

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ ОРДЕНА "ЗНАК ПОШАНИ"
МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. В.Я.ЧУБАРЯ

На правах рукопису

ЗАПІЦЕВА ТЕТЯНА АНАТОЛІЇВНА

ДЕЯКІ ПРОСТОРОВІ КОНТАКТНІ ЗАДАЧІ
ДЛЯ ДВОЗВ'ЯЗНИХ ОБЛАСТЕЙ

Спеціальність 01.02.04 "Механіка деформованого
твєр тіла"

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Запоріжжя - 1993

Дисертація виконана на кафедрі програмного забезпечення та математичного моделювання Запорізького індустріального інституту

Науковий керівник - доктор фізико-математичних наук,
професор Пожув В.І.

Науковий опонент - доктор фізико-математичних наук,
професор Бородачов М.М.

доктор фізико-математичних наук,
професор Ольшанський В.П.

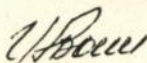
Ведуча організація - Інститут проблем міцності Академії наук
України, м.Київ

Захист відбудеться "14" листопада 1993 р. о 15 год.
на засіданні спеціалізованої вченої ради К.068.38.01 у
Запорізькому ордену "ЗНАК ПОШАНИ" машинобудівному інституті
ім. В.Я.Чубаря за адресою: 330063, м.Запоріжжя, ГСП-39, вул. Жу-
ковського, 64.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці інституту.

Автореферат розіслано 10 листопада 1993 р.

Вчений секретар спеціалі-
зованої вченої ради
д.т.н., професор



І.П.Волчок



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми

У сучасній інженерній практиці широко використовуються розв'язки задач розподілу деформацій та напружень в системі пружних тіл, що мають спільні частини меж. Ці розв'язки знаходять своє застосування в машино- та приладобудуванні, в авіації, космонавтиці та ракетній техніці, а також у будівництві, де різноманітність форм контактної взаємодії є характерною. У зв'язку з розвитком сучасної техніки зростає значення високоточних розрахунків на міцність елементів різних конструкцій та споруд. Але достатньо прості та в той же час надійні методи розв'язання контактних задач розроблені недостатньо. До цього часу є значна кількість досліджень зазначених проблем.

Значний внесок у розвиток теорії контактних задач (змішаних задач теорії пружності) зробили В.М.Абрамов, В.М.Александров, М.М.Біляєв, М.М.Бородачов, Л.А.Галін, В.С.Губенко, Д.В.Грілицький, В.Т.Гринченко, К.Є.Єгоров, М.Я.Леонов, М.Я.Лурьє, М.Д.Мартиненко, В.І.Мосаковський, Г.Я.Попов, В.С.Проценко, В.Л.Рвачов, І.Я.Штаерман, J.Boussinesque, L.Solomon, J.Sneddon та ін.

Велика кількість публікацій присвячена задачам про вдавлювання кругового та еліптичного у плані штампів у випадку симетричного та несиметричного навантаження.

Значно менше досліджені контактні задачі з відмінною від кругової або еліптичної областями контакту, тому що розв'язок таких задач пов'язаний із значними математичними ускладненнями.

Тут слід відзначити роботи Л.А.Галіна, М.Я.Леонова, В.І.Мосаковського, В.Л.Рвачова, I.Solomon, I.Zamfirescu.

Із кількості робіт, присвячених проблемі кругового кільцевого штапу необхідно відмітити дослідження В.М.Александрова, М.М.Бородачова, Ф.Н.Бородачової, В.С.Губенка, В.І.Мосаковського, Г.Я.Попова.

Контактні задачі із складною двозв'язною площадкою контакту досліджувались набагато менше від кільцевої. Через складність задач використовувався різноманітний математичний апарат, що дозволило деяким авторам довести до числа тільки дуже обмежену кількість конкретних задач. Значний внесок у дослідження цього питання зроблений В.Л.Рвачовим, В.С.Проценком, М.Д.Мартиненком. Необхідно також відзначити останні роботи В.І.Мосаковського, А.Б.Кавури, В.І.Самарського.

У зв'язку з появою швидкодіючих ЕОМ стає можливим застосування чисельних методів (метод граничних інтегральних рівнянь, метод скінчених елементів та ін.) до розв'язування контактних задач.

Але існуючі алгоритми аналізу прикладних контактних задач не є достатньо універсальними, через те, що орієнтовані на розв'язок задач певного класу. Спроби побудувати більш загальні алгоритми розв'язування ведуть, як правило, до накладення ітераційних процесів, що приводить до громіздких обчислювальних схем, та як наслідок, до погіршення збіжності процесу, додатковим витратам машинного часу. Тому пошуки простих та ефективних методів розв'язування контактних задач з врахуванням складної геометрії, умов навантаження, характеру деформування і досі залишаються актуальною задачею механіки деформованого твердого тіла.

