

УДК 539.3:624.074.433

**В. Білоус**

Аспірант

**А. Кожухар**

Аспірант

**В. Білоус**

Доцент, канд. техн. наук

Одеський національний  
політехнічний університет,  
м. Одеса

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ КОМБІНОВАНОЇ ОБИЧАЙКИ АПАРАТІВ ВИСОКОГО ТИСКУ

*Термомеханічний режим роботи автоклава будівельної індустрії призводить до небажаного відриву його корпусу від проміжних і перевантаження крайніх опор, у зв'язку з чим рекомендовано виготовляти нижню підрейкову частину його обичайки з матеріалу з підвищеним коефіцієнтом лінійного температурного розширення. Задачу з визначення реакцій опор розв'язували у балочному варіанті, а за визначенням температурних напружень – в оболонковому. Було встановлено зростання як останніх напружень, так і напружень від реакцій середніх опор, що збільшуються. Наведені рекомендації з проектування нижньої частини обичайки корпусу автоклава.*

**апарат високого тиску, обичайка, напруження, оболонка**

Розглядаються такі апарати будівельної індустрії, як автоклави, циліндричний корпус яких (обичайка) розташовується на  $S$  (від 8 до 15) опорах. Приварені до нього з торців фланці утворюють разом з фланцями кришок (прохідний автоклав) байонетні затвори, які забезпечують герметичність корпусу при термовологому обробленні (запарюванні), наприклад, силікатної цеглини, яку розміщують на вагонетках. Для останніх всередині корпусу змонтовано спеціальний рейковий шлях.

У першій стадії запарювання (1 – 3 г) піднімають тиск перегрітої пари до 0,8 – 1,6 МПа, у другій (5 – 10 г) стадії протікають ізобарний та ізотермічний процеси, а у третій (1,5 – 2 г) – знижують температуру і скидають тиск. При цьому пара конденсується на стінках корпусу і на виробках, а конденсат, що утворився, стікає в нижню частину обичайки. Температура її верхньої частини сягає 200 °С, а нижньою – 120 °С. Така температурна нерівномірність за висотою корпусу викликає його згин опуклістю догори і відрив центральної частини автоклава від проміжних опор [1], що небажано для напружено-деформованого стану (НДС) обичайки.

При експлуатації можливі два режими роботи автоклава: «холодний», коли його корпус знаходиться під дією тиску пари  $p$ , рівномірно розподілених по його довжині навантажень від ваги (40 – 132 т) корпусу ненавантаженого автоклава, інтенсивністю  $q_G$ , і ваги (75 – 320 т) вагонеток з виробами, інтенсивністю  $q_B$ , а також реакцій опор  $R_s$  ( $s=1, \dots, S$ ), і «гарячий» – при нерівномірному нагріві корпусу, коли до напружень від зовнішніх навантажень додаються температурні напруження. В останніх, найбільш несприятливих з позицій міцності, умовах знаходиться нижня, міжрейкова частина обичайки автоклава.

Сама обичайка з внутрішнім діаметром  $R$  від 1,0 до 3,0 м і завтовшки від 1,6 до 2,8 см є комбінацією незамкнених циліндричних оболонок, зварених між собою повздовжніми і кільцевими швами. На цей час усі її елементи виготовляють з одного матеріалу – сталі 15Г.

З урахуванням зазначених складних умов експлуатації, викликає інтерес дослідження НДС обичайки, коли її надрейова і підрейкова частини виготовлені з різних матеріалів, що і є метою цієї статті.

