

DOI: <https://doi.org/10.54338/18294200-2025.3-17>

Հողվածը տպագրվում է՝ հիմք ընդունելով Երևան քաղաքի առաջին աստանի ընդհանուր իրավասության քաղաքացիական դատարանի 29.01.2025թ. վճռի հարկադիր կատարման համար տրամադրված կատարողական թերթի հիման վրա հարուցված կատարողական վարույթով ՀԿԱ ծառայության Երևան քաղաքի Կենտրոն, Նորք-Մարաշ և Էրեբունի-Նուբարաշեն վարչական շրջանների բաժնի գլխավոր խորհրդատու Մ.Միքայելյանի 22.09.2025թ. Համալսարանին որոշակի գործողություններ կատարելուն պարտադրելու կամ որոշակի գործողությունների կատարումից ձեռնպահ մնալուն հարկադրելու մասին որոշման պահանջը:

Համալսարանի պարբերականի խմբագրական կազմը տպագրվող հոդվածի գիտական որակի համար պատասխանատվություն չի կրում:

УДК 692.115

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Артур Арамаисович Мусаелян
НУАСА, Ереван, Армения, arturmus23@yandex.ru

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЛУПРОСТРАНСТВА С ТРЕЩИНОЙ И ШТАМПОМ НА ПОВЕРХНОСТИ ПОД ДИНАМИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРИ АНТИПЛОСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Эта работа является теоритическим исследованием строительных конструкций под воздействием динамических сил, таких как фундаменты зданий, с помощью математической модели. Задача об исследовании напряженно-деформированного состояния полупространства при антиплоской деформации. В полупространстве есть трещина, на поверхности есть штамп, динамическая сила воздействует на поверхности полупространства. После численных расчетов получают графики распределения напряжений коэффициенты интенсивности напряжений.

Ключевые слова: динамика, фундаменты, математическая модель, напряжения, интегральные уравнения, коэффициенты интенсивности.

Введение. Полупространство подвергается антиплоской деформации под динамическим воздействием. На штампе на поверхности полупространства воздействует динамическая сила, в полупространстве есть трещина, а на поверхности полупространства есть штамп. Такое теоретическое исследование актуально потому, что результаты решений задачи могут быть использованы в инженерии и в расчетах строительных конструкций фундаментов зданий и сооружений под воздействиями динамических сил [2-4].

Постановка задачи и математическая модель. Область полупространства обозначим следующим образом: $\Omega(|x, z| < \infty; 0 < y < \infty)$. Полупространство деформируется под воздействием динамических сил. На рис. 1 представлена схема полупространства с трещиной.

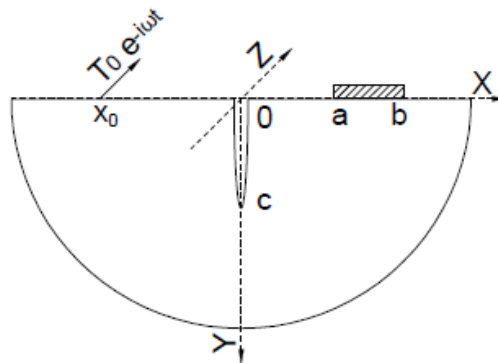


Рис. 1. Схема полупространства

Введя ниже представленные некоторые обозначения, исследование математически сводится к следующему [1]:

$$\frac{\partial^2 U_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U_z}{\partial y^2} = -\frac{1}{c_2^2} \cdot \frac{\partial^2 U_z}{\partial t^2}; U_z(x; y; t) = w(x; y)e^{-i\omega t}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + k^2 w = 0; k^2 = \frac{\omega^2}{c_2^2}; c_2 = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}; \varphi(x; y) = (\theta(-x) + \theta(+x))w(x; y); \quad (2)$$

$$\bar{\varphi}(\lambda; y) = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x; y)e^{i\lambda x} dx; \varphi(x; y) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{\varphi}(\lambda; y)e^{-i\lambda x} d\lambda;$$

$$g(y) \equiv w|_{x=+0} - w|_{x=-0}; f(y) \equiv \frac{\partial w}{\partial x}|_{x=+0} - \frac{\partial w}{\partial x}|_{x=-0};$$

$$\bar{\varphi}(\lambda; y) = A \cdot e^{-\gamma y} + \int_0^{\infty} (i\lambda g(s) - f(s)) \cdot \frac{e^{-\gamma|s-y|} + e^{-\gamma|s+y|}}{2\gamma} ds.$$

$w_j(x; y)$ – функция перемещений, $\varphi_j(x; y)$ – функция обобщенных перемещений, θ – функция Хевисайда, μ – модуль сдвига.

