

ПРО РЕЗЕРВУАРИ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ГАЗУ  
ВИСОКОГО ТИСНЕННЯ

В. И. ЗАЯРНИЙ

Взагалі кажучи, будівництво тонкостінних посудин для високих тиснень дуже обмежено в зв'язку з низькою граничною тривкістю матеріалів. Нижче автор знаходить конструктивні рішення, при яких можливо і в тонкостінних посудинах зберігати речовини під більш високим тисненням, ніж це допускається в посудинах звичайної конструкції.

Покажемо, як можна тонкостінну посудину застосувати для зберігання газу або рідини під високим тисненням.

Для цього припустимо, що маємо « $n$ » резервуарів кулевої форми з такими характеристиками:

- 1) Товщина стінки кожного резервуара дорівнює « $\delta$ ».
- 2) Величина резервуарів різна і змінюється відповідно заданим величинам радіусів:  $r_1; r_2; \dots r_n$ . Де  $r_1$  — радіус самого великого,  $r_n$  — самого малого резервуара.
- 3) Допускне напруження для матеріала стінок резервуарів позначимо через « $[\sigma]$ ».

Враховуючи задані умови в пунктах 1, 2, 3 та скористувавшись вже відомим рішенням, одержимо допускний тиск для  $i$ -го резервуара « $q_{g_i}$ »

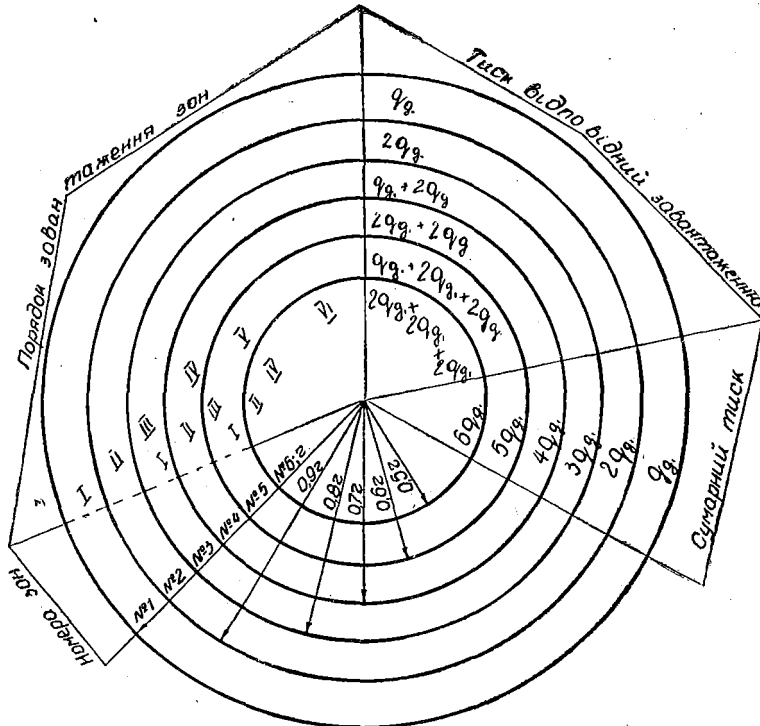
$$q_{g_i} = \frac{2\delta [\sigma]}{r_1} \cdot \frac{r_1}{r_i}. \quad (1)$$

Помістимо всі резервуари один в другий в залежності від величини радіуса так, щоб зовнішньою оболонкою був резервуар № 1, і почнемо завантажувати у слідуючому порядку.

Спочатку даємо газ або рідину під тисненням « $q_{g_i}$ » в резервуари №№ 1, 3, 5. Тоді в одних оболонках резервуарів виникне розтяг, а в інших — стиск. Розтяг виникне в оболонках №№ 1, 3, 5, а стиск — в оболонках №№ 2, 4, 6. При цьому напруження досягне допускного тільки в оболонці № 1, в останніх оболонках напруження будуть менше допускних. Потім завантажимо газом під тиском  $2q_{g_i}$  резервуари №№ 2, 4, 6. При цій умові розтяг виникне в оболонках №№ 2, 4, 6, а стиск буде в оболонках № 3 та № 5. Напруження в оболонках №№ 2, 3, 4, 5 та 6 будуть нижчі допускних, так як тиснення на відповідну оболонку буде менше допускного.