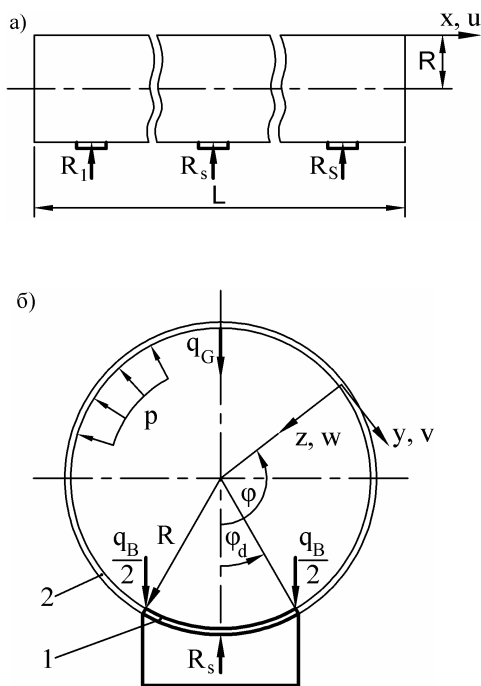


Рис. 1. Розрахункова схема обичайки корпусу автоклава і його опорний поперечний переріз

Розглянемо обичайку корпусу автоклава, як замкнуту циліндричну оболонку завдовжки  $L$  і спрямуємо вісь  $x$  по верхній твірній її серединній поверхні (рис. 1, а), вісь  $y$  – по дотичній до її напрямної, вісь  $z$  ( $n$ ) – нормально до осі  $y$ , приймаючи напрям останньої додатним до центра кривини (рис. 1, б). Нехай  $u, v, w$  – переміщення точки цієї поверхні вздовж цих осей, а  $\xi = x/R$  і  $\varphi = y/R$  – введені безрозмірні координати. Нижній частині обичайки (оболонка 1) відповідає область поперечного перерізу з площею  $F_1 (-\varphi_d \leq \varphi \leq \varphi_d)$ , а верхній (оболонка 2) – з площею  $F_2 (\varphi_d \leq \varphi \leq 2\pi - \varphi_d)$ , де  $\varphi_d$  – половина кута охоплення обичайки  $s$ -тою опорою.

Нехай матеріал нижньої частини має модуль пружності  $E_1$  і коефіцієнт лінійного температурного розширення  $\alpha_{t1}$ , а верхньої –  $E_2$  і  $\alpha_{t2}$ . Якщо  $\alpha_{t1} > \alpha_{t2}$ , то верх корпусу автоклава нагріватиметься сильніше, що повинно ліквідувати його згин опуклістю догори.

Потрібні для розрахунку параметрів НДС обичайки реакції опор визначалися у балочному варіанті, який відповідає найбільш поширеним автоклавам з радіусом обичайки  $R=1$  м і завдовжки  $L$  від 16,5 до 40,4 м.

Розглянемо балку-оболонку на  $s$  пружно податливих опорах жорсткістю  $c_s$  під дією рівномірно розподіленого навантаження інтенсивністю  $q_Z = q_G + q_B$ , торцевих зосереджених сил  $G_0$  і  $G_S$ , що відповідають сумарній вазі байонетних затворів і кришок корпусу, реакцій опор односторонньої дії  $R_s$  (рис. 2), а також температурного поля  $T$ , що задовольняє такі умови:

$$T(X, Y, Z) = T(X, -Y, Z); \quad \int T dF = 0,$$

де площа  $F = F_1 + F_2$ .

Вважаючи реакції лінійно залежними від прогину балки  $\omega(X)$  у площині  $XOZ$ :

$$R_s = c_s \omega_s \quad \text{при } \omega_s > 0; \quad R_s = 0 \quad \text{при } \omega_s \leq 0,$$

рівняння її рівноваги подамо у такому вигляді:

$$(E_1 I_1 + E_2 I_2) \frac{d^4 \omega}{dX^4} = q_Z + \alpha_{t1} E_1 \frac{d^2 I_{T1}}{dX^2} + \alpha_{t2} E_2 \frac{d^2 I_{T2}}{dX^2} - \sum_{s=2}^{s-1} c_s \delta(X - X_s) \cdot \max\{0, \omega_s\}, \quad (1)$$

де

$$I_1 = \int_{F_1} z^2 dF_1; \quad I_2 = \int_{F_2} z^2 dF_2; \quad I_{T1} = \int_{F_1} Tz dF_1; \quad I_{T2} = \int_{F_2} Tz dF_2;$$

$\delta$  – символ Кронекера.