Граничные условия можно написать в следующем виде (для удобства временно штамп заменен силой T_2) [2-5].

$$\begin{cases} \frac{\partial w}{\partial y}|_{y=0} = \frac{T_0 \cdot \delta(x - x_0) + T_2 \cdot \delta(x - x_2)}{\mu} \\ \frac{\partial w}{\partial x}|_{x=\pm 0} = 0 \end{cases}. \quad (3)$$

С помощью преобразований Фурье получена функция обобщенных перемещений.

$$\begin{aligned} \varphi(x; y) = & \frac{1}{2\pi} \left(\int_{-\infty}^{\infty} -\frac{T_1 \cdot e^{i\lambda x_1} + T_2 \cdot e^{i\lambda x_2}}{\gamma\mu} \cdot e^{-\gamma y} e^{-i\lambda x} d\lambda - \right. \\ & \left. - \frac{d}{dx} \int_0^{\infty} g(s) ds \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{-\gamma|s-y|} + e^{-\gamma|s+y|}}{2\gamma} e^{-i\lambda x} d\lambda \right). \end{aligned}$$

Получены интегральные уравнения.

$$\begin{aligned} & -\frac{T_0 \cdot H_1^1(k\sqrt{y^2 + x_0^2})kx_0}{\mu\sqrt{y^2 + x_0^2}} - \int_a^b \frac{\tau(t) \cdot H_1^1(k\sqrt{y^2 + t^2})kt}{\mu\sqrt{y^2 + t^2}} dt + \\ & + \frac{1}{2} \int_{-c}^c \left(g(s) \cdot k^2 H_0^1(k|s - y|) + g'(s) \cdot \frac{d}{dy} H_0^1(k|s - y|) \right) ds = 0; -c < y < c; \end{aligned} \quad (4)$$

$$-\frac{T_0}{\mu} \cdot H_0^1(k|x - x_0|) - \int_a^b \frac{\tau(t)}{\mu} \cdot H_0^1(k|x - t|) dt + \frac{1}{2} \int_{-c}^c g(s) \cdot \frac{H_1^1(k\sqrt{x^2 + s^2})}{\sqrt{x^2 + s^2}} ds = 0; a < x < b. \quad (5)$$

H_ν^1 – функция Ханкеля первого рода. Решены задачи, при дополнительных условиях

$$\int_{-c}^c g'(y) dy = 0; \int_a^b \tau(t) dt = 0.$$

В итоге получены интегральные уравнения относительно $g'(s)$; $\tau(t)$ После решения становятся известными такие функции, как $g'(y)$; $\tau(x)$; и с помощью этих функций определяются напряжения и коэффициенты интенсивности напряжений.

Коэффициенты интенсивности напряжений у точки $y = 0$; $x = b$ определяются как

$$K_{III}(b) = \lim_{x \rightarrow b} \left(\tau_{yz}(x, y)|_{y=0} \cdot (x - b)^{\frac{1}{2}} \right); \tau_{yz}(x, y) = \mu \cdot \frac{\partial w(x, y)}{\partial y}.$$

Коэффициенты интенсивности у точки $x = 0$; $y = c$ определяются такой формулой как

$$K_{III}(c) = \lim_{y \rightarrow c} \left(\tau_{xz}(x, y)|_{x=0} \cdot (y - c)^{\frac{1}{2}} \right); \tau_{xz}(x, y) = \mu \cdot \frac{\partial w(x, y)}{\partial x}.$$

Решение интегральных уравнений построено численно-аналитическим методом Гаусса по узлам многочленов Чебышева. Из многочисленных расчетов представлены некоторые результаты (рис.2). Они показывают, как уменьшение длины трещины влияет на напряженное состояние в полупространстве, под штампом. Для расчета подобраны следующие относительные величины.

$$\frac{c}{-x_0} = 1,5 - (z - 1) \cdot 0,498; \quad \frac{a}{-x_0} = 0,5; \quad \frac{b}{-x_0} = 2,5.$$

$$\frac{T_0}{\mu} = 1; \quad k = 1; \quad x = \frac{a + b}{2} + \frac{b - a}{2} \cdot x_1; \quad y = \frac{0 + c}{2} + \frac{c - 0}{2} \cdot y_1.$$

