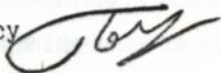


Придніпровська державна академія
будівництва та архітектури

На правах рукопису



Полішко Олексій Миколайович

УДК: 518.5+532.59

Поведінка циліндричних оболонок
в рідині при дії локального
імпульсного випромінювання

05.23.17 Будівельна механіка

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ - 1994



АВ 31.066

Робота виконана в НДЛ НЖК при кафедрі обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпропетровського державного університету.

Науковий керівник - доктор технічних наук,
професор Ободан Н. І.

Офіційні опоненти - доктор технічних наук,
професор Гейзен Р. О.
к. т. н., доцент Павленко І. Д.

Провідна організація - І П М НАН України (м. Київ)

Захист дисертації відбудеться "9" листопада 1994р.
о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради

З дисертацією можна ознайомитися в науковій бібліотеці
Придніпровської державної академії будівництва та
архітектури

Автореферат розісланий 30. вересня 1994р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради

Седін В. Л. - Седін В. Л.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. За реальних умов корпуси річних і морських суден, тонкостінні елементи гідроспоруд, підводні комунікації оболонкового типу можуть сприймати термомеханічні навантаження як в режимах, що встановились, так і в нестаціонарних режимах. За таких умов становить інтерес питання про живучість конструкцій, тобто її здатність зберігати свої функціональні характеристики. Не дивлячись на численні розробки, що ведуться в цій галузі, актуальність проблеми далеко не вичерпано. При проведенні теоретичних та експериментальних досліджень виникають помітні ускладнення, що обумовлені з одного боку труднощами вибору математичних моделей, які б точно описували характер навантажень і реальну поведінку конструкцій. З іншого боку складність експериментального вивчення таких задач обумовлюється великою вартістю і тривалістю підготовки натурних експериментів, цілим рядом обмежень, пов'язаних з використанням вибухових речовин, електроіскрових установок, магнітних пристроїв, при проведенні модельних експериментів.

Саме тому сьогодні ще не вичерпаний інтерес до створення експериментальних комплексів і методик проведення досліджень, які дозволяли б одержувати нові результати і повніше вивчати питання, пов'язані з роботою тонкостінних елементів конструкцій і споруд в рідині за умов складного статичного і динамічного термосилового навантаження.

Суттєвий внесок у розв'язання цих проблем внесли

вітчизняні і зарубіжні вчені. Це, передусім, Р. Коул, А. Я. Сагомонян, А. С. Вольмір, О. М. Гузь, Ш. У. Галієв, А. С. Басмат, А. Г. Горшков, В. Г. Баженов, В. Ф. Грибанов, Е. Г. Платонов, В. О. Поздеев, І. Д. Павленко.

Таким чином, експериментальна оцінка несучої здатності тонкостінних конструкцій при згаданих навантаженнях, з'ясування загальних закономірностей поведінки інженерних систем при неоднорідних термосилових навантаженнях в рідині є актуальними потребами при створенні підводних і надводних конструкцій та гідроспруд.

Мета роботи. 1. Використання лазерів для моделювання теплових і гідродинамічних навантажень на тонкостінні елементи конструкцій. 2. Аналіз навантажень, що діють в рідині при випаровуванні твердих макрочасток лазерним випромінюванням і моделювання процесу термосилового навантаження з переважанням зусиль стискання. 3. Аналіз поведінки циліндричних оболонок, що попередньо навантажені статичними навантаженнями, при дії гідродинамічного тиску, що виникає в рідині при поглинанні лазерного випромінювання твердою макрочасткою. 4. Вивчення поведінки пружних циліндричних оболонок і жорстких циліндрів з пружними торцевими елементами при нерівномірному гідродинамічному навантаженні. На захист виносяться наступні результати: - можливість використання потужних оптичних квантових генераторів (ОКГ) при вивченні поведінки тонкостінних елементів інженерних конструкцій і гідроспруд, що працюють в умовах термосилового навантаження, - аналіз поведінки гладких тонкостінних циліндричних

оболонок в умовах дії статичних навантажень і теплового удару. - експериментально-теоретична модель поведінки таких самих оболонок за умов дії пульсуючого гідродинамічного тиску, що виникає в рідині при поглинанні потужного лазерного випромінювання на твердих макрочастках, - результати дослідження кінематичних характеристик руху в рідині жорсткого циліндру з пружними торцевими елементами при дії хвилі гідродинамічного тиску.

