

$$g_c^p = 0; \quad g_c^q = -\frac{\gamma R^2}{\delta_c E}; \quad g_c^{p_0} = \frac{2k^2 R^2}{\delta_c E} P_0; \quad g_c^{M_0} = -\frac{4k^3 R^2}{\delta_c E} M_0, \quad (4)$$

де

$$k = \frac{\sqrt[4]{3(1-\mu^2)}}{\sqrt{R\delta_c}}. \quad (5)$$

Днище резервуара – це кругла пластинка з товщиною δ_0 і радіусом R (R/δ_0 – велике число), що лежить на твердій основі. З достатньою точністю можна вважати, що [2]:

$$\Delta_0^q = \Delta_0^p = \Delta_0^{M_0} = 0; \quad g_0^q = g_0^p = g_0^{p_0} = g_0^{M_0} = 0; \quad \Delta_0^{p_0} = -\frac{1-\mu}{E} \cdot \frac{P_0 R}{\delta_0} \quad (6)$$

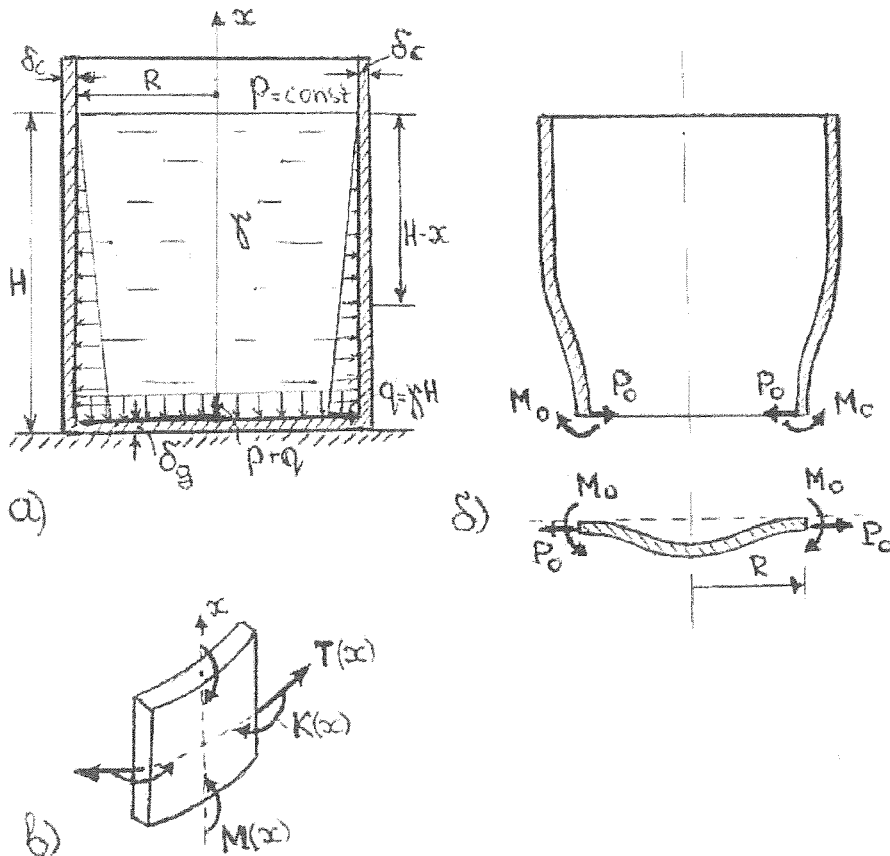


Рис. 1. Навантаження та внутрішні сили в резервуарі.

Система рівнянь (1), з врахуванням виразів (2), (3), (6), набирає вигляду

$$\Delta_c^q + \Delta_c^p + \Delta_c^{p_0} + \Delta_c^{M_0} = \Delta_0^{p_0}$$

$$g_c^q + g_c^{p_0} + g_c^{M_0} = 0$$

або

$$-\frac{\gamma R^2}{\delta_c E} H - \frac{2-\mu}{2\delta_c E} p R^2 + \frac{2kR^2}{\delta_c E} P_0 - \frac{2k^2 R^2}{\delta_c E} M_0 = -\frac{1-\mu}{E\delta_0} P_0 R \quad (7)$$

$$-\frac{\gamma R^2}{\delta_c E} + \frac{2k^2 R^2}{\delta_c E} P_0 - \frac{4k^3 R^2}{\delta_c E} M_0 = 0.$$

Після перетворень систему рівнянь (7) можна записати у вигляді

$$\left(2k + \frac{1-\mu}{R} \cdot \frac{\delta_c}{\delta_o}\right) P_0 - 2k^2 M_0 = \left(\gamma H + \frac{2-\mu}{2} p\right) \quad (8)$$

$$2k^2 \cdot P_0 - 4k^3 \cdot M_0 = \gamma.$$

Розв'язок системи (8) дає значення крайових сил

$$M_0 = \frac{n_2 m_1 - m_2 n_1}{m_2^2 - m_1 m_3}; \quad P_0 = \frac{1}{m_1} (n_1 + m_2 \cdot P_0), \quad (9)$$

де введені позначення:

$$m_1 = 2k + \frac{1-\mu}{R} \cdot \frac{\delta_c}{\delta_o}; \quad m_2 = 2k^2; \quad m_3 = 4k^3, \quad n_1 = \gamma H + \frac{2-\mu}{2} p; \quad n_2 = \gamma$$

При відомих крайових силах P_0 , M_0 , можна визначити додаткові внутрішні сили (рис. 1в) і напруження в стінці циліндра біля місця його стику з днищем [1].

