



Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра біотехніки та інженерії



Державна атестаційна робота
на здобуття ступеня
бакалавра на тему:
*“Лінія водопідготовки
з розробкою
кожухотрубного теплообмінника”*

Виконав :
студент IV курсу,
гр. БІ-21
Сиротін О.В.
Керівник:
к.т.н., ас. Шибельський В.Ю.

АКТУАЛЬНІСТЬ

На сьогоднішній день для фармацевтичної, мікробіологічної та інших промисловостей необхідна вода, яка б відповідала ряду вимог, які необхідні для найкращого проходження виробничих процесів.

В даному дипломному проекті представлена установка для виробництва води очищеної з розробкою кожухотрубного теплообмінника. Вода очищена – це вода, що пройшла певну очистку і використовується для виробництва лікарських препаратів, мийних та мийно-дезінфікуючих засобів, для підготовки обладнання, інвентарю та приміщень і використовується як вихідна сировина при виробництві води для ін'єкцій.

ВИМОГИ ДО ВОДИ ОЧИЩЕНОЇ

Вода очищена — прозора, безбарвна рідина без смаку та запаху.

Воду питну отримують з води природних джерел шляхом очищення за допомогою методів, що містять коагуляцію, осадження й фільтрацію нерозчинних домішок та видалення патогенних мікроорганізмів шляхом аерації, хлорування або кип'ятіння.

Вода очищена має такі характеристики:

Температура кипіння $t_{\text{кип}}$ — 100 °С;

критичний тиск — 22,1 МПа (218,3 атм);

$t_{\text{крит}}$ — 374,2 °С;

діелектрична константа $D^{25}=78,54$;

дипольний момент — 1,76 (у бензені при 25 °С) та 1,86 (у діоксані при 25 °С);

константа іонізації — $1,008 \cdot 10^{-14}$ (25 °С);

показник заломлення — 1,3330;

питома вага — 0,9971 (25 °С);

поверхневий натяг — 71,97 мН/м (25 °С);

динамічна в'язкість — 0,89 МПа·с.

