

УДК 624.953:624.07

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ І СТІЙКОСТІ ВЕРТИКАЛЬНИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ РЕЗЕРВУАРІВ ПРИ ВІТРОВОМУ ТИСКУ

Івченко О. М.¹, асп.; Івченко Ю. В.², к. т. н.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

ivchenko.oleksandr@pdaba.edu.ua; ivchenko.yuliia@pdaba.edu.ua

Постановка проблеми. Сталеві вертикальні циліндричні резервуари найчастіше використовуються у нафтовій і газовій промисловості як ємкості для зберігання нафтопродуктів та газів. На даний час багато таких споруд виявилися серйозно пошкодженими або зруйнованими. Це викликає гостру необхідність у будівництві нових резервуарів. Вітчизняна номенклатура резервуарів розглянутого типу складає 100–50 000 м³. Одним з основних несучих елементів вертикальних резервуарів є їх циліндрична стінка. Геометричні параметри циліндричної стінки резервуарів становлять $r/t = 600 \div 3800$; $l/r = 0,6 \div 2,5$; тут l , r , t – довжина, радіус і товщина циліндричної стінки. Таким чином, циліндрична стінка резервуарів розглянутого типу відноситься до класу тонкостінних оболонок. Проблема стійкості для таких споруд виходить на перший план.

Серед стискаючих навантажень, що діють на вертикальні резервуари, велике значення має вітрове навантаження. Згідно норм проектування [1; 2] вітрове навантаження на споруди циліндричної форми представляє собою тиск, нерівномірно розподілений по периметру кола. В інженерних розрахунках, зокрема, при оцінці стійкості резервуарів, нерівномірний вітровий тиск замінюється рівномірним зовнішнім тиском, який називають еквівалентним вакуумом [2]. Перетворення виконується шляхом множення амплітуди нерівномірного вітрового тиску на коефіцієнт k_w . Значення указанного коефіцієнту – 0,5 для резервуарів усіх геометричних параметрів.

На думку авторів, таке подання вітрового навантаження не враховує дійсної кінетики поведінки циліндричної стінки резервуарів при дії вітрового тиску, що, у свою чергу, впливає на точність інженерної оцінки стійкості вертикальних резервуарів.

Метою дослідження є виявлення особливостей напружено-деформованого стану вертикальних циліндричних резервуарів при нерівномірному вітровому тиску, а також вплив нерівномірності вітрового навантаження на стійкість резервуарів розглянутого типу.

Результати досліджень. Дослідження проводились для циліндричних оболонок з такими геометричними параметрами: $r/t = 1500$; $l/r = 0,8 \div 1,6$, що відповідає геометричним параметрам вертикальних резервуарів об'ємом 1000–30 000 м³. У якості граничних умов розглядалося два варіанти закріплення торців оболонок: шарнірне і жорстке закріплення обох торців оболонки. Дослідження проводились методом скінченних елементів. Розрахунки виконувались при величині вітрового тиску, що відповідає значенням вітрового навантаження на території України [1]. Аналіз напружено-деформованого стану показав, що для оболонок розглянутого типу усі компоненти напруженого стану від вітрового тиску є далекими від своїх граничних з точки зору міцності значень. Так, мембранні кільцеві напруження σ_m , які є превалюючими у даному випадку, досягають величини 17–20 МПа. Значення кільцевих згинальних напружень вкрай незначні: $\sigma_{zгин} = 0,12 \div 0,20$ МПа. Головною же особливістю епюр згинальних напружень є їх яскраво виражений хвильовий характер. Епюрам напружень відповідають епюри радіальних переміщень w і деформовані схеми

оболонок (рис.). Такий хвильовий характер деформування мав місце і при натурних експериментах [3].

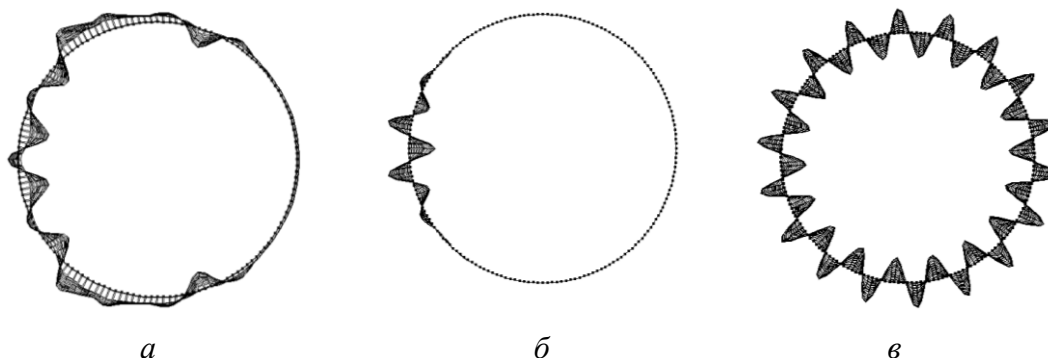


Рис. Оболонка з геометричними параметрами $r/t = 1500$; $l/r = 0,8$: деформована схема (а); форми втрати стійкості при вітровому (б) і рівномірному (в) тиску

Необхідно відзначити, що такі хвильові відхилення поверхні оболонки виникають вже на самому початку деформування. Це може призвести до того, що граничне значення вітрового тиску буде нижчим за його критичну величину. І в такому випадку замість рішення біфуркаційної задачі стійкості необхідно вирішувати нелінійну задачу деформування оболонки.

Висновки. Початковий хвильовий характер деформування тонкостінних оболонок при вітровому навантаженні за інтенсивності навантаження, значно меншої критичних значень зовнішнього тиску, може суттєво впливати на загальну стійкість оболонок, бо, навіть при незначній величині таких відхилень, їх параметри можуть бути дуже близькими до параметрів власної форми втрати стійкості оболонок. Це потребує проведення додаткових досліджень з метою коригування інженерних оцінок стійкості резервуарів розглянутого типу.

Список використаних джерел

1. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ : Мінбуд України, 2006. 75 с.
2. ВБН В.2.2-58.2-94. Резервуари вертикальні сталеві для зберігання нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа. Відомчі будівельні норми України. Київ : Держкомнафтогаз, 1994. 98 с.
3. Маневич А. И. Экспериментальное исследование устойчивости подкрепленных цилиндрических оболочек при внешнем давлении. *Прикладная механика*. 1969. Т. V, вып. 5. С. 35-39.