



УДК 628.161.1:546.21.001.2

RESEARCH OF DEAERATION AND NUTRITIONAL INSTALLATION OPERATION IN ORDER TO DETERMINE ITS OPTIMAL AND MOST EFFICIENT OPERATING MODE**ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ДЕАЕРАЦІЙНО-ЖИВИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ З МЕТОЮ ВИЗНАЧЕННЯ ЇЇ ОПТИМАЛЬНОГО ТА НАЙБІЛЬШ ЕФЕКТИВНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ****Hlushchenko O.L. / Глущенко О.Л.***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-9230-9958

Rudenko K.O. / Руденко К.О.*bachelor's degree / бакалавр**Dniprovsk State Technical University, Kamianske, Dneprostroievskaja 2, 51918**Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське, Дніпробудівська 2, 51918*

Анотація. В роботі проводиться дослідження питання подовження терміну безаварійної та безперебійної експлуатації деаераційно-живильної установки. Надійний захист від корозії поверхонь нагріву і трубопроводів, які омиваються водою, досягається шляхом видалення з живильної води корозійно-агресивних газів. На практиці це краще всього забезпечується при термічній деаерації води. Термічна деаерація води є основним методом боротьби з кисневою і вуглекислою корозією. В роботі зроблені розрахунки, а саме: тепловий розрахунок деаераційної установки та розрахунок її на міцність. Отримані результати дають змогу визначити кількість кисню, яка повинна бути видалена при барботажі та товщини стінок і днища деаератора для забезпечення безпечної експлуатації деаераційно-живильної установки.

Ключові слова: деаераційна колонка, термічна деаерація, деаераційно-живильна установка, концентрація кисню, дисперсне виділення газів, дифузія, внутрішня корозія.

Вступ.

Термічна деаерація води є основним методом боротьби з внутрішньою корозією пароводяного тракту опалювально – виробничих котелень, а також трубопроводів і теплообмінного обладнання систем тепlopостачання. Термічна деаерація - це процес десорбції газу, при якій відбувається перехід розчиненого газу з рідини в пару, що перебуває з нею в контакті.

Відсутність глибокої деаерації води знижує надійність і економічність роботи обладнання теплових установок і веде до значного збільшення оксидів заліза у живильній і підживлювальній воді. Це призводить до відкладення вторинного накипу на поверхнях нагріву і підвищення кольоровості підживлювальної води теплових мереж. Широке застосування газу і мазуту, впровадження хімічного пом'якшення води за методами Na і H - Натіонування в промислово-опалювальних котельнях, включення пікових водогрійних котлів в схеми теплових мереж та застосування систем тепlopостачання з безпосереднім водорозбіром значно підвищили вимоги до якості води в частині видалення корозійно-агресивних газів, і в першу чергу кисню і вуглекислоти. Видалення цих газів здійснюється в спеціальних апаратах – термічних деаераторах, в яких відбувається одночасно підігрів потоків води до температури насичення, що відповідає тиску в апараті.



Постановка задачі.

Для запобігання корозії пароводяного тракту повинна бути забезпечена надійна деаерація живильної води, щоб залишковий зміст розчиненого кисню в живильній воді не перевищував 10 мкг/кг для котлів з тиском рівним і більшим 10,0 МПа [1, 2].

До останнього часу для деаерації живильної і підживлювальної води опалювально-виробничих котелень та теплових мереж застосовувалися одноступінчасті струменеві деаератори атмосферного тиску продуктивністю від 5 до 300 т/год, які не забезпечували якості деаерованої води, що вимагається за нормами. Застосування двосхідцевих деаераторів атмосферного типу (продуктивністю 5-300 т/год.) дозволяє значно підвищити надійність роботи теплового обладнання опалювально-виробничих котелень.

Застосування вакуумних деаераторів в схемах теплосилових установок дозволяє отримувати деаеровану воду з температурою 40 - 80 °С. При цьому вдається спростити теплові схеми енергетичних установок і отримати значний техніко-економічний ефект від використання низькопотенційних відборів турбін на ТЕЦ і зниження температури відхідних газів в опалювально-виробничих котелень.

В якості дослідної установки в даній роботі прийнята типова односхідцева деаераційна установка (рисунок 1).

