

материала трубы; E_p – модуль упругости продольного подкрепляющего стержня; δ – толщина стенки покрытия; m – число прямых стержней; f – площадь сечения прямого подкрепляющего стержня.

Получено 26.06.2001

УДК 621.84

М.Л.РЯБЧИКОВ, Т.О.ОБОЛЕНЬСКА, кандидати техн. наук,
О.А.МЕЛЬНИЧЕНКО, д-р техн. наук
Українська інженерно-педагогічна академія, м.Харків

ЭФФЕКТ ЗВОРОТНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ПРИ АСИМЕТРИЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ ЦИЛІНДРИЧНИХ ОБОЛОНОК

Запропоновано модель інженерних розрахунків деформацій оболонок при їх асиметричному навантаженні. Наведено приклади розрахунків реальних оболоноквих систем, показана їх різниця з традиційними методами.

Асиметричне навантаження циліндричних оболонок здійснюється у будівництві й машинобудуванні. Наприклад, при навантаженні так званих “плаваючих” валів зовнішнє навантаження має вигляд розподіленого за довжиною оболонки вала зусилля, під дією якого вал зазнає небажаних деформацій. Для усунення цього явища зсередини оболонки вала подається тиск p (рис.1).

Здається, що внутрішній тиск у змозі повністю усунути небажані деформації, але, як показує практика, це виходить далеко не завжди.

Теоретичні розрахунки ускладнюються тим, що внутрішні умови закріплення є досить складними, тобто граничні умови для внутрішнього навантаження відрізняються від відповідних умов для зовнішнього. На практиці вали

для обробки листових матеріалів не мають обпирань у вигляді кулькових підшипників, бо вони несуть досить великі навантаження. У цих конструкціях використовують роликові підшипники спеціальної конструкції, причому реальні розміри тіл кочення часто не співпадають з рекомендованими стандартними. Конструкції цих опор можуть впливати на граничні умови при деформуванні вала, іноді досить сильно.

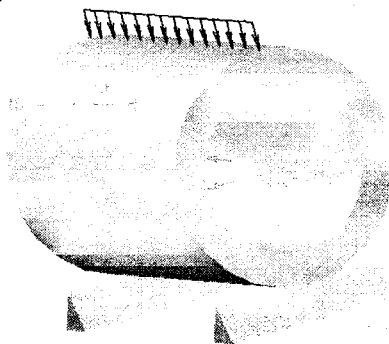


Рис.1 – Деформування оболонок

Для дослідження впливу умов обпирання на граничні умови провели модельний експеримент по деформуванню моделі вала при різній довжині роликів.

Кожну серію експериментів проводили для конкретного розміру опорного елемента, що імітує підшипник. Брالی елементи з такими співвідношеннями довжини до товщини стінки навантаженого зразка: $\chi = c/h = 0,3; 0,6; 0,9; 1,2; 1,5; 1,8$.

Коефіцієнт жорсткості знаходимо як співвідношення між другою і першою похідними в точці з координатою $x = c$:

$$kg_i = \frac{y''(c)}{y'(c)} = \frac{a_2}{a_1} c.$$

При підбиранні емпіричної формули для цієї залежності використовуємо кубічний поліном. Провівши поліноміальну регресію одержаних даних за допомогою функції *regress* у математичному середовищі *MathCAD*, маємо

$$Kg = -0,028 + 0,655\chi - 1,415\chi^2 + 0,834\chi^3.$$

Розробляти модель невісесиметричного деформування оболонки будемо на базі напівбезмоментної теорії.

У межах цієї теорії колова деформація v визначається залежністю

$$\frac{\partial^4 v}{\partial x^4} Eh + \frac{EJ}{r^6} \Omega \Omega(v) = -P(x, \varphi),$$

де $J = h^3 / 12$; $\Omega = \frac{\partial^4}{\partial \varphi^4} + \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}$ – диференційний оператор Власова;

$P(x, \varphi)$ – функція поверхневого навантаження,

$$P(x, \varphi) = \frac{\partial^3 p_1}{r^2 \partial \varphi^3} - \frac{\partial^2 p_2}{r dx \partial \varphi} + \frac{\partial^2 p_3}{r^2 \partial \varphi^2}; \quad p_1 - \text{радіальна складова; } p_2 -$$

колова складова; p_3 – осьова складова.