Окружні сили:

$$T^{P_0}(x) = -2kR P_0 e^{-kx} \cdot \cos kx$$

$$T^{M_0}(x) = 2k^2 R M_0 \cdot e^{-kx} (\cos kx - \sin kx) \quad (10)$$

$$T^{(p+q)}(x) = [\gamma(H-x) + p] R.$$

Меридіональний та окружний згинальні моменти:

$$M^{P_0}(x) = -\frac{1}{k} P_0 \cdot e^{-kx} \cdot \sin kx; \quad M^{M_0}(x) = M_0 e^{-kx} (\cos kx + \sin kx)$$

$$K^{P_0}(x) = \mu \cdot M^{P_0}(x); \quad K^{M_0}(x) = \mu \cdot M^{M_0}(x), \quad (11)$$

де x – відстань точки стінки резервуара від днища.

Небезпечним перерізом стінки резервуара є переріз в місці стику стінки з днищем (при $x=0$), де:

$$T(0) = T^{P_0}(0) + T^{M_0}(0) + T^{(p+q)}(0) = 2kR(-P_0 + kM_0) + (\gamma H + p)R$$

$$M(0) = M^{P_0}(0) + M^{M_0}(0) = M_0$$

$$K(0) = K^{P_0}(0) + K^{M_0}(0) = \mu M_0.$$

Найбільші окружні і меридіональні напруження в стінці резервуара

$$\sigma_M = \frac{6 \cdot |M(0)|}{\delta_c^2}; \quad \sigma_T = \frac{T(0)}{\delta_c} + \frac{6 \cdot |K(0)|}{\delta_c^2}$$

Вплив крайового ефекту і додаткового газового тиску на величину напружень проілюструємо на прикладі сталюого ($\mu=0,3$) тонкостінного резервуара з розмірами $R=750$ см, $H=900$ см, $\delta_c = \delta_o = 0,8$ см, заповненого рідиною (нафта) з питомою вагою $\gamma=0,76$ г/см³. В випадку гідростатичного тиску $q = \gamma H$ (біля днища резервуара) коефіцієнти із (11) рівні:

$$k=0,0525, \quad m_1=0,1059, \quad m_2=0,551 \cdot 10^{-2}, \quad m_3=0,579 \cdot 10^{-3},$$

$$n_1=684 \cdot 10^{-2} \text{ н/см}^2, n_2=0,76 \cdot 10^{-2} \text{ н/см}^3.$$

В цьому випадку: $P_0=126,6 \text{ н/см}$, $M_0=1191,4 \text{ н см/см}$.

При дії газового тиску $p=1 \text{ атм}$ коефіцієнти n_1, n_2 приймають значення

$$n_1=0,85 p, \quad n_2=0.$$

Тоді $M_0=1515 \text{ н см/см}$, $P_0=159,1 \text{ н/см}$.

Величини згинальних моментів та окружної сили:

$$\begin{aligned} M^q(0) &= 1191,4 \text{ н см/см}, & K^q(0) &= 357,4 \text{ н см/см}, & T^q(0) &= 88,3 \text{ н/см} \\ M^p(0) &= 1515 \text{ н см/см}, & K^p(0) &= 455 \text{ н см/см}, & T^p(0) &= 122 \text{ н/см} \end{aligned}$$

Напруження в стінці резервуара:

$$\begin{aligned} \sigma_m^q &= 117 \text{ МПа}, & \sigma_\theta^q &= 36,5 \text{ МПа} \\ \sigma_m^p &= 142 \text{ МПа}, & \sigma_\theta^p &= 48,5 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Сумарні напруження $\sigma_m = 259 \text{ МПа}$, $\sigma_\theta = 80 \text{ МПа}$

Якщо розрахувати цей резервуар за безмоментною теорією і вважати, що він знаходиться лише під дією гідростатичного тиску нафти, то напруження в стінці резервуара будуть рівними $\sigma_m = 64,1 \text{ МПа}$, $\sigma_\theta = 32,1 \text{ МПа}$.

Порівняння результатів показує, що врахування при розрахунку резервуара газового тиску і крайового ефекту веде до суттєвого збільшення величини напружень і зміни співвідношення між ними. Ці фактори слід враховувати при розрахунку і експлуатації резервуарів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Канторович З.Б. Основы расчета химических машин и аппаратов. –М.:Машигиз, 1960. - 571 с.
2. Горбунов-Посадов М.И. Плита на упругом основании. –М.-Л.:Госстройиздат, 1966. -324 с.

УДК 624.012:620.193

Т.Б. Юзьків, к.т.н., Р.В. Вашкевич, к.т.н., М.С.Коваль, к.пед.н., доцент (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України)

ВПЛИВ ВИДУ ПІДСИЛЕННЯ НА МІЦНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ВІДНОВЛЕНИХ ПІСЛЯ ДІЇ АГРЕСИВНОГО СЕРЕДОВИЩА

В статті досліджується вплив виду відновлення на міцність залізобетонних балкових елементів, підсилених під навантаженням. Перед підсиленням балки перебували під одночасним впливом агресивного середовища та навантаження, що відповідає реальним умовам експлуатації конструкцій. В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що вид підсилення не впливає на міцність залізобетонних балок, відновлених після дії агресивного середовища.

В сучасних умовах на багатьох підприємствах постала проблема відновлення основних виробничих фондів, важливою складовою яких є будівлі та споруди виробничого