https://www.proconference.org/index.php/gec/article/view/gec26-01-012
DOI: 10.30888/2709-1783.2023-26-01-012

УДК 676.054.82:676.024.82

STUDY OF THE OPERATION OF A DEAERATION PLANT WORKING UNDER CONDITIONS OF VARIABLE LOADS

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ДЕАЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ, ЯКА ПРАЦЮЄ В УМОВАХ ЗМІННИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Hlushchenko O. / Глущенко О.Л.
c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.
ORCID: 0000-0002-9230-9958
Ivashkov V. / Івашков В.В.
bachelor's degree / бакалавр
Dniprovsky State Technical University, Kamianske, Dneprostroievskaia 2, 51918
Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське, Дніпробудівська 2, 51918

Анотація. *В роботі проводиться дослідження роботи деаераційної установки. Зроблено аналіз роботи двох типів деаераторів: насадочного деаератора підвищеного тиску з колонками ДП-500 та струменево-барботажного деаератора підвищеного тиску ДСП-500-М2. Проведені дослідження показали, що зменшення гідравлічного навантаження призводить до різкого підвищення залишкової концентрації кисню в живильній воді після колонки ДП-500 і плавного підвищення - після колонки ДСП-500-М2. При зниженні гідравлічного навантаження колонки до 45% від номінальної, ефективність процесу деаерації живильної води вище в струменево-барботажному деаераторі підвищеного тиску з колонкою ДСП-500-М2, ніж в насадковому деаераторі підвищеного тиску з колонкою ДП-500.*

Ключові слова: *деаераційна колонка, термічна деаерація, гідравлічне навантаження, концентрація кисню, живильна вода, струменева тарілка, площа живого перетину, витрата конденсату, номінальна продуктивність.*

Abstract. *In the work, a study of the operation of the deaeration unit is carried out. An analysis of the operation of two types of deaerators was made: a high-pressure plug-in deaerator with DP-500 columns and a jet-bubble high-pressure deaerator DSP-500-M2. The conducted studies showed that the reduction of the hydraulic load leads to a sharp increase in the residual concentration of oxygen in the feed water after the DP-500 column and a gradual increase - after the DSP-500-M2 column. When the hydraulic load of the column is reduced to 45% of the nominal one, the efficiency of the feed water deaeration process is higher in the jet-bubble high-pressure deaerator with the DSP-500-M2 column than in the high-pressure nozzle deaerator with the DP-500 column.*

Keywords: *deaeration column, thermal deaeration, hydraulic load, oxygen concentration, feed water, jet plate, live cross-sectional area, condensate consumption, nominal productivity*

Вступ.

Для забезпечення енергетичної безпеки України необхідно реалізовувати програми розвитку ТЕС з визначенням оптимальних варіантів їх реконструкції та модернізації. Під час такого аналізу треба враховувати та брати до уваги досягнення науково-технічного прогресу, досвід інших країн по впровадженню новітніх технологій і технічних рішень.

Дослідження зв'язків між енергетичними і технологічними виробничими процесами дозволяє виявити можливість вдосконалення виробничих процесів і забезпечення максимально чіткої організації виробничого процесу, що забезпечить його граничну надійність, безперервність роботи і максимальну економічну ефективність.

Організація виробництва теплової та електричної енергії ТЕС визначається, як система дій, які мають на меті виробництво енергії за графіком, при дотриманні встановлених якісних показників енергії, з мінімально можливими витратами енергетичних, трудових і грошових ресурсів, при максимально можливому (по технічних і економічних міркуваннях) використанні енергетичного устаткування і максимально дешевого палива у порівнянні із більш дорогими видами палива (природний газ, мазут, антрацит, кокс). Основним напрямом розвитку національної теплоенергетики є реконструкція і модернізація ТЕС з впровадженням нових технологій.

Постановка задачі.

На паротурбінних електростанціях 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.

Відсутність глибокої деаерації води приводить до значного збільшення концентрації оксидів заліза в живильній воді й відкладенню їх у вигляді накипу на поверхнях нагріву теплосилових установок. Це істотно знижує надійність і економічність роботи паротурбінних електростанцій.

Видалення корозійно-агресивних газів здійснюється в спеціальних апаратах – термічних деаераторах, в яких відбувається одночасно підігрів потоків води до температури насичення, що відповідає тиску в апараті.

Деаератори — це підігрівачі змішуючого типу, призначені для термічної деаерації води, тобто для видалення розчинених у воді газів шляхом доведення її до кипіння. Для запобігання корозії пароводяного тракту повинна бути забезпечена надійна деаерація живильної води, щоб залишковий зміст розчиненого кисню в живильній воді не перевищував10 мкг/кг для котлів з тиском рівним і більшим 10,0 МПа.