Оскільки згинальний момент  $M$  у перерізах, де розташовані крайні опори,

$$M_1 = -G_0 l_0 - \frac{q_Z l_0^2}{2}; \quad M_s = -G_s l_s - \frac{q_Z l_s^2}{2},$$

то, відповідно до граничних умов вільного спирання, для крайніх опор маємо:

$$\text{при } X_s = 0: \quad \omega_s = \omega_1; \quad -(E_1 I_1 + E_2 I_2) \frac{d^2 \omega_s}{dX^2} = M_1; \quad (2)$$

$$\text{при } X_s = X_S: \quad \omega_s = \omega_S; \quad -(E_1 I_1 + E_2 I_2) \frac{d^2 \omega_s}{dX^2} = M_S. \quad (3)$$

Наявність функції  $\max$  у рівнянні (1) викликана тим, що реакція  $R_s$  виникає тоді, коли  $\omega_s > 0$  (інакше  $s$ -та опора не буде активною), а підсумовування в ньому проводиться тільки за внутрішніми опорами (крайні опори – завжди активні).

Розв'язок рівняння (1) шукатимемо у вигляді ряду

$$\omega = \omega_0 + \omega_{T1} + \omega_{T2} + \sum_{m=1}^{\infty} \omega_m \sin m_L^* X, \quad \left( m_L^* = \frac{m\pi}{L_0} \right)$$

де  $\omega_0$  – функція прогину, що задовольняє граничні умови (2), (3). Тут

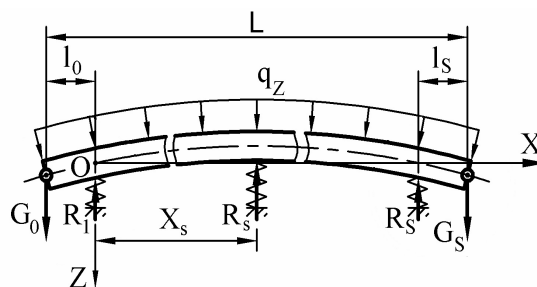


Рис. 2. Схема навантаження обичайки у балочному варіанті

$$\omega_{T1} = \frac{\alpha_{t1}}{I_1} \int_0^X \left( \int_0^X I_{T1} dX - \frac{X}{L_0} \int_0^{L_0} I_{T1} dX \right) dX;$$

$$\omega_{T2} = \frac{\alpha_{t2}}{I_2} \int_0^X \left( \int_0^X I_{T2} dX - \frac{X}{L_0} \int_0^{L_0} I_{T2} dX \right) dX.$$

Використовуючи розклад у ряд Фур'є для доданків, залежних від навантажень,

$$\omega_q(X) = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{q_m}{(mL)^4} \sin mLX; \quad q_m = \frac{2q_z}{m\pi} [1 - (-1)^m],$$

кінцево отримаємо

$$\omega(X) = \omega_0(X) + \frac{1}{E_1 I_1 + E_2 I_2} \cdot \left[ \omega_q(X) - \frac{2}{L_0} \sum_{s=2}^{S-1} c_s \omega_{s,m}(X) \cdot \max\{0, \omega_s\} \right], \quad (4)$$

$$\text{де } \omega_{s,m}(X) = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\sin m^* L_s X_s \cdot \sin m^* L X}{(m^*)^4}.$$

