

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Херсонська філія

В. І. СВИРИДОВ, І. В. КАЛІНІЧЕНКО

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання курсового проєкту з дисципліни
«СУДНОВІ ДОПОМІЖНІ МЕХАНІЗМИ»

*(спеціальність 135 «Суднобудування»,
освітньо-професійна програма
«Суднові енергетичні установки та устаткування»,
галузь знань 13 «Механічна інженерія»)*

Рекомендовано Методичною радою НУК



ВИДАВНИЦТВО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМ. АДМІРАЛА МАКАРОВА

2021

УДК 629.5
С24

Автори:

В. І. Свиридов, канд. техн. наук, в. о. доцента кафедри СМЕ Херсонської філії НУК;

І. В. Калініченко, канд. техн. наук, в. о. доцента кафедри теплотехніки Херсонської філії НУК

Рецензент

А. А. Андрєєв, канд. техн. наук, професор НУК, зав. каф. суднового машинобудування та енергетики ХФ НУК

Рекомендовано Методичною радою НУК

Свиридов В. І.

С24 Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Суднові допоміжні механізми» (спеціальність 135 «Суднобудування», освітньо-професійна програма «Суднові енергетичні установки та устаткування», галузь знань 13 «Механічна інженерія») / В. І. Свиридов, І. В. Калініченко. – Миколаїв : НУК, 2021. – 84 с.

У даних вказівках охоплено весь навчальний матеріал з дисципліни «Суднові допоміжні механізми» та представлено зразок розрахунку водопріснювальної установки при виконанні курсового проєкту з цієї дисципліни.

Призначено для студентів, які вивчають дисципліну «Суднові допоміжні механізми» (спеціальність 135 «Суднобудування», освітньо-професійна програма «Суднові енергетичні установки та устаткування», галузь знань 13 «Механічна інженерія»).

УДК 629.5

© Свиридов В. І., Калініченко І. В., 2021
© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2021

ВСТУП

Основною метою виконання курсового проєкту з дисципліни «Суднові допоміжні механізми» для студентів третього курсу енерготехнічного факультету НУК імені адмірала Макарова денної форми навчання напряму підготовки 135 «Суднобудування» спеціальності «Суднові енергетичні установки та устаткування» є розширення, закріплення і систематизація теоретичних та практичних знань за фахом, отриманих при вивченні курсу, а також набуття досвіду самостійного виконання розрахунків.

Виконання курсового проєкту з опріснювальної установки дозволяє розрахунковим шляхом отримати взаємозв'язок параметрів робочого процесу і визначити конструктивні дані устаткування у вигляді площі поверхні теплообміну, компонентів розмірів основних вузлів установки (гріючої батареї, камери випаровування, конденсатора); провести гідравлічний розрахунок і здійснити підбір устаткування, яке обслуговує установку (конденсаційний насос, насос заборотної води), та виконати графічну частину проєкту.

Як розрахункова схема для курсового проєкту приймається схема глибоковакуумна утилізаційної опріснювальної установки на базі суднового опріснювача типу «Атлас».

З метою розширення знань у галузі експлуатаційної тематики до проєкту входять розрахунки та графічна складова:

- впливу на продуктивність спроектованої опріснювальної установки зміни температури заборотної води;
- впливу на продуктивність спроектованої опріснювальної установки наявності накипу в нагрівальних елементах;
- у графічній частині треба показати загальний вигляд опріснювача (в одній проєкції), автоматичний клапан визначення солоності та витратомір.

1. ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

1.1. Вибір варіанта завдання

Кожен студент вибирає варіант завдань і вихідні дані для виконання курсового проєкту з розрахунку водоопріснювальної установки судна згідно з порядковим номером у журналі обліку студентів за табл. 1. Приклад вибору варіанта завдання наведено в табл. 2.