Мета дисертаційної роботи формулюється таким чином:

- шляхом притягнення варіанту методу збурення, заснованого на використуванні розкладу за малим параметром потенціалу простого шару, розподіленого по двозв'язній області, привести задачу про тиснення плоского штампу, який у плані займає область некругового кільця, до послідовності аналогічних задач для штампів в формі кругового кільця, що дозволить використовувати розв'язки, відомі для кільцевого кругового штампу;

- на основі розробленого алгоритму розв'язати нові, практично важливі просторові осесиметричні та неосесиметричні контактні задачі теорії пружності.

Наукова новизна роботи складається з такого:

- розроблено ефективний алгоритм розв'язування просторової контактної задачі про вдавлювання плоского некругового кільцевого у плані штампу в пружний півпростір, який дозволяє привести задачу до послідовності аналогічних задач для кругового кільцевого у плані штампу. У алгоритмі використовується варіант методу збурення, заснований на розкладі за малим параметром потенціала простого шару, розподіленого по двозв'язній області;

- з використанням розробленого алгоритму розв'язані нові, практично важливі просторові осесиметричні та неосесиметричні контактні задачі про визначення тиснень під штампями у вигляді симетрично- та несиметрично здеформованих еліптичних кілець, прямокутного, трикутного, квадратного кілець. Досліджено характер розподілу напружень, визначені зони мінімальних тиснень, одержані осідання та визначені проекції вектора повороту штампів;

- одержаний розв'язок з використанням формули Л.А.Галіна для кільцевого штампів в осесиметричному випадку з врахуванням сил

тертя;

-розв'язана задача про відрив кільцевого штампу від пружного півпростіру при дії позацентрової вертикальної сили з брахуванням зміни області контакту штампa за часом. Визначена зона, в області якої дія прикладеного навантаження не викликає відриву штампa від півпростору.

Вірогідність основних наукових результатів та висновків дисертації забезпечується точністю постановки задач та математичних методів, що застосовуються для їх аналізу; порівнянням результатів з одержаними раніше для однозв'язних штампів, використанням аналогій задля аналізу картин розподілу тиснень, виконанням нерівності Л.А.Галіна.

Наукова та практична цінність роботи полягає в створенні ефективного алгоритму розв'язання просторової контактної задачі теорії пружності про вдавлення в пружний, однорідний та ізотропний півпростір циліндричного штампa, якщо площадка контакту займає двозв'язну область, контур якої складається з двох довільних ліній. Розроблений алгоритм дав змогу розв'язати нові практично важливі задачі. Одержані результати можуть бути використані в практиці організацій, що займаються проектуванням та розрахунком фундаментів, дослідженням та оцінкою контактної міцності в машинобудуванні, прогнозуванням довговічності та надійності металоконструкцій.

Апробація роботи. Основні положення та результати роботи доповідалися та обговорювалися на:

- I Всесоюзній конференції "Технологічні проблеми міцності

несучих конструкцій" (м.Запоріжжя, 1991р.);

- I Українсько-Польському семінарі з механіки матеріалів та конструкцій (м.Дніпропетровськ, 1993р.);

- IV Республіканській науково-технічній конференції "Підвищення надійності та довговічності машин і споруд" (м.Одеса, 1991р.);

- науково-методичній конференції "Сучасні проблеми підготовки інженерних кадрів" (м.Запоріжжя, 1993р.);

- III Всесоюзній науково-технічній конференції "Нові конструкційні сталі та сплави і методи підвищення надійності та довговічності виробів" (м.Запоріжжя, 1986р.);

- Республіканській науково-технічній конференції "Ефективні чисельні методи розв'язання крайових задач механіки твердого деформованого тіла" (м.Харків, 1989р.);

- III Всесоюзній науково-технічній конференції "Підвищення надійності та довговічності машин і споруд" (м.Київ, 1988р.);

- Обласній науково-практичній конференції, присвяченій 275-річчю з дня народження М.В.Ломоносова (м.Запоріжжя, 1986р.);

- наукових семінарах кафедри теоретичної механіки Запорізького індустріального інституту (1990-1993рр.);

- місцевому міжкафедральному тематичному семінарі по спеціальності 01.02.04-"Механіка деформованого твердого тіла" Запорізького машинобудівного інституту.

Публікації. За темою дисертації є 12 публікацій.

Структура й обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, трьох глав, закінчення, списку літератури з 112 найменувань, додатків і містить 151 сторінку машинописного тексту, 52

малюнки, 2 таблиці. Загальний обсяг дисертації 204 стрінки.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність проблеми, яка становить предмет дослідження, виконано аналіз сучасного стану питання, подано короткий огляд робіт, присвячених задачам про тиснення штампа на пружний півпростір.

