

Дніпропетровський державний університет

На правах рукопису



ТОПЧИЛО Олександр Анатолійович

ЗАДАЧІ ПРО ГРАНИЧНУ РІВНОВАГУ ТА ПРИСТОСОБУВАНІСТЬ
СИСТЕМИ "ПЛАСТИНА - ПІВПРОСТІР"

01.02.04 - Механіка деформівного твердого тіла

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата фізико-математичних наук

Дніпропетровськ - 1994

115 23.007

Дисертація є рукопис.

Робота виконана на кафедрі теоретичної та прикладної механіки Дніпропетровського державного університету.

Науковий керівник - доктор фізико-математичних наук,
професор ШВАЙКО М.Ю.

Офіційні опоненти - доктор технічних наук
ПОЧТМАН Ю.М.,

доктор фізико-математичних наук
КУЗЬМЕНКО В.І.

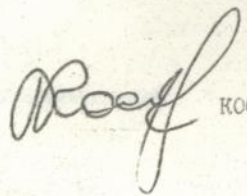
Провідна організація - Львівський державний університет.

Захист дисертації відбудеться "27" травня 1994р. о
15 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д053.24.05
Дніпропетровського державного університету (320625, МСП,
м. Дніпропетровськ-10, пр. Гагаріна, 72, корпус 3, аудиторія 57).

З дисертацією можна ознайомитися в науковій бібліотеці
Дніпропетровського державного університету.

Автореферат розісланий "25" квітня 1994р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



КОСТИЄНКО В.В.

ЛНБ України ім. В. Стефаника
00801790 (P)

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Актуальність теми. Серед різноманітних підходів до оцінки міцності пружнопластичних конструкцій можна виділити два основних. Перший з них полягає в детальному дослідженні процесу непружного деформування конструкцій при заданій програмі зовнішніх навантажень. В багатьох випадках при розв'язанні задач в рамках такого підходу виникають великі труднощі як принципового так і технічного характеру. Досвід показує, що навіть при використанні сучасних потужних обчислювальних засобів реалізація алгоритмів "покрокового" розрахунку напружено-деформованого стану конструкцій - далеко не проста задача. Крім того, самі шляхи навантаження конструктивних елементів на стадії проектування часто бувають невідомими.

Більш ефективними при розрахунках і проектуванні конструкцій виявилися методи теорії граничної рівноваги і теорії пристосовуваності.

Основи теорії граничної рівноваги, яка дозволяє оцінити здатність конструкцій протистояти дії монотонно зростаючого навантаження, були закладені в роботах А.А.Гвоздева. Методи розрахунку конструкцій за граничною рівновагою отримали розвиток в роботах Г.І.Биковцева, А.Е.Боркаускаса, М.Ш.Варвака, А.С.Дехтяря, А.М.Дубинського, М.І.Єрхова, Д.Д.Івлева, О.А.Ількіна, Н.І.Карпенко, Р.А.Какмова, В.І.Коробко, Ю.Р.Лепика, В.М.Небогатова, Ю.В.Немировського, В.Прагера, А.М.Проценко, О.О.Рассказова, М.І.Рейтмана, О.Р.Ржаницин, В.В.Соколовського, Ф.Г.Ходжа, А.А.Чираса, О.М.Шаблія та інших.

Основи теорії пристосовуваності, яка дозволяє оцінити здатність конструкцій протистояти дії навантаження, що доволіно змінюється з часом в заданих межах, були закладені Ф.Блейхом, Е.Меланом, В.Т.Койтером і отримали розвиток в роботах Д.А.Гохфельда і О.Ф.Чернявського. Методи розрахунку конструкцій за пристосовуваністю розвивались в роботах Ю.Ю.Аткочюнаса, Л.Г.Лантуха, А.В.Перельмутера, В.М.Почтмана, З.І.П'ятигорського, А.А.Чираса, W.A.M.Alwis, P.Grundy, J.Konig, G.Maier, A.R.S.Ponter та інших.