Таблиця 1. Варіант завдання для курсового проєкту

№ варіанта	Дедвейт судна, DW , т	Довжина судна, L , м	Осадка судна, d , м	Швидкість судна, V_s , вуз.	Потужність двигуна, N_e , кВт
0	2230	74,9	6,1	13,1	945
1	4150	96,0	8,0	13,3	1020
2	4648	96,0	8,0	13,8	1470
3	5076	108,8	7,2	16,1	1540
4	5657	109,0	8,0	16,1	2100
5	6100	119,0	8,5	15,2	2450
6	7506	120,5	10,1	14,0	3180
7	7700	124,9	10,2	16,4	3700
8	8290	120,9	9,8	16,0	4370
9	12200	134,5	12,1	15,8	5180
10	12500	138,0	12,0	17,0	5460
11	12600	140,0	12,3	15,0	5890
12	12882	140,0	11,9	17,0	6140
13	13040	140,0	12,3	15,0	6820
14	13150	140,0	11,9	17,7	6820
15	13499	144,6	13,4	18,2	7330
16	14170	148,3	12,6	18,0	7970
17	15768	156,0	13,2	19,0	8100
18	16040	156,0	12,9	19,2	8560
19	17170	159,0	14,2	19,3	8980
20	18500	140,0	12,3	15,5	9250

Таблиця 2. Приклад вибору вихідних даних для розрахунку

№ варіанта	Потужність ГД N_e , кВт	Продуктивність водоопріснювальної установки $G_2 = (0.2...0.3)8N_e/1000$, т/добу	Температура гріючої води t'_1 , °C
20	9250	14,8 т/добу; (616,7 кг/г)	70

1.2. Зміст курсового проєкту та основні вимоги щодо його оформлення

Курсовий проєкт включає в себе розрахунково-пояснювальну записку і графічний матеріал.

1.2.1. Розрахунково-пояснювальна записка

Розрахунково-пояснювальна записка повинна містити:

- титульну сторінку;
- завдання на курсовий проєкт;
- зміст;
- вступ;
- короткий опис опріснювальної установки та її роботи;
- тепловий розрахунок і потужності насосів;
- висновок з виконаної роботи;
- список використаної літератури.

Розрахунково-пояснювальна записка до курсового проєкту повинна відповідати вимогам, що пред'являються до текстових документів ЄСКД, і оформляється на одній стороні аркуша паперу формату А4.

Всі сторінки повинні мати наскрізну нумерацію, починаючи з титульного аркуша і до останньої сторінки. На титульному аркуші номер не ставиться.

Рисунки виконуються кульковою ручкою або олівцем на таких же аркушах паперу, що і текст пояснювальної записки, або на міліметровому папері.

Умовні позначення на рисунках і текст повинні відповідати діючим вимогам, кутовий штамп на рисунках не ставиться.

Обчислення розташовуються в наступному порядку: найменування розрахункової величини, загальна формула, числові значення величин, кінцевий результат. Усі таблиці повинні бути пронумеровані і забезпечені заголовками. Розмірності величин у записці повинні відповідати вимогам Міжнародної системи одиниць СІ.

Список літератури складається в алфавітному порядку. В списку вказується прізвище та ініціали автора, повна назва роботи, місто, видавництво, рік видання і загальна кількість сторінок. Посилання на використовувану літературу розташовують у прямих дужках, де вказується порядковий номер роботи в списку літератури.

1.2.2. Графічна частина

Графічна частина виконується на аркуші формату А1, де треба показати: загальний вигляд опріснювача (в одній проекції) та один з вузлів опріснювача – автоматичний клапан визначення солоності, або автоматичний регулятор живлення, або витратомір (ротаметр) опріснювальної установки.

Специфікація елементів загального вигляду опріснювача виконується на окремому аркуші формату А4.

2. ВОДООПРІСНЮВАЛЬНА УСТАНОВКА

2.1. Основні поняття про водоопріснювальні установки

Вода – найдоступніша субстанція в морі, але сіль і домішки, що містяться в морській воді, роблять її в більшості випадків непридатною для використання на борту судна. Водоопріснювальні установки (BOU) фірми «Alfa Laval» дозволяють одержувати економічну вигоду з цього невичерпного ресурсу і позбутися від необхідності користуватися дорогою та низькоякісною бункерувальною водою.

Компанія «Alfa Laval» стала засновником виробництва компактних і економічних опріснювальних установок.