Аналіз стану питання дав змогу поставити мету та задачі дослідження, що подані у вступі. Викладено короткий зміст дисертації за главами, сформульовані основні наукові положення, що виносяться на захист.

В першій главі викладено алгоритм зведення задачі про вдавлення в пружний, однорідний та ізотропний півпростір циліндричного штампу з плоскою основою, якщо площадка контакту займає двозв'язну область, граничний контур якої складається з двох ліній, що не перетинаються та рівняння яких залежать від одного і того самого малого параметру, до послідовності задач про вдавлення штампу з площадкою контакту у формі кругового кільця. При цьому використовується точний розв'язок задачі про круговий кільцевий штамп у вигляді подвійного нескінченного ряду, коефіцієнти якого визначаються з рекурентних співвідношень. Застосовується розклад функцій за поліномами Лежандра. Використовується зображення силової функції простого шару, розподіленого по круговому кільцеві, коли притягувана точка складає частину притягуючої маси, одержане Г.М.Дубошиним, а також використовується розклад за малим параметром потенціалу простого шару.

Розглядається задача про тиснення на однорідний та ізотропний пружний півпростор $x_3 \geq 0$ жорсткого циліндричного штампу з плоскою основою, що має в плані форму некругового кільця. Вважається, що основа штампу є абсолютно гладкою, тому приймається, що дотичні напруження σ_{13} та σ_{23} відсутні на всій площині $x_3 = 0$:

$$\sigma_{13} = 0, \quad \sigma_{23} = 0, \quad \text{при } x_3 = 0 \quad (1)$$

Нормальні напруження відсутні на площині $x_3 = 0$ поза області Ω контакту штампу з півпростором. В точках $x(x_1, x_2, 0)$ області Ω пружне середовище півпростору зазнає дію стискуючого навантаження $p(x)$, тому

$$\sigma_{33}(x) = \begin{cases} 0, & x \notin \Omega \\ -p(x), & x \in \Omega \end{cases} \quad (2)$$

Крайова умова у випадку плоского штампу для вертикального переміщення точок області Ω , яка виражається через невідомі величини, що визначають переміщення штамп, зводиться до двовірного інтегрального рівняння першого роду для шуканого розподілення нормального тиснення $p(x)$:

$$\delta - \beta_2 x_1 + \beta_1 x_2 = \frac{1-\nu}{2\pi G} \iint_{\Omega} \frac{p(x') dx'}{|x-x'|} \quad (3)$$

де G - модуль зсуву, ν - коефіцієнт Пуассона, δ - поступальне переміщення штамп паралельно осі x_3 , β_1, β_2 - проекції вектора повороту штамп. Невідомі величини δ, β_1, β_2 визначаються з рівнянь рівноваги штамп

$$P = \iint_{\Omega} p(x) dx, \quad M_1 = \iint_{\Omega} x_2 p(x) dx, \quad M_2 = -\iint_{\Omega} x_1 p(x) dx \quad (4)$$

у яких P, M_1, M_2 - головний вектор та головні моменти прикладених до штампів сил.

Розглянемо випадок, коли рівняння ліній Γ_1 та Γ_2 , що становлять контур області Ω контакту штампів з півпростором, можуть бути подані у вигляді таких функцій:

$$\Gamma_1: \rho = a(1+f(\varepsilon, \theta)) \quad (5)$$

$$\Gamma_2: \rho = b(1+f(\varepsilon, \theta))$$

де ρ, θ - полярні координати, $a < b, \varepsilon < 1, x_1 = \rho \cos \theta, x_2 = \rho \sin \theta, f(\varepsilon, \theta)$ - неперервна, однозначна функція яка може бути представлена у формі ряду розвинутого за степенями ε , який має вигляд

$$f(\varepsilon, \theta) = \varepsilon f_1(\theta) + \varepsilon^2 f_2(\theta) + \dots \quad (6)$$

Штамп вдавлюється у півпростір вертикальною силою Q . Через те, що рівняння ліній (5), що обмежують область Ω , залежать від малого параметру ε , то, очевидно, і шукане розподілення нормального тиснення $p(\rho, \theta)$ також залежить від ε . Розв'язок рівняння (3) шукаємо у вигляді

$$p(\rho, \theta) = \sum_{k=0}^{\infty} p_k(\rho, \theta) \varepsilon^k \quad (7)$$

Введемо нові змінні (R, φ) , пов'язані зі старими (ρ, θ) такими співвідношеннями:

$$\begin{cases} \rho = R(1+f(\varepsilon, \theta)) \\ \theta = \varphi \end{cases} \quad (8)$$

Тут $f(\varepsilon, \theta)$ визначається виразом (6). При цьому область Ω , яка обмежена лініями (5), перейде в кругове кільце D , обмежене

колами $R = a$, $R = b$.