Вирази (4), записані для кожної проміжної опори, після подання у їхніх лівих частинах прогинів через реакції і жорсткості ( $\omega_s = R_s/c_s$ ), складуть разом з моментними рівняннями рівноваги балки систему розв'язувальних рівнянь для реакцій усіх опор:

$$R_1(L_0 + l_s) + \sum_{s=2}^{S-2} R_s(L_0 + l_s - X_s) + R_S l_s = G_0 L + \frac{q_z L^2}{2};$$

$$R_1 l_0 + \sum_{s=2}^{S-2} R_s(l_0 + X_s) + R_S(L_0 + l_0) = G_S L + \frac{q_z L^2}{2},$$

Якщо після розв'язання останньої отримаємо для якоїсь опори  $R_s < 0$ , що відповідає її відриву від корпуса, слід провести аналогічний розрахунок, виключивши цю опору.

Проведені за цим алгоритмом для автоклава АП12-2-17 при коефіцієнті  $\alpha_{t2} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$  і модулі  $E_2 = 2,05 \cdot 10^5 \text{ МПа}$  (сталь 15К) для фіксованого модуля  $E_j = 1,95 \cdot 10^5 \text{ МПа}$  при зміні коефіцієнта  $\alpha_{t1}$  від  $1,8 \cdot 10^{-5}$  до  $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$  ( $2\varphi_d = 60^\circ$ ) розрахунки показали, що при деякому значенні  $\alpha_{t1} = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$  вдається практично повністю зрівняти реакції опор у «холодному» і «гарячому» режимах. Що стосується оптимального значення коефіцієнта  $\alpha_{t1}$ , то воно залежить не лише від модуля  $E_1$ , але і від кута охоплення  $2\varphi_d$ .

Фіксуючи характеристики верхньої частини обичайки ( $\alpha_{t2}, E_2$ ), можна знайти залежності  $\alpha_{t1}(E_1)$ ,  $\alpha_{t1}(\varphi_d)$ , розв'язуючи відомими методами серію наступних задач оптимізації без обмежень з однією змінною  $\alpha_{t1}$ :

$$\sum_{s=1}^S [R_s^{(T)} - R_s^{(0)}]^2 \rightarrow \min_{\alpha_{t1}(\varphi_d), \alpha_{t1}(E_1)},$$

де  $R_s^{(T)}$  і  $R_s^{(0)}$  – реакції опор, відповідно, у «гарячому» і «холодному» режимах.

Було виконано відповідні розрахунки щодо відмічених залежностей і побудовано їхні графіки при такому законі зміни температури

$$T(\varphi) = \sum_{n=0}^{N=10} t_n \cos n\varphi,$$

коли вона для нижньої частини обичайки складала  $155^\circ\text{C}$ , а для верхньої –  $175^\circ\text{C}$  (температурний перепад  $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ ). При збільшенні цього перепаду ( $\Delta T = 190 - 145 = 45^\circ\text{C}$ ) графіки залежності  $\alpha_{t1}(\varphi_d)$ , як і графіки залежності  $\alpha_{t1}(E_1)$ , відповідають області значень коефіцієнтів  $\alpha_{t1}$ , які є нерелевними для конструкційних сталей, що використовуються для корпусів автоклавів.

Виконані дослідження визначають алгоритм двох наступних варіантів проектування нижньої частини обичайки: для певного матеріалу ( $\alpha_{t1}, E_1$ ) можна вибрати кут охоплення  $2\varphi_d$  за графіками, поданими на рис. 3, а, б; для певного кута охоплення  $2\varphi_d$  можна підібрати матеріал з характеристиками  $\alpha_{t1}, E_1$ , що визначаються заштрихованою зоною (рис. 3, в) поблизу значення цього кута.