Діючи аналогічно, четвертому завантаженню піддамо зони № 4 та № 6 навантаженням  $4q_{g_1}$ , п'ятому завантаженню — зону № 5 сумарним навантаженням  $5q_{g_1}$ , шостому завантаженню навантаженням  $2q_{g_1}$  піддамо зону № 6, сумарне навантаження буде рівне  $2q_{g_1} + 2q_{g_1} + 2q_{g_1} = 6q_{g_1}$ .

Вищенаведений спосіб завантаження наочно показано на мал. 1.



Мал. 1.

На мал. 1 римськими цифрами позначено порядок завантаження зон резервуара. У відповідній зоні також записані тиснення, відповідаючі даному порядку завантаження, крім того, в кожній зоні записано також і сумарний тиск.

Для випадку суміщених посудин розрахунковий допускний тиск « $q_{g_n}^p$ », який приходить на ен-ну оболонку (викликаючий розтягує в ен-ній оболонці напруження) може бути знайдено по формулі (2)

$$q_{g_i}^p = q_{g_i} \frac{r_1}{r_1 - \sum_1^{n-1} a_i} \quad (2)$$

де  $q_{g_i} = \frac{2\delta[\sigma]}{r_1}$  є допускний тиск в першій зоні.

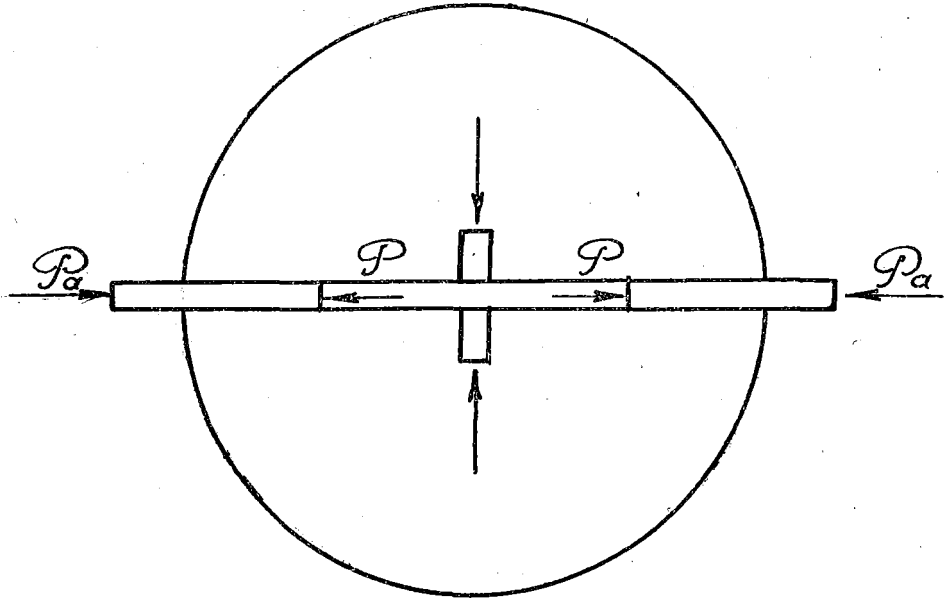
Поверхність металу, необхідного для всіх оболонок, може бути підраховано по формулі (3)

$$F = 4\pi \sum_1^n r_i^2 + \Pi_n \quad (3)$$

де  $\Pi_n$  — поправка, яка враховує витрату металу на шви.