В нових змінних розв'язок (7) рівняння (3) подамо у вигляді ряду, розвинутого за степенями ε :

$$p(\rho(R, \varphi, \varepsilon), \varphi) = \sum_{k=0}^{\infty} P_k(R, \varphi) \varepsilon^k \quad (9)$$

Інтеграл, що входить до рівняння (3), подамо у вигляді розкладу за степенями ε :

$$U = \iint_{\Omega} \frac{p(\rho, \theta)}{r} ds = \sum_{k=0}^{\infty} U_k \varepsilon^k \quad (10)$$

$$r^2 = |x-y|^2 = \rho^2 + \rho_0^2 - 2\rho\rho_0 \cos(\theta - \theta_0), \quad (\rho_0, \theta_0) \in \Omega \quad (11)$$

Через те що підінтегральна функція у інтегралі (10) у точці (ρ_0, θ_0) прагне до нескінченності, при визначенні похідних задля розкладу (10) необхідно спочатку виключити цю точку з області Ω . Для цього кругом радіуса α вирізується з області Ω точка (ρ_0, θ_0) , визначаються похідні, потім виконується граничний перехід коли α прямує до нуля.

Похідні, що входять до виразу (10), є похідними за параметром ε від подвійного інтегралу, у якого не тільки підінтегральна функція залежить від цього параметру, але й рівняння межі залежить від ε .

Невідоме поступальне переміщення штампу δ та проєкції вектора повороту штампа β_1 і β_2 також запишемо у вигляді рядів, розкладених за степенями ε :

$$\delta = \sum_{k=0}^{\infty} \delta_k \varepsilon^k, \quad \beta_1 = \sum_{k=0}^{\infty} \beta_{1k} \varepsilon^k, \quad \beta_2 = \sum_{k=0}^{\infty} \beta_{2k} \varepsilon^k \quad (12)$$

Для визначення $P_k(\rho, \theta)$, $\delta_k, \beta_{1k}, \beta_{2k}$ одержані такі системи:

$$\frac{\delta'_k 2\pi G}{1-\nu} = \iint_D \frac{P_k(\rho, \theta)}{r} ds + \Phi_k(P_0, P_1, \dots, P_{k-1}) \quad (13)$$

$$Q_k = \iint_D P_k(\rho, \theta) ds + F_k(P_0, P_1, \dots, P_{k-1})$$

$$\delta'_k = \delta_k + \beta_{1k} \rho \sin \theta - \beta_{2k} \rho \cos \theta$$

$$M_{1k} = \iint_D P_k(\rho, \theta) \rho \sin \theta ds + V_k(P_0, P_1, \dots, P_{k-1}) \quad (14)$$

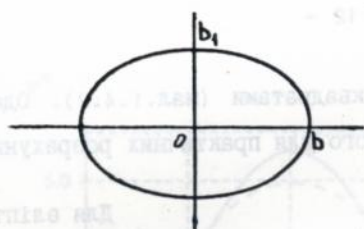
$$M_{2k} = \iint_D P_k(\rho, \theta) \rho \cos \theta ds + W_k(P_0, P_1, \dots, P_{k-1}), \quad (k=0, 1, 2, \dots)$$

де D - кругове кільце, $a \leq \rho \leq b$, а Φ_k, F_k, V_k, W_k - інтегро-диференціальні оператори, що визначаються в кожному наближенні через відомий розв'язок задачі, одержаний на попередньому кроці.

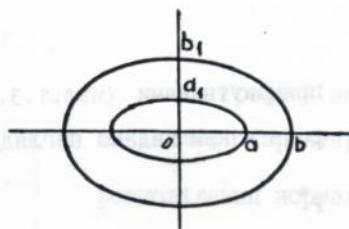
Таким чином, при визначенні поступального переміщення штампа δ , проєкцій вектора повороту β_1, β_2 (12) та функції $p(\rho, \theta)$ (7), що характеризує розподілення нормального тиснення під штампом, які є розв'язком задачі (3), (4) для області Ω , одержуємо послідовність задач для кругового кільця D .

Як тестовий приклад розглянуто задачу про вдавлювання плоского циліндричного штампу еліптичного в плані. Наведено приклад з обчислюванням тиснень та заглиблення плоского однозв'язного, довільної форми у плані штампа, що є симетрично здеформованим еліпсом.