Навантаження і деформації вала симетричні відносно площини $\varphi=0$. Тоді рішення рівняння можна записати у вигляді

$$v = \sum_{i=1}^{\infty} v_i \sin i\varphi,$$

де v_i – функція, що залежить тільки від поздовжньої координати. Підставивши цей вираз у рівняння, одержимо

$$\sum_{i=1}^{\infty} \frac{d^4 v_i}{dx^4} \sin i\varphi + \sum_{i=1}^{\infty} \frac{h^2 i^4 (i^2 - 1)^2}{12r^6} v_i \sin i\varphi = \sum_{i=1}^{\infty} P_i \sin i\varphi,$$

де P_i – коефіцієнт розкладення функції навантажень. Залежність його

$$\text{від поверхневого навантаження } P(x, \varphi) = \frac{\partial^3 p}{r^2 \partial \varphi^3}.$$

Для зовнішнього контактного навантаження, що реалізується у процесі стискування двох валів, поверхневе навантаження можна розкласти у ряд $p = \frac{1}{\pi r^2} \sum_{i=1}^{\infty} \cos i\varphi$. У випадку дії розподіленого навантаження півкільцем на внутрішній поверхні маємо

$$p(\varphi) = \frac{p}{2} + \frac{4p}{\pi^2} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\sin \frac{(2i-1)\pi x}{l}}{2i-1}.$$

У таких умовах рівняння розпадається на нескінченну кількість звичайних диференціальних рівнянь вигляду

$$\frac{d^4 v_i}{dx^4} + 4\beta_i^4 v_i = \frac{P_i}{E\delta}.$$

Інтеграл рівнянь може бути поданий як комбінація функцій О.М.Крилова.

Основним геометричним параметром, що характеризує деформації вала, вважатимемо коефіцієнт $coef = h^2 l^4 / r^6$. До нього додамо параметр жорсткості опори kg . Будемо визначати деформації вала. Значення силового фактора p / Eh приймемо за одиницю. Досліджуватимемо загальну форму зігнутої поверхні вала, а також похибки, які вносить оболонкова модель до стандартної моделі вала, що деформується. Для цього визначатимемо відношення основного прогину, який одержується за допомогою стержневої моделі, до додаткового прогину, отриманого за оболонковою моделлю. Позначимо це відношення як kc . Профілі прогинів, розгорнуті на площину для різних значень геометричних параметрів і коефіцієнтів жорсткості, приведені на рис.2. Тут же подані дані про співвідношення прогинів kc .

Як свідчать форми профілів прогинів вала, а також дані про спів-

відношення прогинів, при певному поєднанні геометричних параметрів настає зворотна деформація поверхні вала, що є парадоксальним. Збільшення коефіцієнта жорсткості опор підсилює оболонкові властивості вала з регулюванням прогину і погіршує умови деформування вала щодо компенсації небажаних прогинів. З рисунків видно, що навіть ті значення геометричних параметрів, які були достатніми для роботи валів з шарнірним обпиранням, є недостатніми для роботи з підсиленими опорами. Умовою теоретичної можливості виправлення небажаних прогинів буде перевищення коефіцієнта співвідношення прогинів над одиницею. На рис.3 подані графіки зміни коефіцієнтів співвідношення прогинів залежно від геометричних параметрів вала і коефіцієнтів жорсткості опор. Окремо проведена горизонтальна лінія з одичинною ординатою, що показує границю можливого використання валів з регулюванням прогину традиційної конструкції.