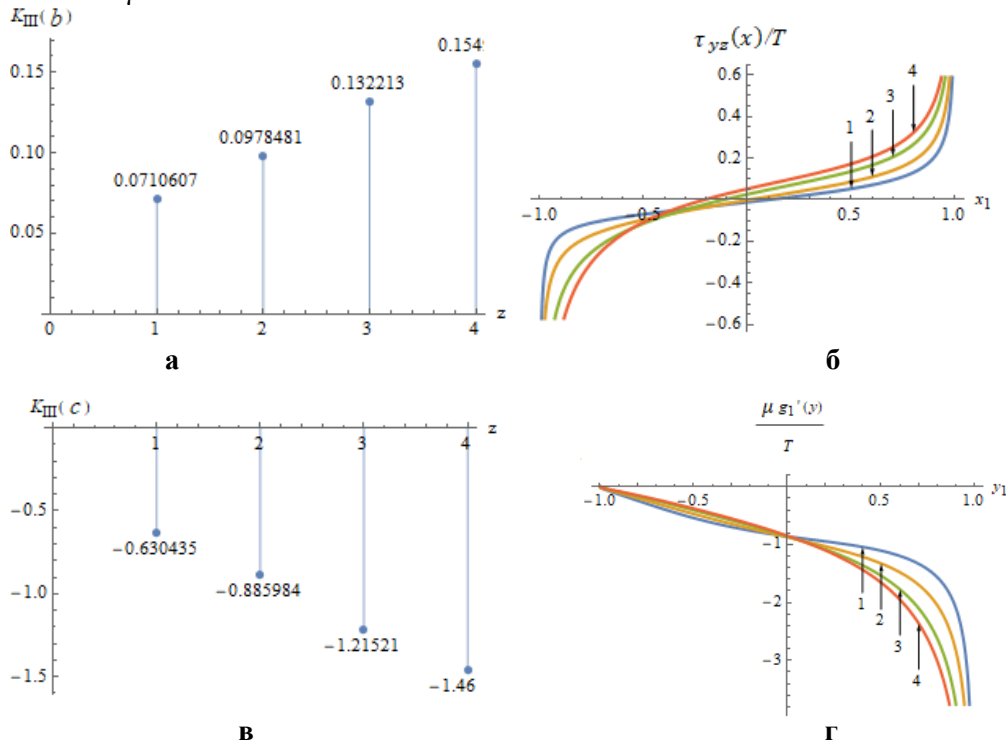


Рис. 2. Графики напряжений $\tau(x)$, графики функций $g'(y)$ и коэффициенты интенсивности напряжений K_{III} :

a - коэффициенты интенсивности напряжений под штампом у точки *b*, *б* - графики напряжений под штампом, *в* - коэффициенты интенсивности напряжений под вертикальной трещиной у точек *c*, *г* - графики для функции - $g'(y)$,
 $1 - z = 1, 2 - z = 2, 3 - z = 3, 4 - z = 4$

Заключение. После того, как были сделаны многочисленные расчеты данной задачи для разных вариантов, получились графические и числовые представления результатов, из которых видно, что при уменьшении длины вертикальной трещины коэффициент интенсивности напряжений $K_{III}(b)$ увеличивается по абсолютному значению, а коэффициент $K_{III}(c)$ увеличивается по абсолютному значению.

Արթուր Արամյանի Մուսայելյան

ՃՇՀԱՀ, Երևան, Հայաստանի Հանրապետություն, arturmus23@yandex.ru

ՃԱՔՈՎ ԵՎ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅԹԻ ՎՐԱ ՇՏԱՄՊՈՎ ԿԻՍՏԱՐԱԾՈՒԹՅԱՆ ԼԱՐՎԱԾԱՅԻՆ ՎԻՃԱԿԸ ԴԻՆԱՄԻԿ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՏԱԿ ՀԱԿԱՀԱՐԹ ԴԵՖՈՐՄԱՑԻԱՅԻ ԴԵՊՔՈՒՄ