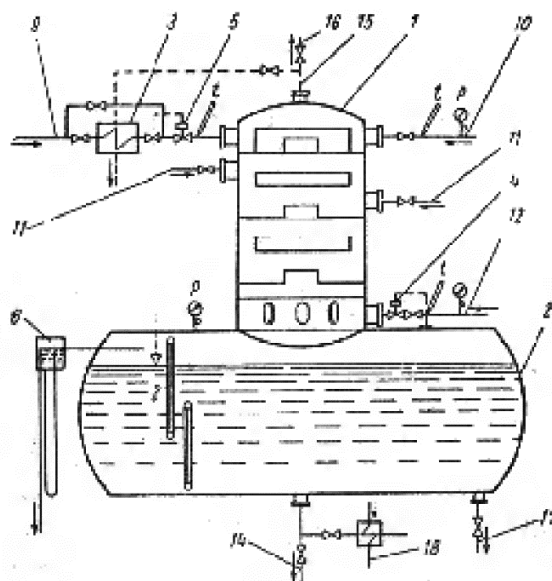


Рисунок 1 – Принципова схема односхідцевої деаераційної установки

1 – деаераційна колонка; 2 – бак-акумулятор; 3 - охолоджувач випару, 4 – регулятор тиску; 5 – регулятор рівня; 6 – гідравлічний затвор; 7 – регулятор переливу та сигналізатор рівня; 8 – вентиль з електромагнітним приводом; 9 – підведення хімічно пом'якшеної води; 10 – підведення конденсату; 11 – підведення «киплячого» конденсату; 12 – підведення пари, що гріє; 13 – підведення барботажної пари; 14 – відведення деаерованої води; 15 – відведення випару; 16 – вихлоп у атмосферу; 17 – дренаж установки; 18 – теплообмінник для охолодження проб води; 19 – обмежувальна діафрагма; t – вимірювання температури; p – вимірювання тиску; В – водомірне скло



Вона включає деаераційну колонку, розташовану в центрі бака-акумулятора. Подача пари здійснюється під колонку, яка служить для підігріву води до температури, близької до температури насичення, і дегазації води. В баку-акумуляторі за рахунок відстоювання відбувається видалення певної частини найдрібніших бульбашок.

Із довідкових даних відомо, що для забезпечення глибокої дегазації води як в односхідцевих, так і двосхідцевих деаераторах необхідно підігріти вихідні потоки води до температури насичення, яка відповідає тиску в паровому просторі бака [1-3].

Результати роботи.

Для визначення найбільш оптимального режиму роботи деаераційно-живильної установки треба провести її тепловий розрахунок, на підставі якого визначається число ступенів деаераційної колонки і їх висота.

Завданням повірного розрахунку деаератора є: визначення продуктивності — витрати деаерованої води G_d , т/г; витрати пари G_n , т/г; і нагрівів води по ступенях, що забезпечують отримання деаерованої води із змістом кисню не більше 0,05 мг/кг.

Таблиця 1 – Вихідні дані для теплового розрахунку деаератора

Назва величини	Одиниці виміру	Числове значення величини
1	2	3
1. Тиск в деаераторі, p	МПа	0,59
2. Температура насичення, t_n	°С	158,18
3. Ентальпія пари по насиченню, i''	кДж/кг	2755,4
4. Питомий об'єм сухої насиченої пари (по t_n), V_n	кг/м ³	0,32071
5. Ентальпія рідини по насиченню, i'	кДж/кг	667,65
6. Витрата основного конденсату, $D_{ок}$	кг/с	183,64
7. Ентальпія основного конденсату, $i_{ок}$	кДж/кг	642,24
8. Витрата дренажу з підігрівача високого тиску, що стоїть вище, $D_{ПВТ}$	кг/с	32,82
9. Ентальпія дренажа з підігрівача високого тиску, що стоїть вище, $i_{ПВТ}$	кДж/кг	829,6
10. Витрата живильної води, $D_{жв}$	кг/с	216,51
11. Ентальпія живильної води, $i_{жв} = i'$	кДж/кг	667,65
12. Витрата грючої пари з відбору турбіни, D_d	кг/с	0,865
13. Ентальпія грючої пари, i_d	кДж/кг	2978
14. Витрата пари із ущільнювачів штоків, $D_{шт}$	кг/с	0,63
15. Ентальпія свіжої пари, $i_{сн} = i_0$	кДж/кг	3474
16. Витрата пари з розширювача безперервної продувки, D''_{np}	кг/с	1,39
17. Ентальпія пари з розширювача, $i_{np} = i''$	кДж/кг	2756,13
18. Витрата пари на ежектор та ущільнення, $D_{ев}$	кг/с	2,835
19. Питома теплота пароутворення, r	кДж/кг	2088,48



Вихідні дані для розрахунку представлені у таблиці 1, а результати розрахунку – в таблицях 2 та 3, відповідно.