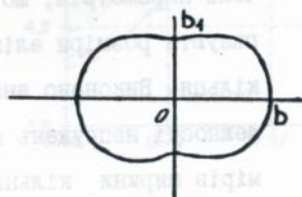
Друга глава присвячена розв'язанню контактних задач про розподілення тиснень і визначення осідання під двозв'язними штампами у вигляді симетричного некругового кільця, якщо штамп вдавлюється в пружний, однорідний і ізотропний півпростір центральною силою без тертя. Розглянуто ряд конкретних задач, коли плоский штамп обмежений в плані двома концентричними лініями: еліпсами (мал.1.1.2), симетрично здеформованими еліпсами (мал.1.2.2),



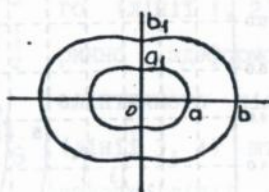
1.1



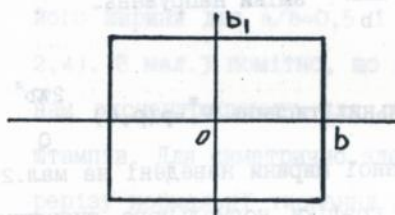
1.2



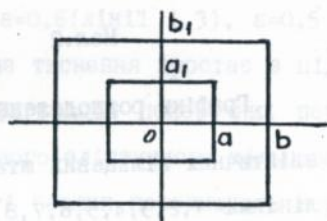
2.1



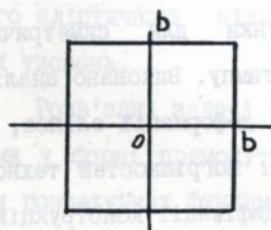
2.2



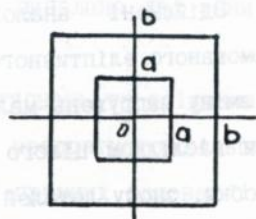
3.1



3.2

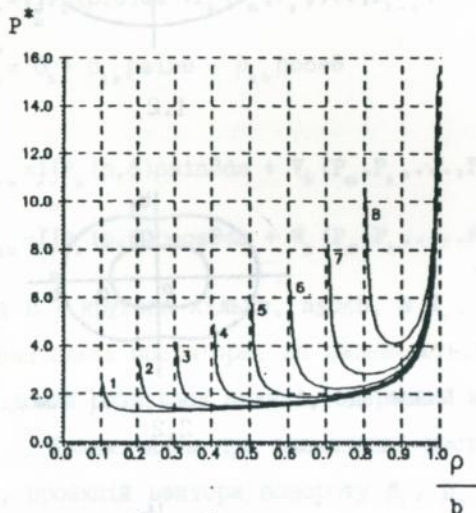


4.1



4.2

прямокутниками (мал.1.3.2) та квадратами (мал.1.4.2). Одержаним розв'язкам надано вигляду зручного для практичних розрахунків.



Мал.2

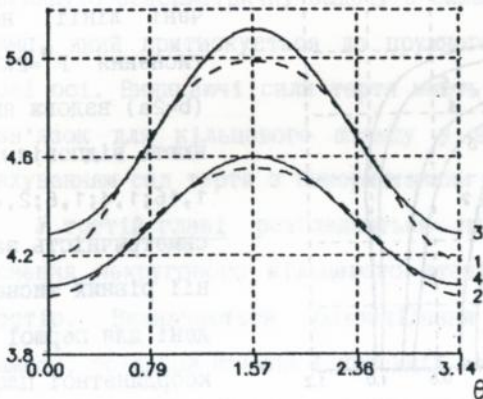
Для еліптичного

кільцевого штампу наведені розрахунки для різних значень параметрів, що характеризують розміри еліптичного кільця. Виконано аналіз залежності напружень від розмірів ширини кільця, ексцентрицитету. Визначені зони швидкої та повільної зміни напружень.

Графіки розподілення нормальних тиснень $P^* = p(\rho, \theta) \frac{2\pi b^2}{Q}$ для еліптичних кільцевих штампів різної ширини наведені на мал.2, де лініями 1,2,3,4,5,6,7,8 подані графіки нормального тиснення P^* під штампом вздовж осі Ox ($\theta=0$) для $a/b=0.1;0.2;0.3;0.4;0.5;0.6;0.7;0.8$ - відповідно.

Здійснені аналогічні розрахунки для симетрично здеформованого еліптичного кільцевого штампі. Виконано аналіз впливу на зміну напружень малої симетричної деформації еліпса, яка може бути наслідком цілого ряду факторів: погіршеностей технологічної обробки, зносу деталей, наслідком модифікації конструкції і т.д.

