ ՃԱՔԵՐ ԵՎ ԲԱՑԱՐՁԱԿ ԿՈՇՏ ՆԵՐԴՐԱԿՆԵՐ
ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՂ ԱՌԱՋԳԱԿԱՆ ՏԱՐԱԾՈՒԹՅԱՆ ԼԱՐՎԱԾԱՅԻՆ ՎԻՃԱԿԸ

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Բազմաթիվ ճարտարագիտական կառուցվածքներ կամ նրանց տարեր տարբեր պատճառներով պարունակում են ճաքերի, տարասեռ ներդրակների կամ վերադիրների տիպի լարումների կենտրոնացուցիչներ, որոնց շրջակայքում առաջանում են արագ փոփոխվող մեծ լարվածային դաշտեր, որոնք կարող են բերել տվյալ կառուցվածքի մասնակի կամ լրիվ քայքայմանը: Սրանով է պայմանավորված լարումների կենտրոնացուցիչներ պարունակող մարմինների լարվածադեֆորմացիոն վիճակի ուսումնասիրության խիստ կարևորությունն ու արդիականությունը թե գիտական և թե կիրառական տեսանկյուններից:

Ատենախոսության նպատակն է ուսումնասիրել միաժամանակ լարումների տարբեր փոխուղղահայաց կենտրոնացուցիչներ պարունակող համասեռ և բաղադրյալ տարածության հարթ ու հակահարթ լարվածադեֆորմացիոն վիճակները և պարզել այդ կենտրոնացուցիչների փոխազդեցության առանձնահատկությունները:

Աշխատանքի առաջին գլխում ուսումնասիրված է համասեռ տարածության հակահարթ լարվածային վիճակը, երբ այն պարունակում է երկու փոխուղղահայաց վերջավոր մագիստրալ ճաքեր, որոնցից առաջինը, որի ափերը բեռնավորված են, դուրս է գալիս երկրորդի ափերից մեկի միջնակետը: Ենթադրվում է, որ երկրորդ ճաքի ափերին տրված են խառը պայմաններ: Խնդրի լուծումը բերվել է ընդհանրացված Կոշու կորիզներով սինգուլյար ինտեգրալ հավասարումների համակարգի, որի լուծումը կառուցվել է մեխանիկական քառակուսացման բանաձևերի մեթոդի կիրառմամբ: Կատարված է թվային վերլուծություն և ուսումնասիրված է ճաքի ծայրակետերում գործող քայքայող լարումների ուժգնության գործակցի ու ճաքի բացվածքի փոփոխման օրինաչափությունները կախված ճաքերի երկարությունների հարաբերությունից: Մասնավոր դեպքում, երբ առաջին ճաքը կիսաանվերջ է կառուցվել է խնդրի փակ լուծումը: Կառուցվել է խնդրի փակ լուծումը նաև այն դեպքում, երբ տարածությունը բաղադրյալ է, կազմված է երկու տարբեր կիսատարածություններից, որոնց միացման հարթության մեջ կա վերջավոր մագիստրալ ճաք, որի ափերից մեկը ամրակցված է, իսկ մյուսի միջնակետ է դուրս գալիս կիսաանվերջ մագիստրալ ճաքը:

Աշխատանքի երկրորդ գլխում ուսումնասիրված է համասեռ հարթության հարթ դեֆորմացիոն վիճակը, երբ այն ուժեղացված է վերջավոր բացարձակ կոշտ

ներդրակով և թուլացված է ներդրակի նկատմամբ համաչափ դասավորված և նրան ուղղահայաց երկու վերջավոր ճաքերով, ինչպես նաև երբ հարթությունը թուլացված է վերջավոր ճաքով և ուժեղացված է նրան ուղղահայաց և նրա ավերից մեկի միջնակետ դուրս եկող կիսասանվերջ բացարձակ կոշտ ներդրակով: Խնդիրների լուծումը երկու դեպքում էլ, առաձգականության տեսության հավասարումների խզվող լուծումների օգնությամբ հանգեցվել է ընդհանրացված Կոշու կորիզներով սինգուլյար ինտեգրալ հավասարումների համակարգերի, որոնց լուծումները կառուցվել է մեխանիկական քառակուսացման բանաձևերի մեթոդի կիրառմամբ: Կատարվել են թվային հաշվարկներ և ուսումնասիրվել են ճաքերի ծայրակետերում լարումների ինտենսիվության գործակիցների և ճաքերի բացվածքների փոփոխության օրինաչափությունները կախված խնդիրների երկրաչափական պարամետրերից և առաձգական բնութագրիչներից: Պարզվել է, որ առաջին խնդրում կոշտ ներդրակի առկայությունը փոքրացնում է ճաքի տարածման հավանականությունը:

Ատենախոսության երրորդ գլխում ուսումնասիրված է վերջավոր և կիսասանվերջ ճաքեր պարունակող համասեռ հարթության հարթ դեֆորմացիոն վիճակը, երբ կիսասանվերջ ճաքը դուրս է գալիս վերջավոր ճաքի ավերից մեկի միջնակետ և հարթությունը դեֆորմացվում է կիսասանվերջ ճաքի ավերի համաչափ տեղամասերում գործող ուժերի կամ հարթ հիմքով կոշտ դրոշմների ազդեցության տակ: Դիտարկված է նաև այն դեպքը, երբ վերջավոր ճաքի ավերին տրված են խառը եզրային պայմաններ: Ստացվել են խնդիրների որոշիչ հավասարումները ընդհանրացված Կոշու կորիզներով սինգուլյար ինտեգրալ հավասարումների համակարգի տեսքով, ուսումնասիրվել են այդ համակարգերի լուծումների վարքը ինտեգրման միջակայքերի ծայրակետերում, կառուցվել են դրանց լուծումները մեխանիկական քառակուսացման բանաձևերի մեթոդի կիրառմամբ: Կատարվել են թվային հաշվարկներ և պարզվել են վերջավոր ճաքի բացվածքի, նրա ծայրակետերում լարումների ինտենսիվության գործակիցների փոփոխման օրինաչափությունները կախված երկու ճաքերի միացման կետի և արտաքին բեռի կիրառման միջակայքի միջև եղած հեռավորությունից: Ցույց է տրվել, որ երբ կիսասանվերջ ճաքի ավերին ազդող ուժերը կամ դրոշմները մոտ են տեղակայված երկու ճաքերի միացման կետին, վերջավոր ճաքի բացվածքը ճաքի ծայրակետերի շրջակայքում դառնում է բացասական, որից հետևում է, որ վերջավոր ճաքը որոշ տեղամասերում կարող է փակվել, այսինքն խնդրի դրվածքը խախտվում է: Այն դեպքում, երբ արտաքին բեռը կենտրոնացած ուժ է, գտնվել է նրա կիրառման կետի, իսկ դրոշմների դեպքում նրանց միջնակետի, կրիտիկական հեռավորությունը, որից պակաս լինելու դեպքում խնդրի դրվածքը դառնում է ոչ կոռեկտ և այն պետք է փոխվի:

Hakobyan Lusine

Stress state of space containing perpendicular cracks and absolutely rigid inclusions

SUMMARY

Many engineering constructions or their elements contain different stress concentrators, like cracks, heterogeneous inclusions or stringers, in vicinity of which the fast-varying large fields of stresses arise. These fields can be the reason for destruction of construction either wholly, or partially. That is why the study of stress state of bodies containing stress concentrators is important and actual for scientific and practical reasons alike.

The goal of present thesis is to research the plane and anti-plane stress state of homogeneous and compound space, containing together different perpendicular concentrators, as well as to study the character of their interactions.

Chapter I accounts for the antiplane stress state of homogeneous space containing two perpendicular finite main cracks; one with loaded banks comes to the midpoint of another. It's assumed that mixed boundary conditions be attributed to the banks of the second crack. The solution of the stated problem is reduced to the system of singular integral equations with Cauchy generalized kernel, which is solved by the method of mechanical quadratures. Numerical analysis is conducted to study the character of intensity coefficient for failure stresses at the end-points of crack and the opening of cracks depending on the ratio of the cracks' lengths. In particular, when one of the cracks is semi-infinite, closed solution of problem is obtained. Also, closed solution is built for compound space - two different half-spaces with finite main crack on junction plane – with one bank of the crack being affixed and another serving as midpoint for the semi-infinite main crack.

Chapter II addresses the stress state of homogeneous plane. The plane is strengthened by finite absolutely rigid inclusion and weakened by two finite cracks, symmetrically and perpendicularly situated along the inclusion. In addition, it discusses the problem of plane weakened by finite crack and

strengthened by absolutely rigid inclusion perpendicularly situated at the midpoint of one of the banks of crack. In both cases the solutions of problems are reduced to the systems of singular integral equations with Cauchy generalized kernel by the method of discontinuous solutions for equations of the elasticity theory. The solutions of obtained systems are built through the method of mechanical quadratures. Numerical analysis is conducted to research the character of stress factors at the end-points and openings of cracks depending on geometrical parameters of stated problem and Poisson's ratio of material. The findings suggest that the presence of inclusion in the first problem diminishes the probability of propagation of cracks.

Chapter III focuses on the analysis of stress state of homogeneous plane with finite and semi-infinite cracks, when the semi-infinite crack extends to the midpoint of the bank of finite crack and the plane is deformed under the forces of the banks of semi-infinite crack in symmetrical regions, or under action of rigid stamps with smooth base. A particular case for finite crack with mixed boundary conditions on banks is also considered. The governing system of singular integral equations with generalized Cauchy kernels are obtained for stated problems. The behavior of solutions for obtained systems at the end-points of integrations' intervals is studied. The solutions are built by the method of mechanical quadratures. The numerical analysis is performed to assess the character of changes for opening of finite crack and stress factors at the end-points depending on the distance between junction point and interval of affixing of the external load. It's shown that the opening of finite crack becomes negative in vicinity of the end-points, as the forces, acting on the banks of semi-infinite crack or stamps are located close by junction point. In case, when external load is centralized force, it's found the critical distance (affixing point and midpoint for stamps). For distances less than critical the problem becomes inconsistent and the state of problem should be changed.

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the bottom.