Наукова новизна. Створено експериментальний комплекс, новизна якого підтверджується авторськими свідоцтвами про винаходи, досліджено процеси, що приводять до формозмін або до втрати стійкості тонкостінних конструкцій при термосиловому навантаженні, вивчено характер деформування тонкостінних циліндричних оболонок в рідині при дії колапсу, коли амплітуда ударної хвилі нижче за рівнем, ніж наступні пульсації тиску, запропоновано спосіб моделювання колапсу у рідині, що викликає рух жорсткого циліндру з гнучкими торцевими елементами, а також досліджено вплив жорсткості цих елементів і зовнішнього силового набору циліндру на характер його руху у в'язкопластичних середовищах, з'ясовано вплив в'язкості навколишнього середовища на амплітуду і швидкість руху циліндру за умов дії пульсуючого тиску.

Вірогідність результатів підтверджується апробованістю устаткування, що використане при проведенні експериментів, надійністю розробленого експериментального методу проведення досліджень, що підтверджується авторськими свідоцтвами, отриманими за розробки, виконані

в ході проведення роботи, порівнянням одержаних експериментальних і розрахункових результатів з відомими аналітичними розв'язками.

Практична цінність.

Одержані результати досліджень можуть служити основою для створення моделей розрахунку циліндричних конструкцій та гідроспоруд, що працюють в умовах складного статичного і локального динамічного термосилового навантаження.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися: - на Всесоюзній школі-семінарі "Динаміка механічних систем" (м.Томськ, 23 червня-4липня 1986 р.), - на 13-й Всесоюзній конференції з високошвидкісної фотографії, фотоніки та метрології швидкоплинних процесів (м.Москва, листопад-грудень 1987р.), - на Республіканському семінарі "Міцність і формозміна елементів конструкцій при дії динамічних фізико-механічних полів" (м.Київ 25-27 вересня 1990р.); - неодноразово на семінарах лабораторії надійності та живучості конструкцій при кафедрі обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпропетровського державного університету.

Публікації. Основні результати дисертації опубліковані в роботах (1-8).

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох глав, висновків, списку використаної літератури, в якому наведено 86 назв. Основний текст викладений на 140 сторінках і містить в собі малюнки.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовано актуальність теми, розглянуто основні напрямки розвитку досліджень, зроблено огляд робіт з даної проблематики. Коротко викладено зміст роботи по главах та основні результати, що вносяться на захист.

В першій главі викладено методику проведення експериментальних досліджень поведінки циліндричних оболонок в рідині при дії локального імпульсного випромінювання. Описано експериментальний комплекс для дослідження поведінки тонкостінних конструкцій при дії потужного локального теплового удару на тонкостінні елементи в рідині і в повітрі, в якому джерелом імпульсу енергії є оптичний квантовий генератор (ОКГ) ГС 1001 з енергією випромінювання 1000 Дж і тривалістю імпульсу $\tau_n = 1,8 + 2 \text{ нс}$.

Стискаюче зусилля, що діє на циліндричну оболонку, створюється за допомогою пневматичного пресу, а зовнішній тиск - вакуумнасосу.

Розглянуто дві модифікації експериментального комплексу - для випробувань в рідині і в повітрі. Наведені блок-схеми і апаратурні схеми комплексу. Описано призначення і можливості окремих блоків, що входять до складу дослідницького комплексу. Підкреслюється, що для отримання якісних експериментальних результатів потрібна чітка синхронізація моментів запуску вимірювальної, контролюючої та силової апаратури, яка досягається за

допомогою застосування блоку затримки.

Розглянуто особливості процесів, що відбуваються при поглинанні лазерного випромінювання твердими макрочастками в рідині та обумовлена ним специфіка проведення експериментів. Встановлено, що в результаті швидкого нагріву макрочастки розплавляються і частково випаровуються. В рідині виникає парогазовий пузир, який пульсує і створює в рідині складний спектр термосилових навантажень. Обґрунтовано вибір моделей, їх геометричних характеристик та технології виготовлення.

Описано техніку проведення експериментів, що полягає у виборі потрібних параметрів кіно-і фотозйомки, контролі характеристик випромінювання ОКГ, вимірюванні температури зразків, що випробовуються. Окрім цього, наведено результати вивчення впливу рідини на параметри теплового потоку, в результаті якого встановлено, що за вибраних умов проведення експериментів втрати енергії випромінювання в оптичному тракті комплексу не перевищують 50%. Обґрунтовано вибір датчиків для вимірювання гідродинамічного тиску та розглянуті методика і результати їх калібровки. Подані блок-схема та фотографія зовнішнього вигляду ударної трубки для калібровки датчиків імпульсного тиску, розглянуто спосіб її дії.