Таблиця 2 – Результати теплового розрахунку деаератора

Назва величини	Одиниці виміру	Числове значення величини
1	2	3
1. Сумарна витрата води, яка подається у водорозподільник, $D_{ок}$	кг/с	183,64
2. Температура води у водорозподільнику, t_{e1}	°C	152,27
3. Витрата насиченої пари у деаераторі нижче активної зони, D'_n	кг/с	5,74
4. Витрата води в деаераторі нижче активної зони, D_g	кг/с	29,97
5. Швидкість витікання води з отворів тарілки, w_g	м/с	0,961
6. Необхідна кількість отворів у тарілці, N	шт.	10701
7. Площа тарілки, що занята отворами, які розміщені у шаховому порядку з кроком $S = 0,0075$ м, F_{map}	м ²	0,301
8. Внутрішній діаметр розміщення отворів у тарілці, d_2	м	1,902
9. Площа живого перетину для проходу по внутрішній межі струминного відсіку при довжині струменів $l = 0,6$ м, F_2	м ²	1,194
10. Площа живого перетину для проходу по зовнішній межі струминного відсіку, F_1	м ²	1,256
11. Швидкість пари на вході до струминного відсіку, w_1	м/с	1,5
12. Швидкість пари на виході з струминного відсіку, w_2	м/с	0,7
13. Температурний підігрів води у струминному відсіку, t_{e2}	°C	157,87
14. Кількість пари, яка конденсується у струминному відсіку пари, $D_{конд}$	кг/с	4,41
15. Концентрація кисню в потоці води, що надходить на барботажну тарілку, C_2	мкг/кг	15,5
16. Загальна витрата води через барботажну тарілку, $D_{в.барб}$	кг/с	218,02
17. Висота шару води над порогом водозливу, h_g	м	0,17
18. Висота шару води на барботажній тарілці, h_0	м	0,27
19. Мінімумально припустима швидкість пари у отворах барботажної тарілки, $w_{мин}$	м/с	11,67
20. Живий перетин для проходу пари у барботажному листі, $F_{отв}$	м ²	0,0068
21. Необхідна кількість отворів при $d_0 = 0,005$ м, N	шт.	346
22. Висота парової подушки під барботажний листом, при коефіцієнті гідравлічного опору дірчастого барботажного листа $\zeta = 1,8$ і поверхневому натягу води $\sigma = 0,0454$ Н/м, h_{nn}		0,53



Продовження таблиці 2

1	2	3
23. Приведена швидкість пари при барботажі, W_n	м/с	0,072
24. Висота динамічного шару рідини на тарілці, $h_{дин}$	м	0,215
25. Кількість кисню, яка повинна бути видалена при барботажі, G_{O_2}	мкг/с	1199
26. Швидкість руху води на барботажному листі, $W_{жс}$	м/с	0,55
27. Коефіцієнт масопередачі на барботажній тарілці, k_{O_2}	кг/(м ² ·с)	24,98
28. Середньологарифмічний концентраційний напір, $\Delta C_{O_2}^{cp}$	мкг/кг	12,55
29. Необхідна площа барботажної тарілки, $F_{барб}$	м ²	3,824

Таблиця 3 – Результати розрахунку елементів деаератора на міцність

Назва величини	Одиниці виміру	Числове значення величини
1	2	3
1. Товщини стінки деаератора, S	м	0,0102
2. Мінімальна товщина стінки днища при $\varphi = 1, C = 0; S_0$	м	0,00693
3. Мінімальна розрахункова товщина стінки штуцера при $\varphi = 1, C = 0; S_{0ш}$	м	0,00021
4. Висота ділянки штуцера, що укріплює, який розташований ззовні днища, $h_{н.ш.}$	м	0,0245
5. Площа перетину, що укріплює на ділянці, яка розташована ззовні днища, $f_{н.ш.}$	м ²	0,000284
6. Висота ділянки штуцера, що укріплює, яка розташована всередині днища, $h_{в.ш.}$	м	0,02
7. Площа перетину штуцера, що укріплює, на ділянці, розташований всередині днища, $f_{в.ш.}$	м ²	0,00016
8. Сума площ деталей, що компенсують, які укріплюють, $\sum f$	м ²	0,00044

Заключення та висновки.

Розрахунки, які були проведені у даній роботі показують, що для досягнення кількості кисню, яка повинна бути видалена при барботажі ($C_{O_2}^{вихід} = 10$ мкг/кг), треба забезпечити площу барботажної тарілки на рівні 3,824 м². Розрахунок на міцність деаератора дозволив визначити товщину стінки ($S = 0,0102$ м) та товщину днища ($S_0 = 0,00693$ м), які будуть забезпечувати безпечну експлуатацію деаераційно-живильної установки.



Література:

1. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд. - М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 309 с.
2. Кострикин Ю.М. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления: Справочник / Ю.М. Кострикин, Н.А. Мещерский Н.А., О.В. Коровина. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 248 с.
3. Тарасюк В.М. Эксплуатация котлов: практическое пособие для оператора котельной / В.М. Тарасюк. – М.: ЭНАС, 2008. – 272 с.

***Abstract.** The study of the issue of extending the period of trouble-free and uninterrupted operation of the deaeration-feeding unit is carried out. Reliable protection against corrosion of heating surfaces and pipelines that are washed with water is achieved by removing corrosive and aggressive gases from the feed water. In practice, this is best ensured by thermal deaeration of water. Thermal deaeration of water is the main method of combating oxygen and carbon dioxide corrosion. The calculations are made in the work, namely: thermal calculation of the deaeration unit and its calculation for strength. The obtained results make it possible to determine the amount of oxygen that must be removed during bubbling and the thickness of the walls and bottom of the deaerator to ensure safe operation of the deaeration feeder.*

***Keywords:** deaeration column, thermal deaeration, deaeration feeder, oxygen concentration, dispersed gas evolution, diffusion, internal corrosion.*

Стаття відправлена: 17.01.2022р.

© Глущенко О.Л.