Результати роботи.

В даній роботі пропонується провести аналіз роботи двох типів деаераторів: насадочного деаератора підвищеного тиску з колонками ДП-500 та струменево-барботажні деаератори підвищеного тиску ДСП - 500 - М2 і визначити найбільш ефективний пристрій, який буде забезпечувати відповідну якість живильної води. Вихідні дані для розрахунку струменево-барботажного деаератора підвищеного тиску представлені в таблиці 1, результати розрахунку деаератора при різних навантаженнях представлені в таблиці 2.

Розрахунок деаераційної колонки підвищеного тиску ДП-500-М2 показує, що ефективність процесу деаерації води в колонці залежить від величини гідравлічного навантаження. Під час гідравлічних навантажень близьких до номінальних ця залежність незначна. Подальше зниження гідравлічних навантажень сильно знижує ефективність процесу деаерації води в колонці і призводить до підвищення залишкової концентрації кисню в живильній воді після деаератора. У таблиці 3 наведені значення залишкової концентрації кисню в живильній воді після колонок ДСП-500 та ДП-500-М2 при різних гідравлічних навантаженнях.

Таблиця 1 - Вихідні дані для розрахунку струменево-барботажного деаератора підвищеного тиску

Показник	***Одиниці виміру***	***Результат розрахунку***
1	***2***	***3***
Витрата конденсату, який підлягає деаерації $G_{кд}$	кг/с	195
Витрата пари, що гріє $Д_д$	кг/с	17,49
Приймаємо концентрацію O_2 на вході в деаератор C_0	мк/кг	100
Температура $T_д$	^{0}C	164
Характеристики деаератора ДП – 500 М2		
Номінальна продуктивність $D_{ном}$	кг/с	139,9
Робочий тиск $P_{роб}$	МПа	0,6
Робоча температура $t_{роб}$	°С	164
Тиск, який припустимий при роботі запобіжних клапанів Р	МПа	0,75
Діаметр колонки $d_к = d_2$	мм	2432
Висота колонки Н	мм	3150
Маса колонки m_k	кг	4250
Геометрична ємність колонки V_k	м^3	8,5
Корисна ємкість акумуляторного баку $V_б$	м^3	100
Характеристики деаераторного бака БДП-100-1-3		
Корисна ємність $V_п$	м^3	100
Геометрична ємність $V_г$	м^3	118
Максимальна довжина $l_б$	мм	13500
Маса $m_б$	т	23,95
Приймаємо величини		
Відстань між струменевою частиною і тарілкою l	м	0,6
Діаметр отворів струменевої тарілки $d_{от}$	м	0,005
Висота рівня води на струменевій тарілці h	м	0,85
Висота парової подушки на барботажному листі h_n	м	0,12

Таблиця 2 – Результати розрахунку струменево-барботажного деаератора при його роботі на різних навантаженнях

Показник	***Одиниці виміру***	***Результат розрахунку при різних значеннях навантажень***			
		100 %	***80 %***	***60 %***	***45 %***
1	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***
Кількість отворів в днищі струменевої тарілки n	шт.	8748	8748	8748	8748
Швидкість рідини $\varpi_{ж}$	м/с	1,264	1,264	1,264	1,264
Площа для розташування отворів $f_{нар}$	м^2	$2{,}8\cdot10^{-5}$	$2{,}8\cdot10^{-5}$	$2{,}8\cdot10^{-5}$	$2{,}8\cdot10^{-5}$
Повна площі тарілки $F_{нар}$	м^2	0,245	0,245	0,245	0,245
Внутрішній діаметр отвору на тарілці d_1	м	2,367	2,367	2,367	2,367

1	2	3	4	5	6
Площа живого перетину для проходу пари по внутрішній границі F_1	$м^2$	1,486	1,486	1,486	1,486
Площа живого перетину для проходу пари по зовнішній границі F_2	$м^2$	1,527	1,527	1,527	1,527
Швидкість пари на вході W_1	м/с	0,575	0,575	0,575	0,575
Швидкість пари на виході W_1'	м/с	0,052	0,041	0,031	0,0323
Середня швидкість W_n	м/с	0,312	0,308	0,303	0,299
Температура води на виході зі струменевої частини t_2	ºС	161,18	161,15	161,13	161,11
Швидкість проходження пари через отвори W_{min}	м/с	11,57	11,57	11,57	11,57
Робоча швидкість W_p	м/с	34,71	34,71	34,71	34,71
Висота порогу $h_в$	м	0,18	0,072	0,054	0,041
Висота шару води на барботажній тарілці h_o	м	0,3	0,192	0,174	0,161
Висота парової подушки $h_{пд}$	м	0,18	0,072	0,054	0,041
Висота динамічного шару $h_д$	м	0,413	0,146	0,132	0,122
Площа барботування $F_{барб}$	$м^2$	2,59	2,59	2,59	2,59
Коефіцієнт масовіддачі для кисню на барботажній тарілці k_F	-	69,83	88,16	73,13	59,34
Робоча площа барботажного листа $F_{роб}^{барб(O_2)}$	$м^2$	1,83	1,83	1,83	1,83
Залишкова концентрація кисню C_2	мкг/кг	10	18,36	18,057	17,84