Показано, як саме за допомогою створеного експериментального комплексу та розробленої методики досліджень можна вивчати поведінку оболонок при імпульсному термосиловому навантаженні в повітрі і в рідині і встановити залежність критичних навантажень від параметрів

теплого удару та гідродинамічного тиску. Швидкісна зйомка ведеться кінокамерою "Пуск-16", швидкісним фотореєстратором ШФР.

Друга глава присвячена аналізу діючих навантажень, що виникають за умов складної термосилової дії або гідродинамічного тиску.

В першому параграфі цієї глави розглянуто параметри комбінованого термосилового навантаження. Наведені дані, що характеризують лазерне випромінювання ОКГ.

У випадку дії на оболонку статичних навантажень і теплового удару складові комбінованого навантаження визначаються з урахуванням відомих результатів теоретичних досліджень, згідно з якими при збудженнях, що відповідають за енергетичним рівнем тому чи іншому виду закритичних деформацій, буде виникати, при відповідних рівнях статичних навантажень, та чи інша форма втрати стійкості оболонки.

В другому параграфі наведено результати визначення тиску в рідині при дії випромінювання ОКГ.

На підставі аналізу швидкісних фотографій процесу виникнення і зміни в часі розмірів парогазового пузиря з'ясовано, що форма макрочасток не впливає на характер розвитку пузиря. В той же час, з'ясовано, що динаміка підводного колапсу і характер імпульсів тиску, що виникають в рідині при поглинанні випромінювання ОКГ на твердих макрочастках, суттєво залежать від матеріалу часток. Сказане ілюструється фотографіями, за якими побудовано графічні залежності, наведені на рис. 1. На цьо-

му рисунку цифрами 1,2,3 позначено криві, що відповідають випадкам, коли матеріалом макрочасток є відповідно сталь, свинець, порох. Проведений аналіз динаміки пузиря дозволив встановити характер тиску P_r в пузирі. Визначення тиску виконано за допомогою рівняння Релея з урахуванням нестискання рідини.

$$\ddot{R}R + \frac{3}{2}\dot{R}^2 = 1/\rho_{ж} [P_r - 2\sigma/R - P(t)]$$

Крива 4 на рис.1 відповідає розрахунку діаметру пузиря для свинцю при законі зміни P_r у вигляді

$$P_r = A \times t^a \times e^{-k \cdot t}$$

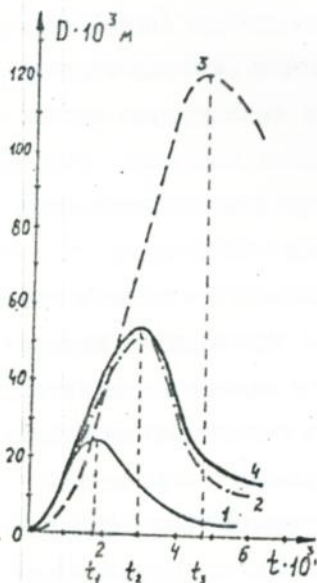


рис. 1

В цьому ж параграфі наведені результати детального вивчення тиску в рідині, що змінюється за розглянутих умов. На підставі аналізу осцилограм тиску з'ясовано, що в розглянутому випадку тиск в рідині має хвилювий характер і обумовлюється термомеханічними параметрами матеріалів макрочасток, що поглинали випромінювання ОКГ. На рис.2 наведено типову осцилограму, одержану при випаровуванні в рідині макрочастки із свинцю.

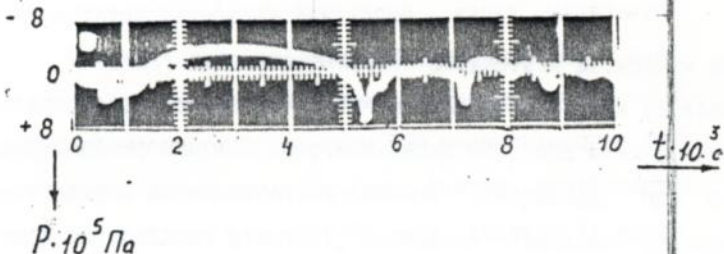


рис. 2

Що до характеру зміни тиску з часом, то видно, що, починаючи з $0,5 \cdot 10^{-3} \text{ с}$, в рідині починає діяти ударна хвиля. Потім виникає хвиля негативного тиску, яка знову змінюється серією хвиль стискання. Після того, як минає $9 \cdot 10^{-3} \text{ с}$ від початку процесу, рівень тиску в рідині починає приблизно дорівнювати початковому.