При дослідженні температурних напружень використовуватимемо оболонковий варіант (рис. 1, а) з координатою  $\xi_L = L_0/R$ , коли  $0 \leq \xi \leq \xi_L$ . Відповідно до методу С.П.Тимошенка, переміщення точок серединної поверхні

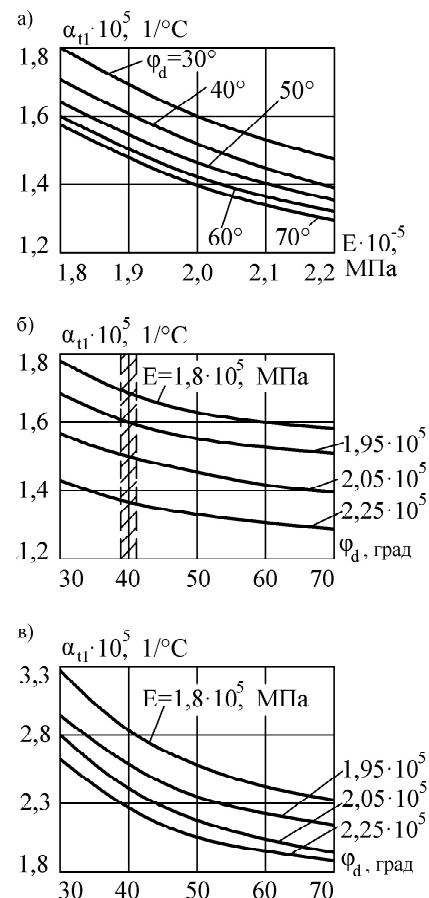


Рис. 3. Графіки, що визначають методику проектування нижньої частини комбінованої обичайки

нижньої і верхньої частин обичайки подаються через основні функції  $\Psi^{(j)}$  так:

$$u^{(j)} = \mu_j \frac{\partial^3 \Psi^{(j)}}{\partial \xi^3} - \frac{\partial^3 \Psi^{(j)}}{\partial \xi \partial \varphi^2};$$

$$v^{(j)} = (2 + \mu_j) \frac{\partial^3 \Psi^{(j)}}{\partial \xi^2 \partial \varphi} + \frac{\partial^3 \Psi^{(j)}}{\partial \varphi^3};$$

$$w^{(j)} = \nabla^2 \nabla^2 \Psi^{(j)}. \quad (j=1, 2)$$

Тоді рівняння рівноваги у переміщеннях зводяться до розв'язувальних рівнянь відносно цих функцій:

$$\nabla^2 \nabla^2 \nabla^2 \Psi^{(j)} + 4b_j^4 \cdot \frac{\partial^4 \Psi^{(j)}}{\partial \xi^4} = \frac{R^4}{D_j} \cdot q_n^{(j)}, \quad (5)$$

де  $4b_j^4 = \frac{12R^2(1-\mu_j^2)}{h_j^2}; \quad D_j = \frac{E_j h_j^3}{12(1-\mu_j^2)};$

$\nabla^2 w^{(j)} = \frac{\partial^2 w^{(j)}}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 w^{(j)}}{\partial \varphi^2}$  — оператори Лапласа;  $q_n^{(j)}$  — проекції інтенсивностей діючих навантажень на нормаль  $n$ ;  $\mu_j$  — коефіцієнти Пуасона.

Для вільно спертих на торцях оболонок використання рядів

$$\Psi^{(j)}(\xi, \varphi) = \sum_{m=1}^{\infty} \Psi_m^{(j)}(\varphi) \cdot \sin m_L \xi; \quad m_L = m\pi / \xi_L;$$

$$q_n^{(j)}(\xi, \varphi) = \sum_{m=1}^{\infty} q_{n,m}^{(j)}(\varphi) \sin m_L \xi$$

дає можливість з рівняння (5) отримати звичайні диференціальні рівняння:

$$\left( \frac{d^2}{d\varphi^2} - m_L^2 \right)^4 \Psi_m^{(j)} + 4b_j^4 m_L^4 \Psi_m^{(j)} = \frac{R^4}{D_j} \cdot q_{n,m}^{(j)}, \quad (6)$$

де  $\Psi_m^{(j)}(\varphi) = \Psi_m^{(j,0)}(\varphi) + \Psi_m^{(j,p)}(\varphi)$ . Тут  $\Psi_m^{(j,0)}$  — загальні розв'язки відповідних однорідних рівнянь;  $\Psi_m^{(j,p)}$  — часткові розв'язки неоднорідних рівнянь (6).