P^*



Мал.3

Графіки наведені

на мал.3 характеризують

розподілення нормального

тиснення $P^* = p(\rho, \theta) \frac{2\pi b^2}{Q}$

для еліптичного кільцево-

го (лінії 1, 2) і симет-

рично здеформованого

еліптичного кільцевого

(лінії 3, 4) штампів

вздовж лінії яка відле-

жить від внутрішнього

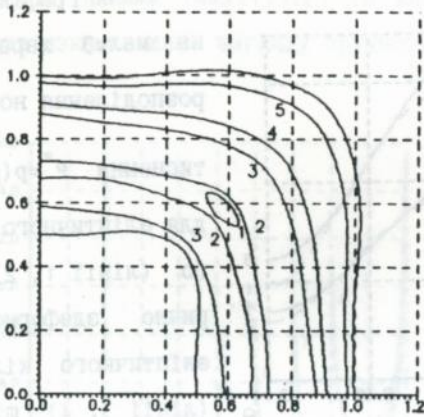
контуру штампу на 0,02

його ширини для $a/b=0,5$ і різних $\epsilon=0,6$ (лінії 1,3), $\epsilon=0,5$ (лінії 2,4). З мал.3 помітно, що нормальне тиснення зростає з підвищенням ексцентриситету для обох конфігурацій поперечних перерізів штампів. Для симетрично здеформованого еліптичного кільцевого перерізу нормальні тиснення в області вершин перевищують нормальні тиснення в таких самих областях для еліптичного кільцевого штампа.

Для еліптичного кільцевого, як і для симетрично здеформованого еліптичного кільцевого штампів виявлено дві зони мінімальних тиснень.

Розв'язані задачі по визначенню тиснень та осідання під штампами у формі прямокутного кільця і квадратного кільця, важливі при розрахунках фундаментів, плит на пружних основах і т. д. При цьому винайдено по чотири зони мінімальних тиснень.

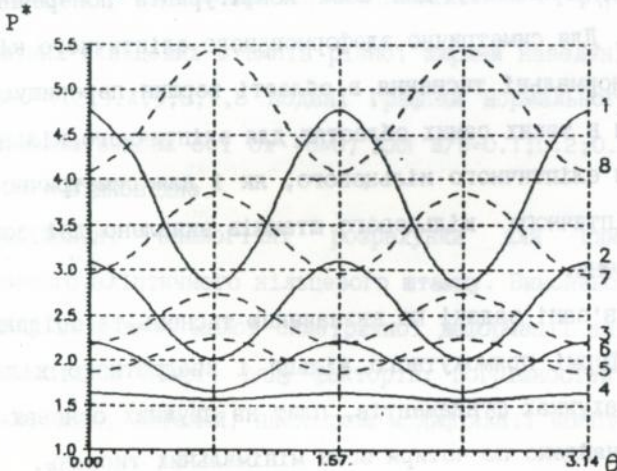
На мал.4 зображені лінії рівних тиснень для штампа, що має в плані форму квадратного кільця.



Мал.4

Цифрами 1,2,3,4,5 позначені лінії, нормальні тиснення $P^* = 2\kappa b^2 p(\rho, \theta) / Q$ ($b=2a$) вздовж яких дорівнюють відповідно 1,01; 1,16; 1,4; 1,6; 2,4. Через симетричність задачі лінії рівних тиснень наведені для першої чверті координатної площини ($0 \leq \theta \leq \pi/2$).

На мал.5 лініями 1,2,3,4,5,6,7,8 відповідно подані графіки розподілення нормального тиснення $P^* = p(\rho, \theta) \frac{2\kappa b^2}{Q}$ під квадратним кільцевим штампом, якщо $b=2a$, в залежності від θ у точках ліній, для яких $\rho/\rho_2 = 0.51; 0.525; 0.55; 0.65; 0.85; 0.9; 0.95; 0.975$ - відповідно.

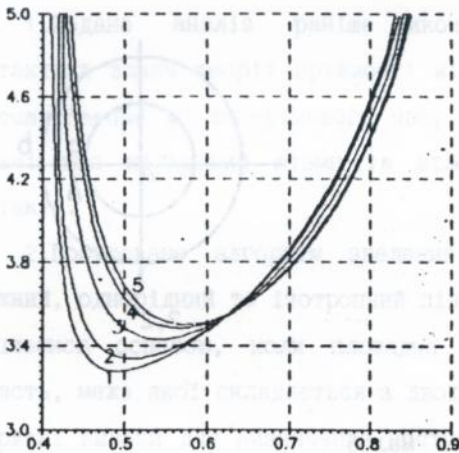


Мал.5

В останньому параграфі другої глави для кільцевих штампів розглянуто осесиметричну задачу з силами тертя. В цьому випадку штамп, який притискується до пружного тіла обертається навколо своєї осі. Виникаючі сили тертя мають осьову симетрію. Одержано розв'язок для кільцевого штампу у випадку осьової симетрії з врахуванням сил тертя з використанням формули Л.А.Галіна.