Метою роботи є дослідження задач граничної рівноваги та пристосовуваності для системи "пластина - півпростір", а саме:

1. Розробка алгоритмів чисельного розв'язання задач про граничну рівновагу і про пристосовуваність пластин довільної форми в плані, що лежать на пружному півпросторі.

2. Розв'язання задачі про пристосовуваність пружно-пластичного півпростору під дією повторних навантажень за умови пластичності Друккера-Прагера.

3. Дослідження умов пристосовуваності пружнопластичних тіл з матеріалів, які зміцнюються. Розв'язання задач про пристосовуваність півпростору, який взаємодіє з необмеженою пружною пластинкою.

На захист вносяться наступні результати :

- результати розв'язків задач про граничну рівновагу пластин, що лежать на пружному півпросторі, за умови міцності Йогансена і за умови пластичності Губера-Мізеса;

- алгоритми чисельного розв'язання задач про граничну рівновагу та про пристосовуваність пластини, що лежить на пружному півпросторі;

- розв'язок тривимірної задачі про дію повторних навантажень на пружнопластичний півпростір за умови пластичності Друккера-Прагера;

- розв'язки задач про пристосовуваність півпростору з кінематичним зміцненням, який взаємодіє з необмеженою пружною пластинкою.

Наукова новизна. В даній роботі вперше побудовані алгоритми чисельного розв'язання задач про граничну рівновагу та про пристосовуваність пластини, що лежить на пружному півпросторі, при довільній формі пластини в плані, при довільній конфігурації навантаження та при довільній умові текучості (міцності); розв'язана тривимірна задача про дію повторних навантажень на пружнопластичний півпростір за умови пластичності Друккера-Прагера; запропонований спосіб розв'язання задач про пристосовуваність тіл з матеріалів, які мають кінематичне зміцнення; розв'язані нові задачі про пристосовуваність півпростору, який взаємодіє з необмеженою пружною пластинкою, під дією двопараметричного та під дією рухомого навантаження.

Вірогідність підтверджується строгістю теорем теорії граничної рівноваги та теорії пристосовуваності, апробованістю класичних та чисельних методів, які використовувались при розв'язанні розглянутих задач, порівнянням отриманих чисельних результатів з відомими аналітичними розв'язками.

Практична цінність. Побудовані алгоритми та отримані результати можуть служити основою для вдосконалення методів розрахунку різноманітних будівельних конструкцій, які моделюються пластиною на півпросторі - дорожніх покриттів, фундаментів та ін. Результати досліджень знайшли застосування при розрахунках дорожніх конструкцій в Науково-дослідному інституті промислового транспорту (м.Москва).

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися:

- на IX Зимовій школі з механіки суцільних середовищ (м.Кунгур, 1991р.);
- на III Всесоюзній конференції з механіки неоднорідних структур (м.Львів, 1991р.);
- на міжнародній науково-практичній конференції "Теорія наближення та задачі обчислювальної математики" (м.Дніпропетровськ, 1993р.);
- на семінарі кафедри механіки Львівського державного університету;
- неодноразово на семінарах кафедри теоретичної та прикладної механіки Дніпропетровського державного університету.

Публікації. Основні результати дисертації опубліковані в роботах [1 - 7].

Структура і об'єм роботи. Дисертація складається з вступу, трьох глав, висновків, списку використаної літератури, в якому 110 назв, і додатку. Основний текст викладений на 99 сторінках і містить в собі 23 рисунки. Додаток складається з 32 сторінок.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтована актуальність теми, зроблений огляд робіт по даній проблематиці, сформульована основна ціль роботи. Коротко викладений зміст роботи по главах та основні результати, що виносяться на захист.

Перша глава присвячена теоретичним основам розрахунку конструкцій за граничною рівновагою і за пристосовуваністю.

В першому параграфі цієї глави приводяться основні припущення, що приймаються в теорії граничної рівноваги. Викладаються статична і кінематична теорії про руйнування.

В другому параграфі першої глави вводяться основні поняття, які використовуються в теорії пристосовуваності. Наводяться теореми Мелана, Койтера і Понтера.