Загальні розв'язки подамо лінійними комбінаціями восьми фундаментальних функцій  $\psi_i^{(j)}$  зі сталими коефіцієнтами  $C_i^{(j)}$ :

$$\Psi_m^{(j,0)}(\varphi) = \sum_{i=1}^8 C_i^{(j)} \cdot \psi_{im}^{(j)}(\varphi),$$

які мають такий вигляд:

$$\psi_{1m}^{(j)} = \text{ch } \alpha_{1m}^{(j)} \varphi \cdot \cos \beta_{1m}^{(j)} \varphi; \quad \psi_{5m}^{(j)} = \text{ch } \alpha_{2m}^{(j)} \varphi \cdot \cos \beta_{2m}^{(j)} \varphi;$$

$$\psi_{2m}^{(j)} = \text{ch } \alpha_{1m}^{(j)} \varphi \cdot \sin \beta_{1m}^{(j)} \varphi; \quad \psi_{6m}^{(j)} = \text{ch } \alpha_{2m}^{(j)} \varphi \cdot \sin \beta_{2m}^{(j)} \varphi;$$

$$\psi_{3m}^{(j)} = \text{sh } \alpha_{1m}^{(j)} \varphi \cdot \cos \beta_{1m}^{(j)} \varphi; \quad \psi_{7m}^{(j)} = \text{sh } \alpha_{2m}^{(j)} \varphi \cdot \cos \beta_{2m}^{(j)} \varphi;$$

$$\psi_{4m}^{(j)} = \text{sh } \alpha_{1m}^{(j)} \varphi \cdot \sin \beta_{1m}^{(j)} \varphi; \quad \psi_{8m}^{(j)} = \text{sh } \alpha_{2m}^{(j)} \varphi \cdot \sin \beta_{2m}^{(j)} \varphi.$$

Тут

$$[\alpha_{1m}^{(j)}]^2 = [(m_L^2 + b_j m_L) + \sqrt{(m_L^2 + b_j m_L)^2 + b_j^2 m_L^2}] / 2;$$

$$[\beta_{1m}^{(j)}]^2 = [-(m_L^2 + b_j m_L) + \sqrt{(m_L^2 + b_j m_L)^2 + b_j^2 m_L^2}] / 2;$$

$$[\alpha_{2m}^{(j)}]^2 = [(m_L^2 - b_j m_L) + \sqrt{(m_L^2 - b_j m_L)^2 + b_j^2 m_L^2}] / 2;$$

$$[\beta_{2m}^{(j)}]^2 = [-(m_L^2 - b_j m_L) + \sqrt{(m_L^2 - b_j m_L)^2 + b_j^2 m_L^2}] / 2.$$

Часткові розв'язки при діючих навантаженнях подамо, використовуючи ряди

$$\Psi_m^{(j,p)}(\varphi) = \sum_{k=0}^{\infty} \psi_{mk}^{(j)} \cdot \cos k_{dj}(\varphi \pm \varphi_d),$$

де

$$\psi_{mk}^{(j)} = \frac{R^4}{D_j} \cdot \frac{q_{n,mk}^{(j)}}{(m_L^2 + k_{dj}^2)^4 + 4b_j^4 m_L^4},$$

причому  $k_{dj} = k\pi / \varphi_{dj}$  ( $\varphi_{d1} = \varphi_d$  і  $\varphi_{d2} = \pi - \varphi_d$ ).