Повний допускний тиск газу внутрі ен-ної зони, якщо задані віддалі між оболонками « $a_i$ », визначається по формулі (4).

$$q_{g_n} = q_{g_1} \left( 1 + \frac{r_1}{r_1 - a_1} + \frac{r_1}{r_1 - \sum_1^2 a_i} + \dots + \frac{r_1}{r_1 - \sum_1^{n-1} a_i} \right). \quad (4)$$



Мал. 2.

Віддаль між оболонками « $a_i$ » — може бути прийнята постійною, якщо вона вибирається із конструктивних міркувань, або змінною, якщо вона задається за умовами рівності геометричних обсягів між двома суміжними оболонками. Формула (5).

$$\Delta V_{n-1} = \frac{4}{3} \bar{n} [3 \cdot r_{n-1} a_{n-1} (r_{n-1} - a_{n-1}) + a_{n-1}^3]. \quad (5)$$

Звідси, знаючи  $\Delta V_i$  геометричний обсяг, легко обчислити « $a_i$ » віддаль між будь-якими двома оболонками.

З формули (4) видно, що чим менше відношення  $\frac{r_1}{r_i}$ , тим більший обсяг вільно використовуваного газу. Чим більше відношення  $\frac{r_1}{r_i}$ , тим більший повний допускний тиск при однакових радіусах зовнішньої та ен-ної оболонок.

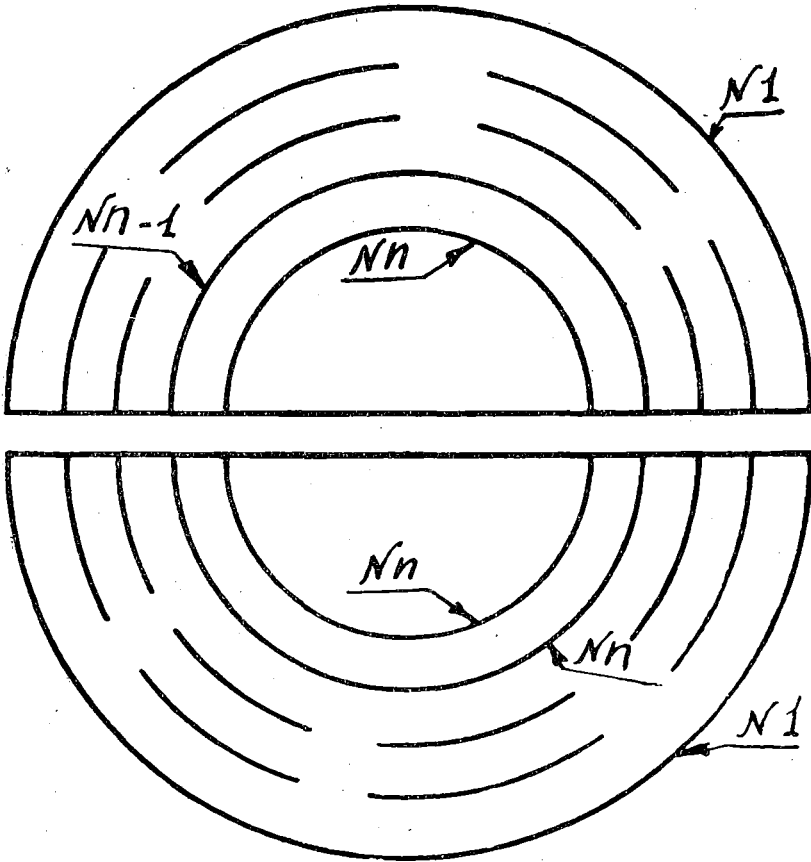
Ці обставини слід враховувати при виборі відстані між оболонками.

Враховуючи вказані обставини, для граничного збільшення обсягу вільно використовуваного газу, слід зменшити віддалі між оболонками « $a_i$ » і одночасно збільшити радіус « $r_n$ » ен-ної внутрішньої оболонки до можливої, по конструктивних міркуваннях, межі.

Значні конструктивні утруднення можуть зустрітися при проектуванні виходних кранів, так як різниця тисків атмосферного та вну-

трішнього утворює значну скупчену силу, небезпечну для тонких оболонок.