Друга глава присвячена задачам про визначення утримувальної здатності пластини, що лежить на пружному півпросторі.

В першому параграфі цієї глави розглянута задача про граничну рівновагу ідеальної жорсткопластичної пластини, яка лежить на пружному півпросторі $z \geq 0$. Пластина знаходиться під дією нормального до серединної поверхні, довільним чином розподіленого навантаження $p(x, y) = \lambda p_0(x, y)$, де λ - деякий додатний параметр. Припускається, що в області контакту $((x, y) \in \Omega, z=0)$ вертикальні переміщення пластини та нормальні переміщення границі півпростору ($z=0$) співпадають, а дотичні напруження відсутні.

Вважається, що матеріал пластини задовольняє умові міцності Йогансена $|m|_{\max} = m_t^*$, де $|m|_{\max}$ - максимальний по абсолютній величині згинаючий момент, який діє в будь-якому напрямку, m_t^* - граничне значення цього моменту.

Задача полягає в визначенні коефіцієнта λ^* , при якому навантаження $p^*(x, y) = \lambda^* p_0(x, y)$ буде відповідати виникненню пластичного течіння (руйнування) пластини по деяких лініях чи областях та перетворювати її в кінематично змінювану систему, тобто буде граничним навантаженням.

При $\lambda < \lambda^*$ пластина за припущенням залишається жорсткою і діє на півпростір як штамп. Для визначення нормальних контактних напружень $q_0(x, y)$ під пластиною при дії на неї навантаження $p_0(x, y)$ був використаний метод граничних елементів. Згідно з алгоритмом цього методу область границі півпростору, яка знаходиться в контакті з пластиною $((x, y) \in \Omega, z=0)$, розбивалась на L граничних елементів, на кожному з яких інтенсивність контактних напружень q_1 вважалась постійною. Визначення контактних напружень q_1 зводиться до розв'язання системи лінійних алгебраїчних рівнянь.

Надалі пластина розглядається під дією навантаження $\lambda s_0(x, y)$, де $s_0(x, y) = p_0(x, y) - q_0(x, y)$. Для оцінки граничного навантаження зверху застосовується кінематична теорема про руйнування.

Форма руйнування пластини відшукується в виді

багатогранника, вершини якого розташовані в вузлах сітки. При цьому пластина розділяється сіткою на трикутні частини, які в стані граничної рівноваги залишаються жорсткими, а між ними можуть виникати лінії руйнування (пластичні шарніри текучості).

Для такої дискретизації пластини кінематична схема її деформування в граничному стані повністю визначається значеннями швидкостей вертикальних переміщень w_1 в вузлах сітки. Виразивши швидкість зміни роботи зовнішніх сил та швидкість дисипації внутрішньої енергії через w_1 і застосувавши кінематичну теорему про руйнування, отримуємо задачу параметричного лінійного програмування. Результатом розв'язання цієї задачі є шуканий коефіцієнт λ^* , а також w_1^* , які визначають форму переходу пластини в граничний стан.

В другому параграфі другої глави розглянута задача про граничну рівновагу пластини, що лежить на пружному півпросторі, при умові текучості Губера-Мізеса $m_x^2 - m_x m_{xy} + m_y^2 + 3m_{xy}^2 = m_t^2$, де m_x , m_y - згинаючі моменти, m_{xy} - крутячий момент.

Для розв'язання цієї задачі використовується метод варіації пружних характеристик (Р.А.Кажков, 1987). Згідно з алгоритмом цього методу задача розв'язується ітераційно.