Порівняння результатів вимірів показало, що, за однакових умов, з ростом рівня енергії, що поглинається, відбувається скорочення хвилі негативного тиску, що виникає за ударною хвилею. Інтервал між моментами, коли ударна хвиля і наступна пульсація досягають пікових величин, зменшується з ростом енергії, що поглинається. В цьому випадку на другому стрибку тиску з'являються високочастотні розшарування і підвищується амплітуда і кількість наступних пульсацій тиску.

Характерною відмінною хвильового навантаження, що виникає в розглянутому випадку є те, що амплітуда ударної хвилі складає 40-50% від амплітуди наступних пульсацій тиску. Відомо, що при підводному вибусі вибухових речовин, за винятком газових, інтенсивність ударної хвилі набагато перевищує цей показник для наступних

пульсацій тиску. амплітуда пульсацій складає лише 20% від амплітуди ударної хвилі.

Аналіз характеру зміни тиску в рідині при поглинанні випромінювання ОКГ макрочасткою з порошу показав, що тривалість ударної хвилі збільшилась на порядок, амплітуда її складає вже 60-70% від амплітуди наступних пульсацій тиску. Інтенсивні розшарування спостерігаються лише в ударній хвилі і практично відсутні в пульсаціях.

В кінці параграфу наведені результати дослідів з вивчення зміни епюри тиску з часом.

Третя глава дисертації присвячена вивченню стійкості циліндричних оболонок при дії статичних навантажень і локального нагрівання, що виникає внаслідок дії ОКГ. Предметом вивчення є: 1. критичні навантаження; 2. форми втрати стійкості; 3. механізм впливу параметрів теплового удару на критичні навантаження.

Підкреслюється, що взаємний вплив тривалості дії теплового локального потоку, часу поширювання тепла по поверхні оболонки, різної тривалості виникнення форм втрати стійкості обумовлюють появу якісно нових переходів декілька проміжних форм.

Наведено результати вивчення деформування оболонок при дії зовнішнього тиску і теплового удару. За результатами швидкісної зйомки побудовано графічні залежності критичних навантажень λ_c від енергії Q теплового потоку.

За допомогою швидкісної зйомки з'ясовано якісну картину процесу деформування оболонок при дії згаданих

навантажень.

Одержані експериментальні результати дозволили виділити три діапазони статичних навантажень при фіксованому рівні енергії випромінювання ОКГ, при яких виникають різні форми втрати стійкості. Наприклад, при $Q=2$ для відповідних рівнів λ_q виникають: - локальні температурні форми ($0 < \lambda_q < 0,66$); - локальні вм'ятини за формою зовнішнього тиску ($0,66 < \lambda_q < 0,74$); - регулярні за формою зовнішнього тиску ($\lambda_q > 0,74$) (рис. 3.).

Далі наведено результати вивчення поведінки оболонок при дії осевого стискання і теплового удару. Як і в попередніх експериментах, встановлено залежність характеру деформування поверхні оболонки від комбінації силових і температурних складових навантаження. За результатами експериментів побудовано графічні залежності, які ілюструють розподіл поля навантажень ($\lambda_p - Q$) на області: - таку, де можуть виникати лише локальні температурні форми (V), - таку, де можуть виникати локальні вм'ятини за формою осевого стискання (o), - таку, де виникають лише регулярні форми, що відповідають типу силового навантаження (o) (рис. 4).

За допомогою швидкісної зйомки також зафіксовано виникнення і послідовний перехід проміжних форм втрати стійкості. З'ясовано, що порядок часу прогріву стінки оболонки по товщині співпадає з порядком часу локальної або загальної втрати стійкості. Час поширювання тепла по оболонці ($10c$) співпадає з часом втрати стійкості з "затриманням" ($1+5c$).