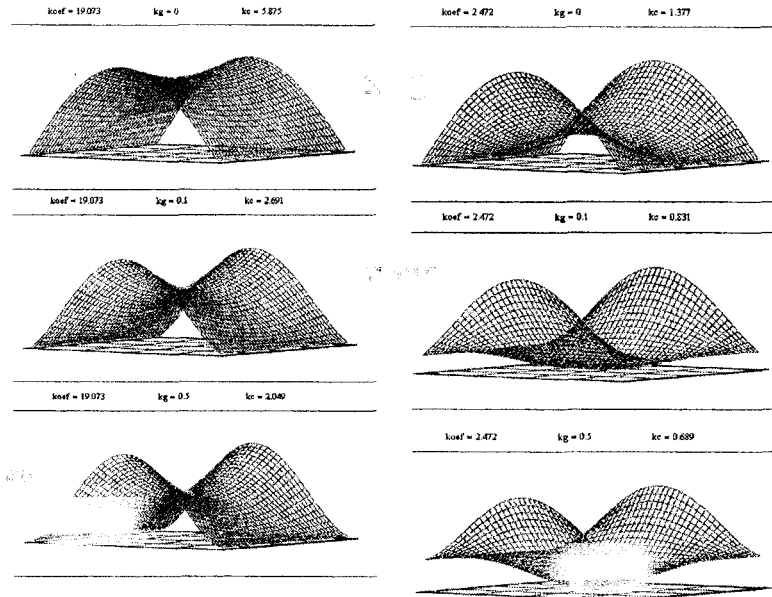


Рис.2 – Поверхня прогинів оболонки при несиметричному навантаженні

Відзначимо ще один важливий факт. Підвищення жорсткості обпирання валів дуже впливає на їх деформації під дією внутрішнього регулюючого тиску. Зовнішнє зусилля від дії сусіднього вала передається через циліндричні опори на опори осердя вала, що, як правило, являють собою сферичні підшипники із беззаперечно шарнірним об-

пиранням.

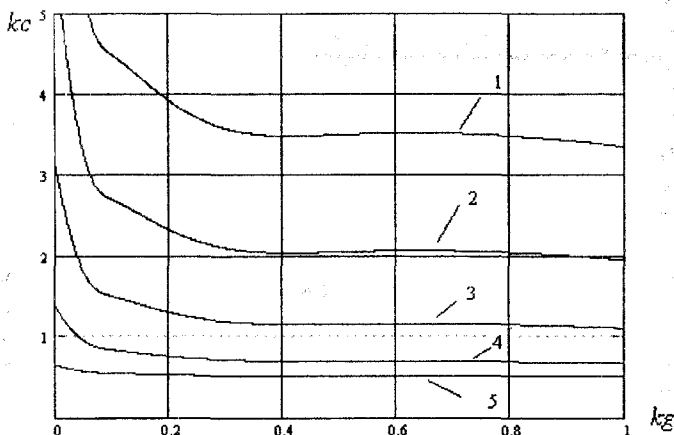


Рис.3 – Зміна коефіцієнтів співвідношення прогинів залежно від геометричних параметрів вала і коефіцієнтів жорсткості опор:
1 – coef=40; 2 – coef=19; 3 – coef=7,8; 4 – coef=2,5; 5 – coef=1,2

Отримано 27.08.2001

УДК 624.012

А.Н.ШАПОВАЛОВ, канд. техн. наук, А.И.БЕСПАЛОВ
Харьковская государственная академия городского хозяйства

ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ СОЕДИНЕНИЯ УЗЛОВ АРМАТУРНОГО КАРКАСА НА ДЕФОРМАТИВНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК

Приводятся результаты экспериментального сравнения прогибов балок, армированных сварными и вязаными каркасами.

Деформативность железобетонных конструкций во многом зависит от целого ряда физико-механических свойств материалов и конструктивного исполнения конкретного железобетонного элемента. При этом если особенности бетона довольно детально изучены и отражены в различных расчетах с учетом нелинейных и реологических свойств деформирования материала, его трещинообразования, то особенности армирования и способ соединения арматуры пока в расчетных зависимостях еще не освещались.

В практике изготовления железобетонных конструкций используются два типа соединения арматуры: сварные и вязаные. С целью выяснения влияния различных схем соединения арматурных стержней