Таблиця 3 – Залишкова концентрації кисню в живильній воді після колонки ДСП-500 та ДП-500-М2

Назва колонки	***Показник та одиниці виміру***	***Значення гідравлічного навантаження***			
		100%	***80%***	***60%***	***45%***
ДСП-500	Залишкова концентрації кисню в живильній воді C_2, мкг/кг	10	13,83	28,33	84,14
ДП-500-М2	Залишкова концентрації кисню в живильній воді C_2, мкг/кг	10	10,76	11,857	13,84

З таблиці видно, що зменшення гідравлічного навантаження призводить до різкого підвищення залишкової концентрації кисню в живильній воді після колонки ДП-500 і плавного підвищення - після колонки ДСП-500-М2. Аналіз даної таблиці показує, що при зниженні гідравлічного навантаження колонки

до 45% від номінальної, ефективність процесу деаерації живильної води вище в струменево-барботажному деаераторі підвищеного тиску з колонкою ДП-500-М2, ніж в насадковому деаераторі підвищеного тиску з колонкою ДСП-500. Результати досліджень представлені у вигляді графічної залежності на рисунку 1.

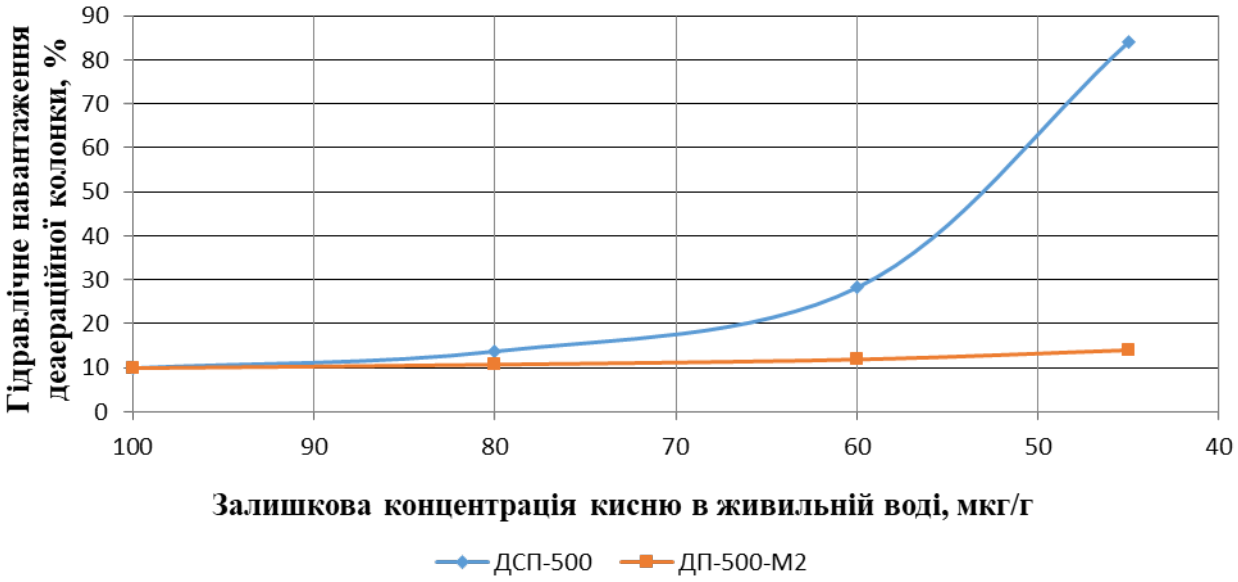

Рисунок 1 - Значення залишкової концентрації кисню в живильній воді після колонки ДСП-500 та ДП-500-М2 при різних гідравлічних навантаженнях

Висновки.

Було виконано розрахунок залишкової концентрації кисню у воді, що деаерується, після колонки ДП-500-М2. Зроблено порівняльний аналіз із показниками колонки ДП-500 при різних гідравлічних навантаженнях. Проведені дослідження показали, що зменшення гідравлічного навантаження призводить до різкого підвищення залишкової концентрації кисню в живильній воді після колонки ДП-500 і плавного підвищення - після колонки ДСП-500-М2.

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.

Стаття відправлена: 19.04.2023р.

© Глущенко О.Л.