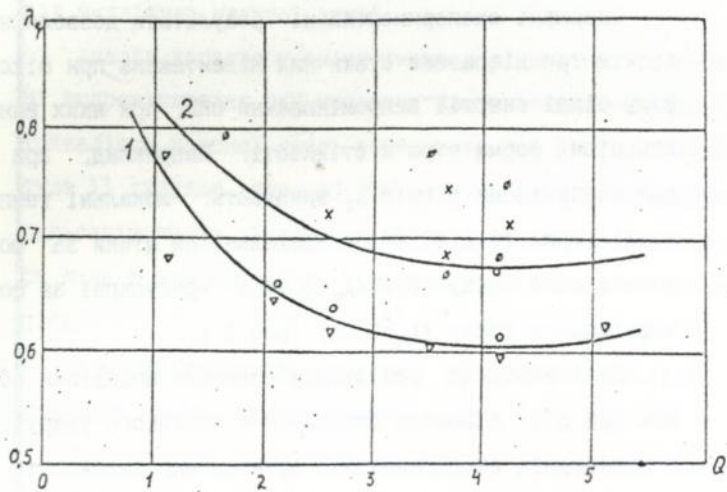


рис. 3.

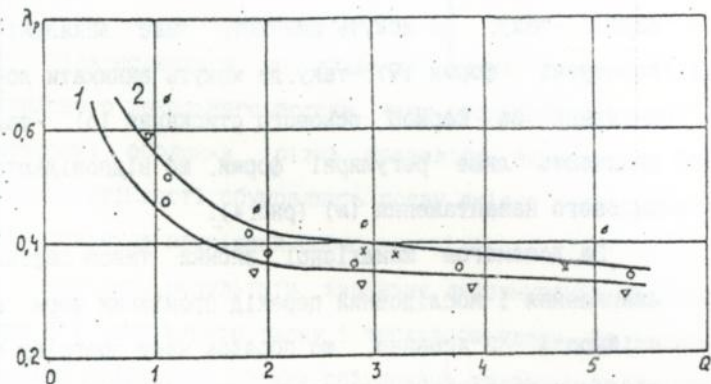


рис. 4

В обох розглянутих серіях експериментів, зафіксовано "аномальні" форми втрати стійкості - через декілька секунд (1-5) після закінчення дії теплового потоку. Цей ефект пояснюється виникненням залишкових напружень в тих зонах поверхні оболонки, що безпосередньо прилягають до п'ятна нагріву. Сумісна дія залишкових напружень, що стискають, і відповідних напружень від навантаження викликають втрату стійкості "з запізненням".

В четвертій главі наведені результати досліджень несучої здатності занурених в рідину оболонок при потужному лазерному випромінюванні. В процесі випробувань моделювались як тонкі оболонкові конструкції, що деформуються при дії нерівномірного гідродинамічного тиску, так і масивні жорсткі оболонкові конструкції з гнучкими елементами, для яких досліджувалась можливість зменшення помітних ефектів за рахунок поглинання енергії дії гнучкими елементами. В першому параграфі на основі результатів швидкісної зйомки аналізується процес деформування гладких циліндричних оболонок.

На рис. 5 подано типову профілограму залишкових вигинів оболонки при експериментах з макрочастками із свинцю.

В другому параграфі четвертої глави розглянуто математичне моделювання описаного процесу. Розглядаються три наближені моделі, кожна з яких відповідає гіпотезі про домінуючий вплив різних етапів навантаження (рис. 6).

Згідно моделі I приймається припущення про перева-

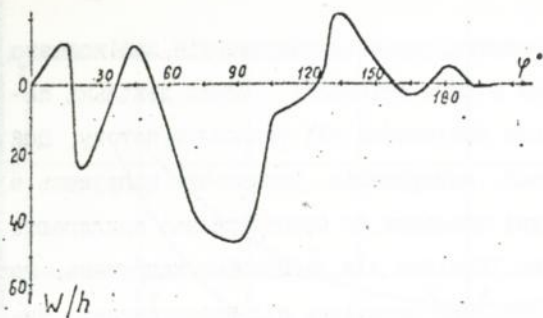


рис. 5

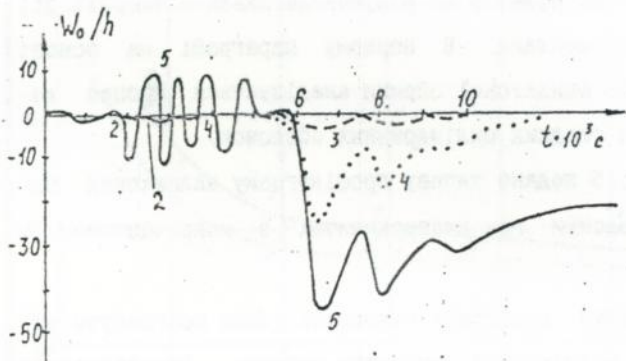
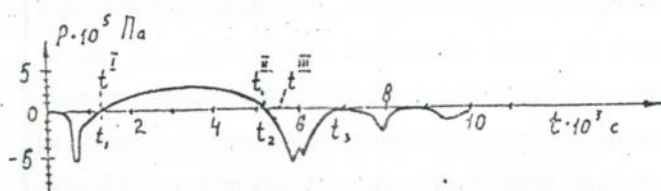