Вказані конструктивні утруднення можуть бути усунені тим, що випускна труба буде пропущена наскрізь. Внутрі труби в межах кожної зони утворюються дві рівні — протилежні і перпендикулярні до радіуса зони — площинки тиснення, як це показано на мал. 2.



Мал. 3.

Внутрішній тиск позначено через « $P$ », атмосферний тиск через « $P_a$ ». З мал. 2 очевидно, що внутрішній тиск « $P$ » зрівноважується внутрішніми силами пружності, виникаючими в поперечному перерозі труби.

Особливих труднощів при виготовленні конструкції газгольдера по типу суміщених посудин, чекати не слід, якщо, підготувавши спочатку верхні та нижні півкулі, виконувати зборку конструкції у порядку, показаному на мал. 3.

На мал. 3 показана схема зборки резервуара, при якій спочатку збираються нижні півкулі в порядку 1, 2, 3 . . . , а потім до нижніх півкуль приєднуються верхні півкулі в порядку  $n$ ;  $n-1$ ; . . . 2, 1.

При зборці півкуль, в зв'язку з недостатньою жорсткістю, зрозуміло, змінять свою форму, що надзвичайно затруднить зборку двопарних півкуль. Автор розв'язує це питання таким способом. Зборка парних півкуль повинна відбуватися з допомогою жорстких поясів,

на яких виконані пристрої, що дозволяють у необхідних межах змінювати форму зварюваного контура.

Однією із значних переваг суміщених посудин, як вважає автор, є значно менша газопроникливість внутрішніх зон, в яких зберігається газ під високим тиском, порівнюючи з газопроникливістю одиної посудини з таким же тиском, у зв'язку з тим, що в першому випадку різниця тиску значно менша.

Автор передбачає три можливих варіанти «суміщених» резервуарів в залежності від їх призначення.

При першому варіанті, коли газ або рідина між оболонками має не тільки конструктивне призначення, але й з кожної зони, газ використовується для виробничих цілей. В цьому випадку краще прагнути до рівності обсягів вільно використовуваного газу, що зручно робити з допомогою графіків (подібних до складених автором), або до рівності геометричних обсягів. В обох випадках для кінцевого розрахунку (визначення віддалі між оболонками « $a_1$ ») рекомендується вживати формулу (5).

При проектуванні по рівності геометричних обсягів, корисні обсяги будуть визначатись для кожної зони зокрема з допомогою вищевказаних графіків.

Варіант другий, коли газ між оболонками має тільки конструктивне призначення (газ між оболонками з'являється конструктивним елементом оболонок). Основною задачею суміщеного резервуара є набування у внутрішній зоні деякого максимального тиску, не рахуючись з величиною корисного обсягу газу, як економічним фактором.

Варіант третій, що має, очевидно, поки що тільки теоретичне значення, при якому суміщені резервуари побудовані таким чином, щоб в зовнішніх суміжних оболонках були встановлені клапани зворотнього редуцирування, при цьому буде можливість значно збільшити обсяг вільно використовуваного газу у внутрішній зоні, де газ знаходиться під великим тиском.

При зниженні тиснення у внутрішній зоні за певну границю, тиск в суміжних зовнішніх зонах може стати небезпечним, якщо по мірі розвантаження внутрішньої зони не робити розвантаження суміжних зон; це і зробить можливим збільшити обсяг вільно використовуваного газу у внутрішній зоні.

Автор також припускає широке вживання суміщених посудин у хімічній апаратурі при дослідженні хімічних процесів під тисненням. В цьому випадку суміщені посудини можуть бути виготовлені з різних матеріалів, які задовольняють необхідним вимогам, у тому числі і вимогам безпеки.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Ridler A. *Hidraulisches Hochdruck Press und Prügeverfahren* Z. V. d. I. B. 45, s. 504/590 u. 621/626 1901.
2. Коган Е. М., К расчету составных оболочек, работающих по принципу Губера. Труды Московского института химического машиностроения, № 3, 1905 г.