У третій главі розглядаються неосесиметричні задачі притиснення некругового кільцевого штампу (мал.6) на пружний півпростір. Визначаються розподілення нормальних тиснень під штампом, осідання штампа і проєкції вектора повороту штамп. Розглянуто штамп в формі трикутного кільця (мал.6.1.2) під підшовою якого виявлено три зони мінімальних тиснень, а також несиметрично здеформований еліптичний кільцевий штамп (мал.6.2.2). Виконано аналіз чисельних результатів. Побудовані графіки розподілення тиснень для штампів з різними геометричними характеристиками.

P^*



На мал.7 лініями 1,2,3,

4,5 відповідно подані

графіки розподілення

нормального тиснення

$P^* = p(\rho, \theta) \frac{2\pi b^2}{Q}$ під підшовою

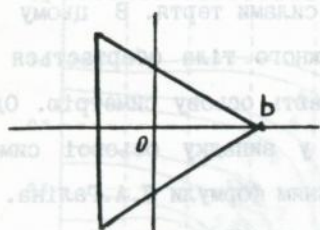
штамп коли

$a/b=0,4;$

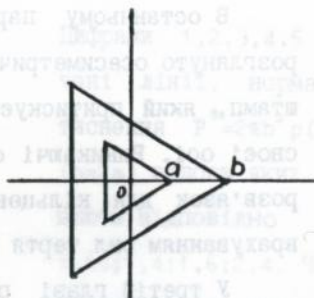
$\theta=0;\pi/12;\pi/6;\pi/4;\pi/3.$

(для трикутного кільцевого штампу)

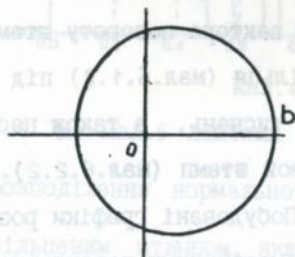
Мал.7



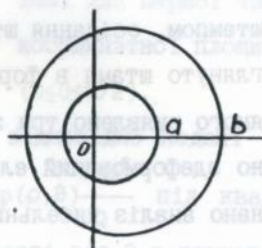
1.1



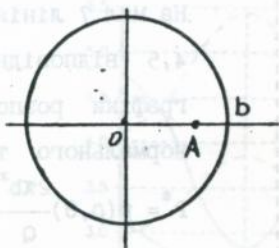
1.2



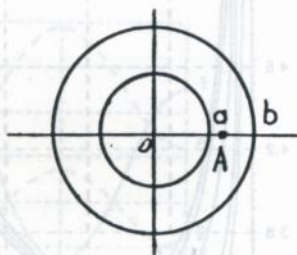
2.1



2.2



3.1



3.2

Мал.6

Розв'язана задача про тиснення кільцевого штампу на пружний півпростір під дією позацентральної вертикальної сили (мал.6.3.2), де точка А - точка прикладення сили. Визначена зона, в області якої дія прикладеного навантаження не спричиняє відриву штампу від півпростору. Виконано аналіз картин розподілення тиснень у випадку відриву штампу та без відриву. Розглянуто вплив змінення зони відриву штампу на забезпечення довговічності металосмких конструкцій, які працюють на пружній основі в умовах надзвичайно агресивного середовища, що змінює за часом жорсткість, масу та розміри конструкції. Одержані формули залежності розмірів зони, в області якої дія прикладеного навантаження не спричиняє відриву штампу від півпростору, у випадку коли лінійні розміри конструкції змінюються по експоненціальному або лінійному законам.

У закінченні сформульовані наступні основні результати дисертації:

1. Подано аналіз раніше виконаних досліджень просторових контактних задач теорії пружності від класичних робіт Н. Hertz і J. Boussinesque до теперішнього часу. Особливу увагу звернено на задачу про кільцевий штамп та штамп з двозв'язною площадкою контакту.

2. Побудовано алгоритм зведення задачі про вдавлення пружний, однорідний та ізотропний півпростір циліндричного штампу з плоскою основою, коли площадка контакту займає двозв'язну область, межа якої складається з двох ліній, що не перетинаються. Одержані вирази для визначення поступального переміщення штамп, проскіції вектора повороту і функції, яка характеризує розподілення тиснення під штампом.

3. Розв'язано контактні задачі про розподілення тиснень та визначення осідання під двозв'язними штампами у формі симетричного некругового кільця, коли штамп вдавлюється в пружний, однорідний та ізотропний півпростір центральною силою без тертя.