рис. 6

жаючий вплив на деформування оболонки ударної хвилі. Тиск змінюється згідно залежності $P(t)$ в інтервалі $(0-t_1)$. Розрахункову реакцію оболонки відтворює залежність вигин-час (крива 2) на рис.6.

Якщо припустити, що поведінка оболонки є реакцією тільки на дію тиску, що виникає від першої пульсації парогазового пузиря (II-га модель), то тиск апроксимується в інтервалі часу t_2-t_3 . Відповідні залежності вигин-час відбивають криві 2-4 на рис.6.

Вплив історії навантаження враховує III-тя модель, згідно якої тиск апроксимується на часовому відрізку $0 < t < t_3$. Розрахункову залежність вигин - час відбиває крива 5 на рис.6.

Розрахунки напружено-деформованого стану оболонок при дії неосесиметричного зовнішнього тиску проводились за допомогою алгоритму, що використовує припущення про переважаючий окружний вигин конструкції. Поведінку оболонки при дії описаного вище навантаження можна описати за допомогою рівнянь похилих оболонок з урахуванням геометричної і фізичної нелінійності.

$$\begin{aligned}
 DV^4 w - hL(w, \Phi) + h/R \partial^2 \Phi / \partial x^2 - Q + \rho h \partial^2 w / \partial t^2 + \\
 + D [\partial^2 / \partial x^2 (\alpha_x^p + \gamma \alpha_x^p) + 2 \partial^2 \alpha_{xy}^p / \partial x \partial y + \\
 + \partial^2 / \partial y^2 (\alpha_y^p + \gamma \alpha_y^p)] = 0
 \end{aligned}$$

$$1/E \Delta^4 \Phi + 1/2L(w, w) - 1/R \partial^2 w / \partial x^2 + [\partial^2 \epsilon_y^p / \partial x^2 + \partial^2 \epsilon_x^p / \partial y^2 - \partial^2 \gamma^p / \partial x \partial y] = 0 ,$$

де W-нормальне переміщення (вигин),

Φ -функція напруги,

ρ -щільність матеріалу оболонки.

E-модуль пружності матеріалу оболонки.

Якщо ідеалізувати рух рідини, то навантаження, що виникає в даному випадку, можна описати рівнянням:

$$Q = P_n + \rho_v c_v \partial w / \partial t ,$$

де P_n -тиск, що визначається в експерименті,

ρ_v -щільність рідини,

c_v -швидкість звуку в рідині.

Результати експериментальних вимірів, дозволяють зробити висновок, що у просторі тиск можна описати ви-
явленням

$$P_1(x_1, y_1) = 1/8(1 + \cos y)^3 x \begin{cases} \sin \pi x, & L/4 < x < 3/4L \\ 0, & 0 \leq x \leq L/4; 3/4L \leq x \leq L \end{cases}$$

Розрахунки проводились для циліндричної оболонки з геометричними параметрами $R/h=250$; $L/R=4$; $R=2,5 \cdot 10^{-3}$ м і фізичними характеристиками матеріалу $E=1,96 \cdot 10^{11}$ н/м²; $c=5 \cdot 10^3$ м/с, $\rho=7,8 \cdot 10^3$ кг/м³. Відповідно для рідини $\rho_v=981$ кг/м³, $c_v=1,45 \cdot 10^3$ м/с.

Розрахунки підтверджують, що поведінка оболонки, що спостерігається в експерименті, адекватна тому навантаженню, що реєструється. З'ясувалось, що суттєвим є вплив інерції оболонки за час $t_1 < t < t_2$ на рівень залишкових вигинів, а для оцінки несучої здатності оболонок, при дії описаного навантаження, потрібен аналіз поведінки конструкції в усьому часовому діапазоні розвитку пузиря.

В третьому параграфі наведено результати дослідження поведінки жорстких циліндричних оболонок при дії гідродинамічного тиску. Циліндри мали гнучкі сталеві торцеві елементи різної жорсткості і зовнішній силовий набір у вигляді кільцевих шпангоутів.