На ітерації з номером n розв'язується задача про згин пружної пластини з розподіленням жорсткостей $D_{(n-1)}$, яка лежить на півпросторі, знаходиться відповідне поле переміщень та поле моментів $m_{x(n)}$, $m_{y(n)}$, $m_{xy(n)}$. Потім за допомогою теорем про руйнування визначаються статичний та кінематичний коефіцієнти граничного навантаження

$$\lambda^- = \left[\max_{\Omega} \frac{m_x^2(n) - m_x(n) m_{xy(n)} + m_y^2(n) + 3m_{xy(n)}^2}{m_t^2} \right]^{-1/2}$$

$$\lambda^+ = \frac{\int_{\Omega} [F(w(n))] d\Omega}{\int_{\Omega} [S_0 w(n)] d\Omega}$$

Тут $F(w)$ - пластична дисипація енергії, яка припадає на одиницю

площі серединної поверхні пластини. Нове наближення до поля жорсткостей визначається за формулою

$$D_{(n)} = \frac{m_t}{\sqrt{Q(w_{(n)})}}$$

де

$$Q(w) = (v^2 - \nu + 1)(w_{,xx}^2 + w_{,yy}^2) + (v^2 + 4\nu - 1)w_{,xx} w_{,yy} + 3(1 - \nu)w_{,xy}^2.$$

Г'тим за аналогічною процедурою судується наближення з номером (n+1). Вказаний процес закінчується, коли похибка

$$\delta = \frac{\lambda_{(n)}^+ - \lambda_{(n)}^-}{\lambda_{(n)}^+}$$

стає менше наперед заданої величини.

Розв'язання пружних задач ведеться за алгоритмом (А.О.Качемкін, М.Ю.Швайко, 1988), який базується на методі скінченних елементів.

В третьому параграфі побудовані алгоритми чисельного розв'язання задач про граничну рівновагу та пристосовуваність пластини, що лежить на пружному півпросторі, при довільній умові текучості.

Розглянуто три випадки зміни навантаження з часом.

1). Навантаження складається з двох складових - постійної в часі $P_1(x,y)$ та монотонно зростаючої з часом $\lambda(t)P_0(x,y)$:

$$P(x,y,t) = \lambda(t)P_0(x,y) + P_1(x,y).$$

Задача полягає в визначенні граничного значення $\lambda = \lambda^*$ і відповідного йому навантаження $\lambda^*(t)P_0(x,y) + P_1(x,y)$, при якому виникає пластичне течіння пластини по деяких лініях та областях і перетворення її в кінематично змінювану систему (задача граничної рівноваги).

2). Багатопараметричне навантаження

$P(x,y,t) = c_1(t)P_1(x,y) + c_2(t)P_2(x,y) + \dots + c_n(t)P_n(x,y)$, де $P_i(x,y)$ задані, а параметри навантаження $c_i(t)$ можуть з часом довільно змінюватися в заданих границях

$$\begin{aligned} \mu c_1^- &\leq c_1(t) \leq \mu c_1^+, \\ c_i^- &\leq c_i(t) \leq c_i^+ \quad (i=2, \bar{n}). \end{aligned}$$

3). Навантаження, інтенсивність якого задана з точністю до множника μ , може довільно переміщуватись з часом по деякій частині поверхні пластини.

Для двох останніх випадків навантаження задача полягає в визначенні граничного (максимального) значення параметра μ , при якому пластина ще пристосовується до дії даного навантаження.

Чисельний метод розв'язання поставлених задач базується на методі зрівноважених скінченних елементів та на статичних теоремах теорії граничної рівноваги і теорії пристосовуваності і дає можливість отримати нижню оцінку граничного навантаження.

При чисельних розрахунках нелінійна поверхня текучості замінюється деяким багатогранником, внутрішня область якого буде визначатись системою лінійних нерівностей.

Задача про граничну рівновагу зведена до наступної задачі лінійного програмування: знайти максимум λ та статично допустиме поле моментів M при обмеженнях

$$AM = \lambda F_0 + F_1, \quad (1)$$

$$GM \leq B. \quad (2)$$

Тут (1) - записані в матричній формі рівняння рівноваги, які складаються з рівнянь рівноваги елементів, вузлів та статичних граничних умов; вектори зовнішніх навантажень F_0 та F_1 відповідають навантаженням $P_0(x,y)$ і $P_1(x,y)$; (2) - записана в матричній формі умова безпечності поля моментів.