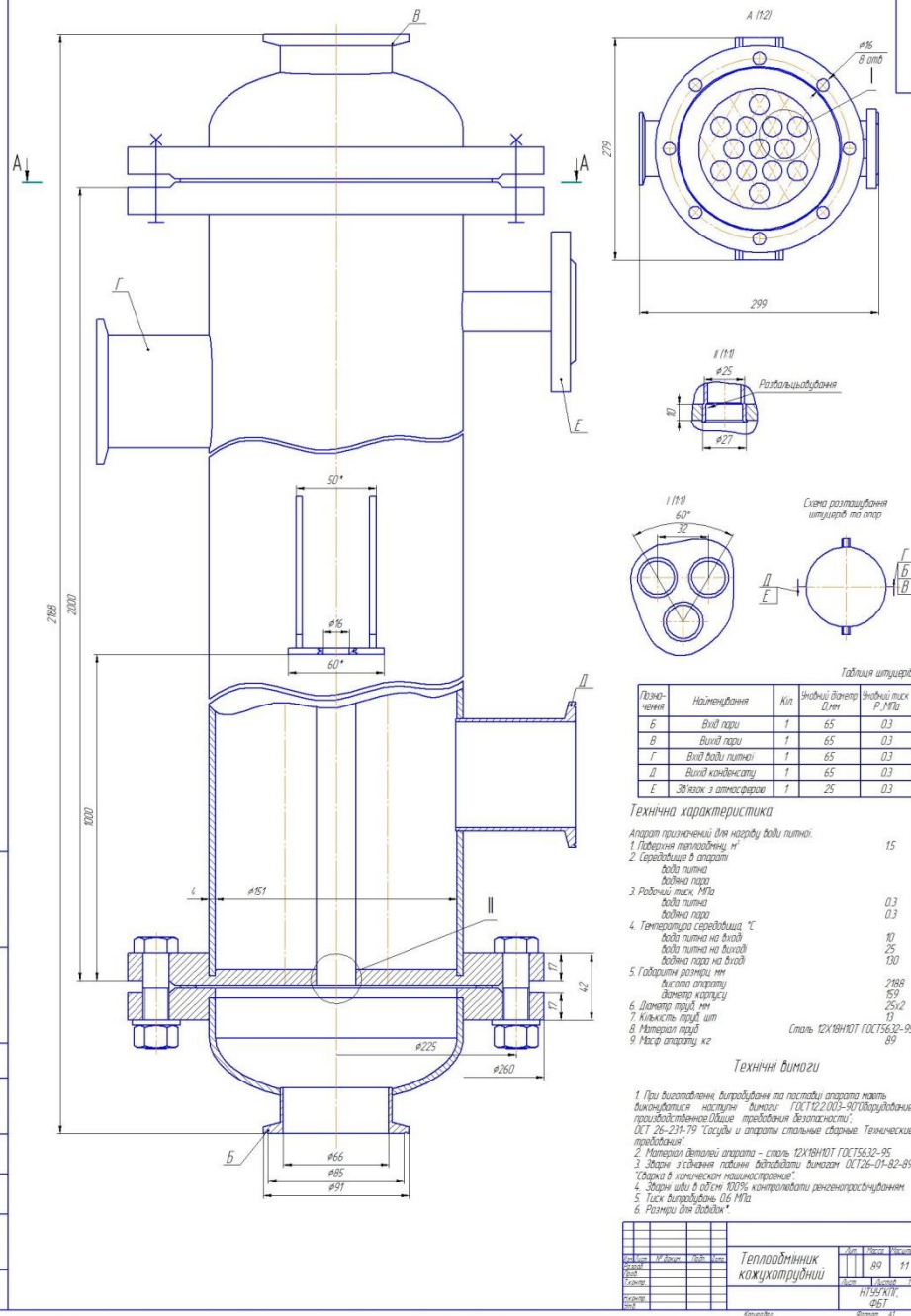


Рисунок 2. Теплообмінник кожухотрубний. Складальне креслення

РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ

Вихідні дані:

витрати води питної

$$G_2 = 5 \text{ кг/с};$$

початкова температура пари

$$t_{\text{н}} = 130 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

початкова температура води питної

$$t_{\text{н}} = 10 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

кінцева температура води питної

$$t_{\text{к}} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

коефіцієнт теплопровідності води питної

$$\lambda_2 = 60.85 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)};$$

питома теплоємність води питної

$$c_2 = 4185 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)};$$

густина води питної

$$\rho_2 = 997 \text{ кг/м}^3;$$

коефіцієнт динамічної в'язкості води питної

$$\mu_2 = 0.902 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с};$$

тиск пари

$$P_1 = 0.3 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

тиск води питної

$$P_2 = 0.3 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛООБМІННИКА

Теплове навантаження теплообмінника конденсату пари до стінки буде дорівнювати знаходять з рівняння теплових балансів. Якщо знехтувати втратами тепла в навколишнє середовище, то рівняння матиме вигляд:

$$Q = Q_1 = Q_2, (1)$$

де Q – кількість теплоти, яка була віддана парю, $Вт$;

Q_1 – кількість теплоти, передана воді, $Вт$.

Теплообмін протікає без зміни агрегатного стану теплоносія, тому:

$$Q = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_k - t_n) = 313875 \text{ Вт}.$$

Витрата пари розраховують з рівняння теплоносіїв дорівнює:

$$G_1 r_1 = G_2 c_2 (t_k - t_n) \Rightarrow G_1 = \frac{G_2 c_2 (t_k - t_n)}{r_1} = 0.14 \text{ кг/с}$$

Коефіцієнт тепловіддачі від

$$\alpha_2 = 3.78 \lambda \sqrt[3]{\frac{\rho_1^2 d_n n}{(\mu_1 \cdot G)}} = 7179 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до води питної буде дорівнювати

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \lambda_2}{d_B} = 2927 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Коефіцієнт теплопередачі для плоскої чистої поверхні буде дорівнювати:

$$K = \frac{1}{1/\alpha_1 + \delta_{ст}/\lambda_{ст} + 1/\alpha_2} = 1663 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Середня різниця температур

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 + \Delta t_m}{2} = 112.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Необхідна поверхня теплообміну:

$$F = \frac{Q}{K \Delta t_{cp}} = 1.7 \text{ м}^2$$

РОЗРАХУНОК РОЗМІРІВ ЕЛЕМЕНТІВ ДЕТАЛЕЙ

З каталогу обираємо стандартний одноходовий теплообмінник з наступними параметрами:

Поверхня теплообміну	$F = 1.5$
Діаметр корпусу апарата	$D_B = 159$
Розмір теплообмінних труб	$d_T \times s_T = 25 \times 2$
Довжина теплообмінних труб	$l = 2000$
Кількість теплообмінних труб	$n_T = 13$
Площа поперечного перерізу трубного простору	$f_T = 0.004$
Площа поперечного перерізу міжтрубного простору	$f_{MT} = 0.004$

Труби в решітці розташовуються по вершинах правильних трикутників з кроком $t = 32$ мм.