Тиск у рідині створюється при колапсі, що виникає при поглинанні лазерного випромінювання твердими частками. На підставі аналізу швидкісних кінограм встановлено, що із збільшенням вигинної жорсткості елементів підвищується амплітуда зрушень циліндрів в рідині і швидкості їхнього руху.

При дослідженні впливу щільності рідини на параметри руху циліндру встановлено, що при даному засобі створення навантаження збільшення щільності навколишнього середовища в 1,2 рази амплітуда зрушень циліндрів і їх швидкість зменшуються на порядок. Цей висновок ілюструє графік, що відбиває залежність зрушень циліндру від часу для випробувань у воді (крива 1) і гліцерині (криві 2, 3) (рис. 7).

Вплив зовнішнього силового набору вивчається за до-

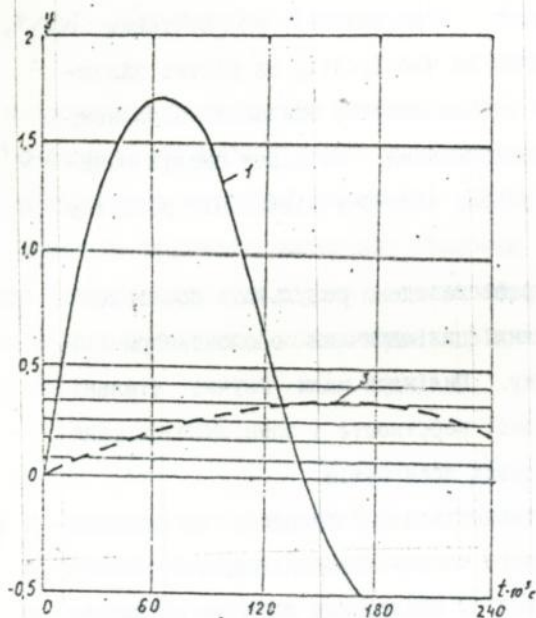


рис. 7

помогою швидкісної зйомки руху циліндрів з гладкою боковою поверхнею, одним і трьома проміжними шпангоутами. Аналіз кінограм показав, що при однаковій жорсткості торцевих елементів, вплив силового набору проявляється в тому, що при досить дрібному кроці силового набору ϵ його вплив на кінематику руху циліндрів несуттєвий. Наприклад, амплітуди зрушень циліндрів з гладкою зовнішньою поверхнею $\epsilon=1$ і з трьома шпангоутами $\epsilon=1/4$ були майже однакові. А для циліндру з одним проміжним шпангоутом ($\epsilon=1/2$) цей показник був значно нижчий. Це можна

пояснити тим, що в перших двох випадках в процесі руху з циліндрами рухається приблизно однакова маса приданої рідини, яка значно менша, ніж в останньому випадку. Внаслідок цього змінюються кінематичні характеристики руху.

Для підтвердження отриманих експериментальних результатів було виконано числові розрахунки параметрів руху циліндрів, як маси, що пружно підвішена.

Основні результати роботи.

1. Для вивчення стійкості тонкостінних конструкцій у в'язких середовищах і в повітрі за умов складного термосилового навантаження можливе використання експериментальних комплексів на базі потужних ОКГ.

2. При низьких рівнях статичного стискання в процесі лазерного нагріву спостерігаються температурні форми вичерпання стійкості. Ці форми є стійкими і фіксуються в тих випадках, коли параметри термосилового навантаження (λ_q , λ_p , Q) лежать в стійких для температурних форм області. Тут λ_q - навантаження циліндричної оболонки у випадку дії зовнішнього тиску, λ_p - теж саме у випадку дії осьового стискання, Q - енергія лазерного випромінювання.

При певному зв'язку наведених параметрів спостерігається перехід із закритого стану, характерного для температурної критичної деформації, в закритичний стан, характерний для випадку навантаження силовими факторами

при наявності локального нагріву. При цьому тривалість встановлення закритичної форми більше тривалості дії випромінювання ОКГ.

3. При відповідному співпадінні складових термосилових навантажень, внаслідок виникнення поля залишкових напружень при охолодженні, вичерпання несучої здатності оболонки відбувається через декілька секунд (1-5) після досягнення навантаженнями критичних рівнів.

4. Амплітудно-часові характеристики гідродинамічного тиску, що виникає в рідині при фокусуванні лазерного випромінювання на твердих макрочастках, обумовлюються, головним чином, параметрами ОКГ і фізико-хімічними властивостями матеріалу макрочасток.