Для розв'язання задачі про пристосовуваність необхідно спочатку знайти пружний розв'язок. Побудовано алгоритм чисельного розв'язання задачі про згин пружної пластини, що лежить на пружному півпросторі, який базується на методах граничних та скінченних елементів. Ця пружна задача зведена до розв'язання системи лінійних алгебраїчних рівн.

Задача про пристосовуваність на основі статичної теореми зведена до наступної задачі лінійного програмування: знайти максимальне μ та поле залишкових моментів M при обмеженнях

$$\begin{cases} AM = 0, \\ G(M + \mu \hat{M}_1 + \hat{M}_1'') \leq B \quad (i=1, N), \end{cases}$$

Тут \hat{M}_1 та \hat{M}_1^* - компоненти пружного розв'язку; число N визначається конфігурацією навантаження.

В четвертому параграфі другої глави наводяться результати розв'язання конкретних задач. Розглянута збіжність ітераційного процесу методу варіації пружних характеристик при різних розбивках середньої площини пластини на скінченні елементи. Проведено порівняння чисельного розв'язку задачі про граничну рівновагу круглої пластини з умовою текучості Треска-Сен-Венана на пружному півпросторі (нижня оцінка) з відомим аналітичним розв'язком. Кілька задач для прямокутних пластин з умовою міцності Йогансена розв'язані за допомогою двох різних методів - методу сітки шарнірів текучості і методу, викладеного в третьому параграфі цієї глави. Для різних випадків навантаження та різних співвідношень сторін пластини отримані верхня і нижня оцінки граничного навантаження, які відрізняються між собою на 2-9%.

На рис.1 наведені верхня і нижня оцінки для задачі про граничну рівновагу прямокутної пластини зі сторонами a і b , на яку діє прикладена до центру зосереджена сила $P = \lambda P_0$.

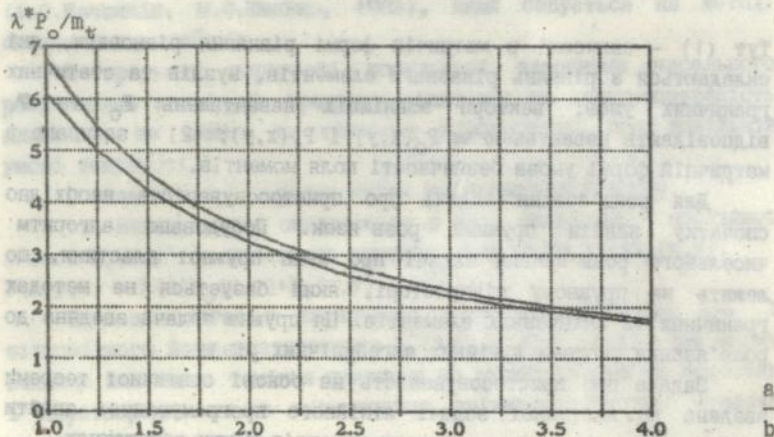


Рис.1

В третій главі розглянуті задачі про визначення границь пристосовуваності півпростору, який взаємодіє з необмеженою

пружною пластинкою.

В першому параграфі третьої глави розв'язана задача про пристосовуваність до дії повторних навантажень півпростору з умовою текучості Друккера-Прагера, яка застосовується для описання поведінки ґрунтів:

$$\alpha I_1 + \sqrt{J_2} = k. \quad (3)$$

Тут I_1 - перший інваріант тензора напружень, J_2 - другий інваріант девіатора напружень, α і k - константи матеріалу.

До деякого участка границі півпростору циклічно прикладається рухоме нормально розподілене навантаження $\sigma(r)$, де r - відстань від центру прикладання навантаження, μ - невизначений множник. За один цикл область прикладення навантаження пересікає участок границі півпростору, що розглядається, вздовж осі x . Такі цикли навантаження півпростору періодично повторюються з деяким періодом T .

Треба визначити величину коефіцієнта μ , при якій пристосовуваність стає неможливою.