Коефіцієнти розкладу в ряди  $q_{n,m0}^{(j)}$  і  $q_{n,mk}^{(j)}$  нормальних проекцій інтенсивностей навантажень на оболонки є такими:

$$q_{n,m0}^{(j)} = \frac{4}{m_L \xi_L} \left\{ \sin^2 \frac{m\pi}{2} \left[ p \pm q_G \frac{\sin \varphi_{dj}}{\varphi_{dj}} + \alpha_{tj} E_j \left( t_0 \pm \sum_{n=1}^{\infty} t_n \frac{\sin n\varphi_d}{n\varphi_{dj}} \right) \right] + \frac{2-j}{\varphi_{dj}} \cdot \left( q_B \frac{\varphi_{b2} - \varphi_{b1}}{2} \sin^2 \frac{m\pi}{2} - \varphi_d \sin \frac{m_L a}{2} \sum_{s=1}^S q_{R_s} \sin m_L \xi_s \right) \right\};$$

$$q_{n,mk}^{(j)} = -\frac{8}{m_L \xi_L} \left\{ \sin^2 \frac{m\pi}{2} \left[ \pm q_G \frac{\sin \varphi_{dj}}{\varphi_{dj}} \frac{1}{k_{dj}^2 - 1} \pm \alpha_{tj} E_j \pm \alpha_{tj} E_j \sum_{n=1}^{\infty} t_n \frac{\sin n\varphi_d}{n\varphi_{dj}} \frac{n^2}{n^2 - k_{dj}^2} \right] + \frac{2-j}{\varphi_{dj}} \cdot \frac{(-1)^{k+1}}{k_{dj}} \cdot \left( q_B \cos \frac{k_{dj}(\varphi_{b2} + \varphi_{b1})}{2} \sin \frac{k_{dj}(\varphi_{b2} - \varphi_{b1})}{2} \sin^2 \frac{m\pi}{2} - \varphi_d \sin k_{dj} \varphi_d \sin \frac{m_L a}{2} \sum_{s=1}^S q_{R_s} \sin m_L \xi_s \right) \right\},$$

де  $\xi_s$  — координати сідлових опор;  $a$  — ширина опор;  $\varphi_{b1}, \varphi_{b2}$  — кутові координати підрезових підкладок, а

$$\text{інтенсивність } q_{R_s} = \frac{R_s}{2\varphi_d R a}.$$

Для верхньої оболонки ( $j=2$ ) слід приймати знак «+», а для нижньої ( $j=1$ ) — знак «-».

Сталі  $C_i^{(j)}$  ( $i=1..8; j=1,2$ ), що підлягають визначенню, яких є 16, знаходять з умов поєднання параметрів НДС на краях оболонок 1 і 2 при  $\varphi = \varphi_d$ . У якості останніх

можна використовувати переміщення  $u^{(j)}$ ,  $v^{(j)}$ ,  $w^{(j)}$ , кут повороту нормалі до серединної поверхні оболонок  $\vartheta^{(j)}$ , а також такі загальноприйняті для оболонок внутрішні силові фактори, як колові мембранні зусилля  $T_2^{(j)}$  і  $S_2^{(j)}$ , згинальний момент  $M_2^{(j)}$  і перерізувальна сила  $Q_2^{(j)}$ . Виражаючи ці параметри через основні функції  $\Psi^{(j)}(\varphi)$ , можна отримати 8 рівнянь відносно сталих  $C_i^{(j)}$ , до яких слід додати 8 очевидних залежностей, що відбивають умови періодичності за кутовою координатою  $\varphi$ .

Після знаходження сталих  $C_i^{(j)}$  і, як наслідок, основних функцій  $\Psi^{(j)}$ , можна отримати вирази для переміщень  $u^{(j)}$ ,  $v^{(j)}$ ,  $w^{(j)}$ . Останні повністю визначають усі внутрішні силові фактори і напруження за загально-відомими формулами [2].