5. Для визначення несучої здатності тонкостінних оболонок в умовах дії підводного колапсу, що викликаний поглинанням випромінювання ОКГ на твердих макрочастках в рідині потрібен аналіз поведінки конструкції в усьому часовому діапазоні пульсацій пузиря (7-9 мс), що охоплює як час дії ударної хвилі, так і наступні пульсації тиску.

6. Кінематичні характеристики руху жорстких циліндрів з гнучкими торцевими елементами залежать від жорсткості останніх і частоти зовнішнього поперечного силового набору: - встановлення в циліндр більш жорстких торцевих елементів, приводить, при інших рівних умовах, до збільшення зміщень і швидкостей руху циліндрів; - при однакових навантаженнях і жорсткості торцевих елементів максимальні зміщення у в'язкому середовищі робить ци-

ліндр з гладкою боковою поверхнею; - при збільшенні питомої щільності навколишнього середовища в 1,2 рази амплітудні значення зрушень і швидкостей руху циліндрів зменшуються в 10 разів; характер підкріплення бокової поверхні циліндрів, у випадку підвищення питомої щільності, не впливає суттєво на параметри руху.

Основні результати дисертації опубліковані в роботах.

1. Андреев Л. В., Ободан Н. И., Пацюк А. Г., Полишко А. Н. Устойчивость оболочек при нагреве // Прикладная механика. - 1988. - т 24, N10. - С.120-122.
2. Ободан Н. И., Макаренко Н. Б., Полишко А. Н., Взаимодействие цилиндрической оболочки в жидкости с пульсирующим пузырем // Проблемы прочности. - 1990. - N6. - С. 116-120.
3. А. с. 1435974 СССР, МКИ³ G01L 27/00 Устройство для динамической калибровки датчиков давления / А. Г. Пацюк, А. Н. Полишко // Открытия. Изобретения. - 1988. - N 41. - с. 132.
4. А. с. 1573388 СССР, МКИ³ G01N 3/12 Устройство для испытания изделий гидравлическим давлением / А. Г. Пацюк, А. Н. Полишко // Открытия. Изобретения. - 1990. - N 23. - с. 163.

5. А.С. 1580217 СССР, МКИ³ G01N 3/30 Устройство для динамических испытаний оболочек / А.Г. Пацюк, А.Н. Полишко // Открытия. Изобретения. -1990. - N 27. - с.93.

6. А.с. 1796971 МКИ³ G01N 3/12 Устройство для испытания изделий гидравлическим давлением / А.Г. Пацюк, А.Н. Полишко // Открытия. Изобретения. - 1993. - N 7. - с.172.

7. Полишко А.Н. Поведение погруженной в вязкую среду цилиндрической конструкции с податливыми торцевыми элементами при действии волны давления. М. 1987 - 12с. - Деп. в ВИНТИ АН СССР 18.06.87, N 4435-887.

8. Ободан Н.И., Маругин В.М., Полишко А.Н. Движение в вязкой среде жесткого цилиндра с упругими торцевыми элементами под действием ударной волны // Динамика механических систем: Тез. докл. Всесоюз. школы семинара 22 июня-4июлю. -Томск, 1986 г., с. 33.

Polishco A.N. Cylindrical shells behavior in liquid under local impulse radiation, manuscript.

Doctor technical sciences thesis, speciality - 05.23.17 - structural mechanics. Pridneprovskaya state building and architecture academia, 1994.

Impulse laser has been applied in research complex. This complex was applied for thin - walled shells researches and massive with pliancy face plane cylinders investigations under complex thermomechanical loading. It was obtained new effects, wich determined by strain, supporting power and buckling in the liquid and in the air.

Полишко А.Н. Поведение цилиндрических оболочек в жидкости при действии локального импульсного излучения, рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 - строительная механика, Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, 1994г.

Испытательный комплекс, созданный на базе импульсного лазера, применен для исследования тонкостенных цилиндрических оболочек и массивных цилиндров с податливыми торцевыми элементами при сложном термосиловом нагружении. Исследованы новые эффекты, связанные с деформированием, несущей способностью и различными формами потери устойчивости в жидкости и на воздухе.

Ключові слова: ударна хвиля, стійкість оболонок, термомеханічні навантаження.

Автореферат розроблено 20 вересня 1994 року.

Тираж 100 екземплярів. Зак. 146/21.

454475

AB 31.066

AB 31.066