Для знаходження нижньої границі пристосовуваності μ^- було використане поле залишкових напружень σ_{11}^0 , отримане при розв'язанні аналогічної задачі (D.A.Hills, D.W.Ashelby, 1982) при умові текучості Губера-Мізеса, яка є частковим випадком умови (3). З використанням теореми Мелана про пристосовуваність аналітично було отримане співвідношення

$$\mu^- = \frac{k}{\max_{x,y,z} \left[3\alpha \sigma_z + \sqrt{1-12\alpha^2} |\tau_{zx}| \right]}. \quad (4)$$

Тут σ_z і τ_{zx} - компоненти розв'язку задачі про діє навантаження $p(r)$ на-пружний півпростір, α і k - константи матеріалу.

Для знаходження верхньої границі пристосовуваності μ^+ був використаний цикл швидкостей пластичної деформації, отриманий при розв'язанні аналогічної задачі (A.R.S.Ponter, A.D.Hearle, K.L.Johnson, 1985) при умові текучості Губера-Мізеса. З використанням теореми Койтера про пристосовуваність для μ^+ аналітично був отриманий такий же вираз (4), як і для μ^- , тобто

одержано повний розв'язок задачі.

Наведено чисельні результати розв'язання задач про пристосовуваність півпростору для двох випадків осесиметричного навантаження.

1. На півпростір діє навантаження $p(r) = \mu P_0 \sqrt{1 - r^2/R^2}$, розподілене по площі круга радіуса R.

2. На півпросторі лежить необмежена пружна пластина з циліндричною жорсткістю D, на яку діє нормальна зосереджена сила μP_0 .

Залежність граничної сили $P^* = \mu^* P_0$, до якої може пристосуватись півпростір, від коефіцієнту α наведена на рис.2.

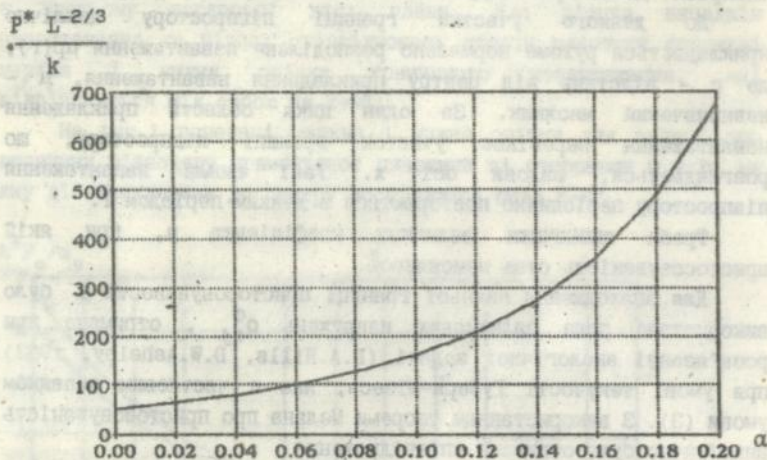


Рис.2

На цьому рисунку через L позначено параметр, який характеризує співвідношення жорсткостей пластини та півпростору: $L = 2D(1-\nu^2)/E$, де D - циліндрична жорсткість пластини, ν , E - пружні сталі півпростору.

Другий параграф третьої глави присвячений дослідженню умов пристосовуваності тіл з кінематичним зміцненням.

Припускається, що пружнопластичний матеріал має кінематичне зміцнення та початкову поверхню текучості

$$f(\sigma_{1j}) = k^2. \quad (5)$$

яка переміщується в просторі напружень σ_{ij} як жорстке ціле по закону $f(\sigma_{ij} - c\epsilon_{ij}^p) = k^2$, де c і k - константи матеріалу, ϵ_{ij}^p - компоненти тензора пластичної деформації.