Розрахунок циліндричної обичайки

Товщина стінки циліндричної обичайки

$$s = 4 \text{ мм.}$$

Тиск зі сторони труб на трубну ґратку

$$Q_T^1 = 0.0036 \text{ МН}$$

Тиск зі сторони корпусу на трубну ґратку

$$Q_K^1 = 0.0033 \text{ МН}$$

Результуюча тиску прикладена до

$$\text{трубної ґратки } Q^1 = 0,0069 \text{ МН}$$

Напруження в корпусі $\sigma_K^1 = 1.65 \text{ МПа}$

Напруження в трубі $\sigma_T^1 = 1.92 \text{ МПа}$

Умова міцності корпусу $\sigma_K^1 \leq [\sigma]_K \Rightarrow$

$$1.65 \leq 140 \text{ МПа}$$

Умова міцності труби $\sigma_T^1 \leq [\sigma]_T \Rightarrow$

$$1.92 \leq 140 \text{ МПа}$$

Умови міцності виконуються, отже апарат буде нормально працювати при даних умовах.

Розрахунок еліптичного днища (кришки)

З каталогу обираємо стандартне днище з характеристиками:

Висота відбортовки $h = 25 \text{ мм}$

Повна висота днища $H = 65 \text{ мм}$

Товщина стінки $s = 4 \text{ мм}$

Об'єм кришки $V = 0.87 \text{ дм}^3$

Маса кришки $m = 1.2 \text{ кг}$

Умова міцності $\sigma_{11} + \sigma_{13} \leq [\sigma]$

Де $\sigma_{11} = 5.96$ - найбільше напруження в днищі, МПа

$\sigma_{13} = -0.3$ - найменше напруження в днищі, Мпа

$$5.96 - 0.3 \leq 140 \text{ Мпа}$$

Умова міцності виконується

Розрахунок з'єднання типу "clamp"

Для заданого апарату розраховуємо умовний діаметр і за ним обираємо з каталогу стандартне з'єднання типу "clamp" з такими характеристиками:

З'єднання Б,В,Г,Д

$$d = 70 \text{ мм}$$

$$D = 91 \text{ мм}$$

$$s = 2 \text{ мм}$$

$$L = 28.6 \text{ мм}$$

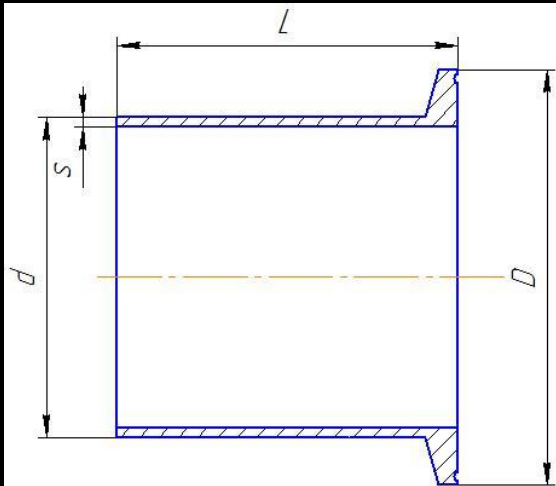


Рисунок 3. З'єднання типу "clamp"

Розрахунок фланцевого з'єднання

Для заданого апарату обираємо з каталогу плоский приварний фланець з наступними характеристиками:

$$D_{\phi} = 260 \text{ мм}$$

$$D_{\phi} = 225 \text{ мм}$$

$$D_1 = 202 \text{ мм}$$

$$D = 159 \text{ мм}$$

$$h_{\phi} = 20 \text{ мм}$$

$$d = 16 \text{ мм}$$

Кількість болтів 8 шт.

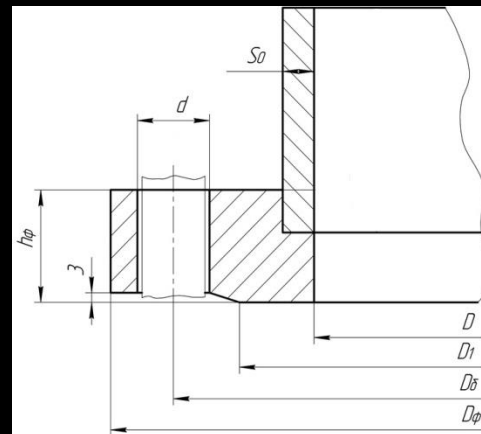


Рисунок 4. Фланцеве з'єднання

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті представлена лінія виробництва води очищена з розробкою кожухотрубного теплообмінника.

В проекті був розглянутий процес одержання води очищеної, а саме процес нагріву води питної, пом'якшення води у катіонітових фільтрах, дехлорування та механічної фільтрації на вугільних фільтрах та очищення води методом зворотного осмосу.

Були приведені параметричні, теплові розрахунки на міцність, які підтверджують працездатність та надійність установки.

Розроблений кожухотрубний теплообмінник відповідає вимогам стандартів і забезпечує нагрів води питної. Обраний кожухотрубний теплообмінник з вертикальними трубами, у порівнянні з іншими теплообмінними апаратами, такими як пластинчаті теплообмінники, змієвикові теплообмінники та теплообмінники типу «труба в трубі», має більш просту конструкцію та менші витрати матеріалу на виготовлення

Дякую за увагу!