Розглянуто задачі, коли плоский штамп обмежений у плані двома концентричними лініями: еліпсами, симетрично здеформованими еліпсами, прямокутниками та квадратами. Проведено аналіз залежності напружень від ширини кільця, від ексцентриситету. Проведено аналіз змінення напружень під штампом у вигляді симетрично здеформованого еліпса в порівнянні з еліптичним кільцем. Розв'язано задачі по визначенню осідання та тиснень під штампами в формі прямокутного та квадратного кілець. Одержано розподілення напружень, виявлені зони мінімальних тиснень.

Одержано розв'язок з використанням формули Л.А.Галіна для кільцевого штампа у осесиметричному випадку з врахуванням сил тертя.

4. Розглянуто неосесиметричні задачі про тиснення некругового кільцевого штампа на пружний півпростір.

Розв'язана задача про штамп у формі трикутного кільця, під підшовою якого визначені зони мінімальних тиснень. Одержано розв'язок задачі про несиметрично здеформований еліптичний кільцевий штамп. Виконано аналіз чисельних результатів. Побудовані картини розподілення нормальних тиснень.

5. Розв'язана задача про тиснення кільцевого штампа на пружний півпростір під дією позацентральної вертикальної сили. Визначена зона, в області якої дія прикладеного навантаження не викликає відриву штампа від півпростору. Одержані вирази для розмірів зони, які необхідні для оцінки стану при довгочасній екс-

плататції конструкцій, працюючих у агресивних середовищах.

6. Запропоновані алгоритми і програми їх реалізації на сучасних персональних комп'ютерах можуть бути використані у практиці організацій, які займаються проєктуванням та розрахунком фундаментів, дослідженням та оцінкою контактної міцності в машинобудуванні, прогнозуванням довговічності та надійності металоконструкцій.

7. Матеріали дисертації використовуються в дослідженнях, що виконуються НІПіОкеанмаш (м. Дніпропетровськ) і пов'язані з розрахунками глибоководних технічних засобів, які спираються на пружну донну основу, що підтверджено відповідним Актом.

За темою даного дослідження виконано 12 наукових робіт, повний перелік яких наведено в дисертації. Основні з них є такі:

1. Пожув В.И., Зайцева Т.А. Вдавливание штампа в форме некругового кольца под действием центральной силы// "Технологические проблемы прочности несущих конструкций". I Всесоюзной конф. - 1991. - Т. 2. - С. 138-143.
2. Пожув В.И., Зайцева Т.А. О решении задачи для некругового штампа// Изв. РАН.-МТТ.- 1993.- Т. 6.
3. Пожув В.И., Зайцева Т.А. Приложение задач о давлении жесткого штампа на упругое полупространство к техническим проблемам// "Современные проблемы подготовки инженерных кадров". Науч.-мет. конф. - Запорожье.- ЗМИ.- 1993.- С. 89.
4. Пожув В.И., Зайцева Т.А. О возможности применения вибрационной диагностики повреждаемости гидротехнических сооружений в условиях интенсивной коррозии// "Повышение надежности и

долговечности машин и сооружений". V Респ. науч.-тех. конф.-
Киев: ИПП АН УССР.-1991-Ч.2.- С.45-46.

5. Пожув В.И., Зайцева Т.А. Определение давлений под штампом, ограниченным в плане кривыми близкими к квадратам//Известия вузов. Строительство.- 1993.- Вып.10.

6. Зайцева Т.А.(в соавторстве) Повышение долговечности металлоконструкций, работающих в агрессивных средах с учетом динамики массы//"Новые конструкционные стали и сплавы и методы повышения надежности и долговечности изделий".-III Всес. науч.-тех. конф..- Запорожье.- 1986.- С.124-125.

7. Зайцева Т.А. (в соавторстве) Пространственные контактные задачи для двусвязных областей, ограниченных сложными контурами// "Эффективные численные методы решения краевых задач механики твердого деформируемого тела".- Респ. науч.-тех. конф. - Харьков.- 1989.- Ч.1.- С.115-116.

8. Зайцева Т.А. Определение давлений под штампом в виде симметрично сдеформированного эллипса//"Технологические проблемы прочности несущих конструкций". I Всесоюзной конф. - Запорожье.- 1991.- Т.2.- С.11-13.

9. Зайцева Т.А. Использование аналогий (гидродинамической и Прандтля) при расчетах двусвязных фундаментов//"Прочность и колебания конструкций при вибрационных и сейсмических нагрузках". Науч. конф.- Севастополь.- 1993.- С.13.

10. Zajtseva T.A. The pressure definition under the punch in shape of unciroule ring//I Ukr.-Polish. "Theoretical Foundations in Civil Engineering".- Warsaw.- 1993.- P.29-34.



Підписано до друку 22.10.93. Формат 60-84⁴/16. Обсяг і др.арк.
Замовлення №967. Тираж 100 прим.

330600, Запоріжжя, ЗІІ, ксерокс, пр.Леніна, 226

AB 28.470