В загальному випадку визначення границь пристосовуваності зводиться за допомогою теореми про пристосовуваність тіл з кінематичним зміцненням (A.R.S.Ponter, 1975) до розв'язання послідовності задач математичного програмування. Запропоновано засіб, який значно спрощує розв'язання задач про пристосовуваність в частковому випадку, коли початкова поверхня текучості (5) визначається умовами Губера-Мізеса. Цей засіб оснований на розгляді співвідношень теореми Понтера в дев'яторному п'ятивимірному просторі Ількіна. Розв'язані дві задачі про пристосовуваність півпростору з кінематичним зміцненням, який взаємодіє з необмеженою пружною пластиню.

1. На півпросторі $z \geq 0$ лежить необмежена пружна пластиня товщини h . До верхньої границі пластини прикладені на відстані a одна від іншої дві нормальні зосереджені сили $P(t) = p(t)P_0$ та $Q(t) = q(t)Q_0$. Параметри $p(t)$ та $q(t)$ довільно змінюються з часом в деяких границях

$$\begin{cases} 0 \leq p(t) \leq p^* \\ -q^* \leq q(t) \leq q^* \end{cases}$$

Треба визначити, при яких значеннях p^* та q^* півпростір пристосується до дії цих навантажень.

Аналitично отримана залежність між p^* та q^* , яка виражена через компоненти розв'язку пружної задачі про дію зосередженої сили на систему "пластина-півпростір".

$$q^* = \min_{x, y, z} \frac{\sqrt{p^{*2} [W^2 - 4f(\sigma'_{ij})f(\sigma''_{ij})] + 16k^2 f(\sigma''_{ij})} - p^* |W|}{4f(\sigma''_{ij})}$$

де

$$W = \frac{2}{3} \left[\sigma'_x \sigma''_x + \sigma'_y \sigma''_y + \sigma'_z \sigma''_z \right] + 2 \left[\tau'_{xy} \tau''_{xy} + \tau'_{yz} \tau''_{yz} + \tau'_{zx} \tau''_{zx} \right] - \frac{1}{3} \left[\sigma'_x \sigma''_y + \sigma'_y \sigma''_x + \sigma'_z \sigma''_x + \sigma'_x \sigma''_z + \sigma'_y \sigma''_z + \sigma'_z \sigma''_y \right]$$

σ'_{1j} і σ''_{1j} - напруження, які виникають в пружному півпросторі від дії сил P_0 і Q_0 відповідно.

2. Балка довжини d спирається в двох точках на неосмежану пружну пластину, що лежить на пружнопластичному півпросторі. Відстань між точками спираєння g . До балки прикладена нормальна зосереджена сила $P(t) = \mu(t)P_0$, яка може вільно переміщуватися по всій довжині балки. Тут P_0 - одинична сила, $\mu(t)$ - безрозмірний параметр, який довільним чином змінюється з часом в границях $0 \leq \mu(t) \leq 1$.

Треба визначити, при якому максимальному значенні μ^* півпростір ще буде пристосовуватись до дії такого навантаження.

Аналітично отримане наступне значення μ^* , яке виражене через компоненти розв'язку пружної задачі:

$$\mu^* = \min_{x, y, z} \begin{cases} \frac{2k}{\max(a_0, b_0, c_0)}, & \text{якщо } g < 0, \\ \frac{4kS_0}{a_0 b_0 c_0}, & \text{якщо } g \geq 0. \end{cases}$$

Тут

$$a_0 = \frac{d}{r} \sqrt{f(\sigma'_{1j} - \sigma''_{1j})}, \quad b_0 = \sqrt{f(\sigma'_{1j})},$$

$$c_0 = \sqrt{f[(d/r - 1)\sigma'_{1j} - (d/r)\sigma''_{1j}]},$$

$$g = (a_0^2 + b_0^2 - c_0^2)(b_0^2 + c_0^2 - a_0^2)(c_0^2 + a_0^2 - b_0^2),$$

S_0 - площа трикутника зі сторонами a_0, b_0, c_0 .

На рис.3 наведені результати розв'язку цієї задачі для різних значень параметра $\xi = dL^{-1/3}$, який залежить від співвідношення жорсткостей пластини і півпростору та від довжини балки.