Այս աշխատանքը մաթեմատիկական մոդելի օգնությամբ դիտարկում է լարվածության տակ շինարարական կոնստրուկցիաների, այնպիսիք ինչպիսիք են շենքերի հիմքերը, տեսական ուսումնասիրություն է: Խնդիրը հակահարթ դեֆորմացիայի դեպքում կիսատարածության լարվածադեֆորմացիոն վիճակի ուսումնասիրության մասին է: Կիսատարածությունում կա ճաքեր, մակերևույթի վրա կա ներդրակ, դիտարկում է լարվածության մակերևույթի

վրա: Թվային հաշվարկներից հետո ստացվում են լարումների բաշխման և լարումների ինտենսիվության գործակիցների գրաֆիկներ:

Առանցքային բառեր. դինամիկա, հիմքեր, մաթեմատիկական մոդել, լարումներ, ինտեգրալ հավասարում, ինտենսիվության գործակից:

Artur Musayelyan

NUACA, Yerevan, Armenia, arturmus23@yandex.ru

THE STRESSED STATE OF SEMI-SPACE WITH CRACKING AND STAMP ON SURFACE UNDER DYNAMIC EXPOSURE UNDER ANTI-FLAT DEFORMATION

This work is a theoretical study of building structures under the influence of dynamic forces, such as building foundations, using a mathematical model. The task is of studying the stress-strain state of a half-space during antiplane deformation. There is a crack in the half-space, there is a stamp on the surface, dynamic force acts on the half-space surface. After numerical calculations, graphs of stress distribution and stress intensity factors are obtained.

Keywords: dynamics, foundations, mathematical model, stresses, integral equation, intensity coefficient.

Литература

1. **Новацкий В.** Теория упругости. - М.: Мир, 1975. - 375с.
2. **Ворович И.И., Габешко В.А.** Динамические смешанные задачи теории упругости для неклассических областей. - М.: Наука, 1979. - 327с.
3. **Сеймов В.М.** Динамические контактные задачи. - Киев.: Наукова думка, 1976. - 284с.
4. **Нakobyan V.N., Sahakyan A.V., Sargsyan A.H.** The plane deformation state of elastic plane with finite rigid inclusion under harmonic loading, // Proceedings of the 5th international conference "The problems of dynamics of interaction of deformable media", 17 October, 2005, Goris, pp. 56-60], НУАСА. - 2017. - т.4, с.40-44.
5. **Мусаелян А. А.** Напряженное состояние составного полупространства с концентраторами напряжений типа трещин и штампов на поверхности составного упругого полупространства при антиплоской деформации, // изв. НУАСА. - 2017. - т.4, с.40-44.

References

1. **Novackiy V.**, (1975), Teoriya uprugosti [Theory of Elasticity]. M. Mir., 375 p.
2. **Vorovich I.I.**, (1979), Dinamicheskie smeshannye zadachi teorii uprugosti dlya neklassicheskikh oblastey [Dynamic mixed problems of elasticity theory for non-classical domains]. M. science, 327 p.
3. **Seymov V.M.**, (1976), Dinamicheskie kontaktnye zadachi [Dynamic contact tasks]. Kiev scientific notion., 284 p.
4. **Nakobyan V.N., Sahakyan A.V., Sargsyan A.H.** The plane deformation state of elastic plane with finite rigid inclusion under harmonic loading, // Proceedings of the 5th international conference "The problems of dynamics of interaction of deformable media", 17 October, 2005, Goris, pp. 56-60], НУАСА. - 2017. - т.4, с.40-44.
5. **Musayelyan A. A.**, (2017), Napryazhennoe sostoyaniye sostavnogo poluprostranstva s konzentrorami napryazheniy tipa treshin i shtampov na poverkhnosti sostavnogo uprugogo poluprostranstva pri antiploskoy deformacii [The Stressed Deformity State Of The Composite Half-Space For Anti Plane Deformation]. NUACA NEWS 2017/4., pp. 40-44.

Արթուր Առաքելյան Արամայիսի - ՃՇՀԱՀ, Շինարարական կոնստրուկցիաներ, ասպիրանտ, Հեռ.՝ (+37493)052481, E-mail: arturmus23@yandex.ru, **Артур Арамаисович Мусаелян** - НУАСА, Строительные конструкции, аспирант, Тел.: (+37493)052481, E-mail: arturmus23@yandex.ru, **Artur Musayelyan** - NUACA, Building structures, aspirant, Tel.: (+37493)052481, E-mail: arturmus23@yandex.ru