Згідно з цим алгоритмом був виконаний розрахунок температурних напружень у середньому перерізі обичайки автоклава АП 12-2x17 при значенні коефіцієнта  $\alpha_{12} = 1,2 \cdot 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$  для декількох значень коефіцієнта  $\alpha_{i1}$  за умови  $\alpha_{i1} > \alpha_{i2}$ . Було встановлено збільшення напружень по усьому перерізу, а в місці з'єднання верхньої і нижньої частин обичайки спостерігався різкий перехід від розтягуючих колових напружень до стискаючих.

**Висновки.** 1. Для мінімізації термомеханічного згину корпусу автоклава догори, що спостерігається в робочому режимі і призводить до небажаного відриву від проміжних і перевантаженню крайніх опор, рекомендовано виготовляти нижню частину обичайки корпусу з матеріалу, що має коефіцієнт лінійного температурного розширення більший, ніж у матеріалу верхньої частини.

2. Для такого випадку рекомендовані два варіанти проєктування нижньої частини обичайки.

3. Встановлено, що розвантаження крайніх опор при цьому супроводжується небажаним збільшенням напружень у середньому перерізі обичайки як за рахунок температурних напружень, так і за рахунок напружень від реакцій середніх опор, що збільшуються.

## Література

1. *Перепелкин Л.Н.* К вопросу о температурных напряжениях, возникающих в автоклавах строительной индустрии от температурных неравномерностей по высоте сечения / Л.Н. Перепелкин // Тр. ВНИИСтроммаша – Гатчина, 1981. Вып. 22.–с.111–122.

2. *Новожилов, В.В.* Линейная теория тонких оболочек / В.В. Новожилов, К.Ф. Черных, Е.И. Михайловский – Л.: Политехника, 1991.– 656 с.

Отримана 20.05.11

*Vad. Bilous, A. Kozhuhar, Vol. Bilous*

**Features of calculation of the combined shell of high-pressure apparatuses**

*Odesa National Technical University, Odesa*

*The thermomechanical mode of behaviour of the cage of an autoclave of the building industry leads to its undesirable tear from intermediate and overload of extreme legs in this connection it is recommended to fabricate lower underrail's part of its shell of a material with heightened factor of linear temperature spreading. The problem by definition of responses of legs dared in beam-type's variant, and by definition of temperature voltages - in membranate. The increase both temperature voltages, and voltages from augmented responses of average legs is fixed. There are made recommendations about projection of the heel of a shell of the cage of an autoclave.*

---

## Інформація

12-та Міжнародна науково-практична конференція  
**СПОРІДНЕНІ РЕНОВАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ: ОБЛАДНАННЯ, МАТЕРІАЛИ, ТЕХНОЛОГІЇ**  
24 – 28 вересня 2012 р., м. Ялта, Крим, Україна

### Тематика конференції:

Побудова національних систем технічного регулювання в умовах членства у ВТО і ЄС.

Процесно-орієнтовані інтегровані системи керування: теорія і практика.

Стандартизація, сертифікація, управління якістю у промисловості, електроенергетиці, сільському господарстві і сфері послуг.

Впровадження стандартів ДСТУ 9001:2009 у вищих навчальних закладах, медичних закладах і органах державної служби.

Метрологічне забезпечення і контроль якості продукції у промисловості, електроенергетиці, сільському господарстві і сфері послуг.

Забезпечення якості і конкурентоспроможності продукції (послуг) на внутрішньому і зовнішньому ринках.

Впровадження інформаційних технологій у процеси адаптації, сертифікації та управління якістю.

Проблеми гармонізації законодавчої і нормативно-технічної документації.

### Адреса організаторів:

АТМ України,

04074, м. Київ, вул. Автозаводська, 2.

Тел. /Факс: +38-044-430-85-00

E-mail: [atmu@ism.kiev.ua](mailto:atmu@ism.kiev.ua), [kopeykina@voliacable.com](mailto:kopeykina@voliacable.com), [atmu@meta.ua](mailto:atmu@meta.ua)