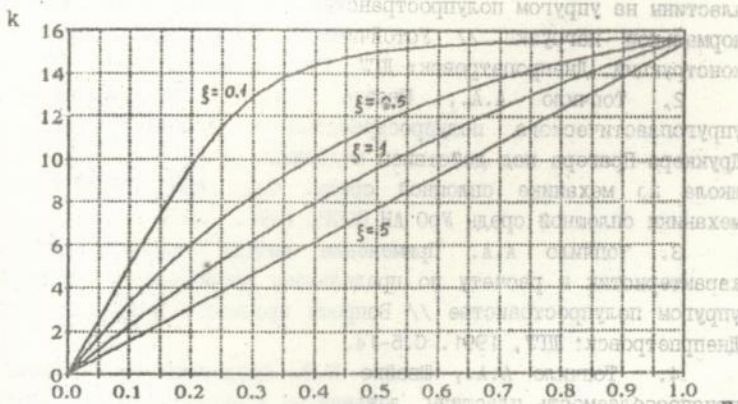


Рис.3

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Алгоритми чисельного розв'язання задач про граничну рівновагу пластин з умовою міцності Йогансена і з умовою пластичності Губера-Мізеса модифіковані для випадку, коли пластина вільно лежить на пружному півпросторі. Ці алгоритми застосовані до розв'язання ряду задач для прямокутних пластин.

2. Розроблений алгоритм розв'язання задач про граничну рівновагу та про пристосовуваність пружнопластичних пластин, що лежать на пружному півпросторі, при довільній умові текучості.

3. Розв'язана тривимірна задача про пристосовуваність під дією повторних навантажень пружнопластичного півпростору з умовою текучості Друккера-Прагера.

4. Досліджені умови пристосовуваності пружнопластичних тіл з матеріалів, що мають кінематичне зміцнення. Розв'язані тривимірні задачі про пристосовуваність півпростору, що знаходиться в контакті з необмеженою пружною пластиною, під дією двопараметричного та рухомого навантажень.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ ОПІБЛІКОВАНІ В РОБОТАХ

1. Топчило А.А., Швайко Н.Ю. Предельное равновесие

им. В. Стефа
АН України

пластины на упругом полупространстве под действием произвольной нормальной нагрузки // Устойчивость и прочность элементов конструкций. Днепропетровск: ДГУ, 1990. С.42-55.

2. Топчило А.А., Швайко Н.Ю. Приспособляемость упругопластического полупространства с условием текучести Друккера-Прагера под действием подвижных нагрузок // IX Зимняя школа по механике сплошной среды. Тез. докл. Пермь: Ин-т механики сплошной среды УрО АН СССР, 1991. С.167.

3. Топчило А.А. Применение метода вариации упругих характеристик к расчету по предельному равновесию пластины на упругом полупространстве // Вопросы прочности и пластичности. Днепропетровск: ДГУ, 1991. С.5-14.

4. Топчило А.А., Швайко Н.Ю. Предельное равновесие и приспособляемость пластины, лежащей на упругом полупространстве // Механика неоднородных структур. Тез. докл. III Всес. конф. (Львов, 17-19 сент. 1991г.). Львов, 1991. С.333.

5. Топчило А.А., Швайко Н.Ю. Приспособляемость упругопластического полупространства под действием подвижных нагрузок при условии текучести Друккера-Прагера // Вопросы механики деформирования и разрушения твердых тел. Днепропетровск: ДГУ, 1992. С.5-13.

6. Топчило А.А., Швайко Н.Ю. Программный комплекс для расчета несущей способности конструкции "пластина-полупространство" // Теория приближения та задачі обчислювальної математики. Тези доповідей міжн. конф. Дніпропетровськ: ДДУ, 1993. С.18С.

7. Топчило А.А., Швайко Н.Ю. К расчету приспособляемости кинематически упрочняющихся тел // Вопросы прочности и пластичности. Днепропетровск: ДГУ, 1993. С.5-14.