Водоопріснювальні установки серії «AQUA». Більше 50 років компанія представляє вакуумні установки опріснювання води, виготовлені за сучасними технологіями. Останні розробки були впроваджені в установках подвійного пакета пластин, які в порівнянні з кожухотрубними установками мали не тільки менший розмір, але і були менш схильні до відкладів накипу. В революційній установці серії «AQUA» створення вакууму відбувається всередині одного пакета пластин (рис. 1). У просторі між титановими пластинами проходять процеси випаровування, сепарації та її конденсації. Використання



Рисунок 1. Зовнішній вигляд моделі BOU серії «AQUA»

сучасних установок серії «AQUA» дозволяє суттєво знизити витрати на одержання прісної води.

Технологія роботи пластин типу «AQUA» – «3 в 1», використання якої усуває необхідність наявності зовнішнього корпусу, дозволяє зменшити розміри опріснювальної установки. Така конструкція також забезпечує можливість установки додаткових пластин для збільшення продуктивності, при необхідності сприяє усуненню непродуктивних ділянок і уповільнює процес утворення накипу.

Проте найважливіша перевага полягає в тому, що установка типу «AQUA» споживає в два рази менше морської води. Зниження споживання морської води веде до економії на всіх етапах технологічного процесу. При зменшенні її витрат удвічі можна використовувати трубопроводи і насоси меншого розміру, що сприяє спрощенню монтажу і зниженню початкових капіталовкладень. Крім того, це також веде до зниження енергоспоживання і в підсумку – до зменшення викидів CO_2 до 50 %.

Водоопріснювальні установки серії «DPU» і «JWP».



Рисунок 2.
Зовнішній вигляд
моделі BOU серії
«DPU»

Призначені для роботи в автоматичному режимі водоопріснювальні установки серії «DPU» або «JWP» використовують технологію вакуумної дистиляції для забезпечення безперебійного постачання прісної води, яка виробляється з морської (рис. 2 та 3).

Застосування в теплообмінниках титанових пластин і матеріалів на основі сплавів кольорових металів забезпечує низьку інтенсивність процесів утворення накипу і запобігає корозії робочих частин водоопріснювальних установок даної конструкції.



Рисунок 3. Зовнішній вигляд моделі BOU серії «JWP»

Після запуску в роботу в експлуатації вони потребують мінімальної уваги та додаткового регулювання, відповідно все це вимагає мінімального технічного обслуговування.

Уся регулююча арматура розташовується в передній частині установки і доступ для обслуговування у всіх моделях здійснюється в зручних умовах.

Економія енергії в двоступеневих моделях серії «DPU» досягається за рахунок використання водяної пари в першій ступені як гарячого теплоносія для другої ступені.

До переваг водоопріснювальних установок серії «DPU» та «JWP» належать:

- компактна і доступна конструкція;
- можливість використання води з охолодження головного двигуна та допоміжних двигунів;
- можливість використання вакуумної дистиляції та охолодження конденсатора;
- максимальний вміст солей складає 2 мг/л NaCl (при нормі 5 мг/л NaCl).

Діапазон продуктивності даних моделей складає:

моделі серії «DPU» (одно- і двоступінчасті) – 20...75 м³/добу;

моделі серії «JWP» (одноступінчасті) – 0,5...100 м³/добу.

Водоопріснювальні установки серії «DPU-36-C». Вони охоплюють діапазон потужностей від 10 до 55 м³/добу при температурі охолоджувальної води 32 °С і знайшли найбільше застосування на сучасному флоті (рис. 4). Вони працюють залежно від температури гріючого середовища і температури охолоджувальної води. Потужності опріснювальних вакуумних установок серії «DPU-36-C» наведені на рис. 5, а основні характеристики – в табл. 3.

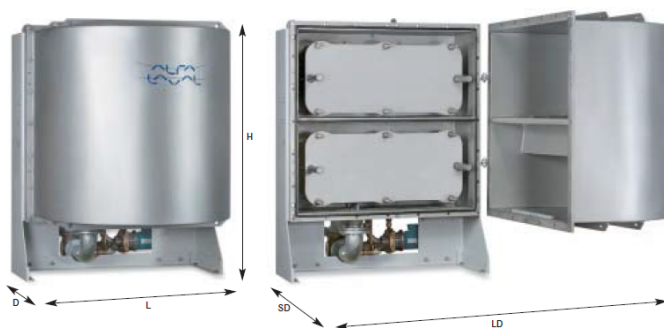


Рисунок 4. Зовнішній вигляд водоопріснювальної установки серії «DPU-36-C100»

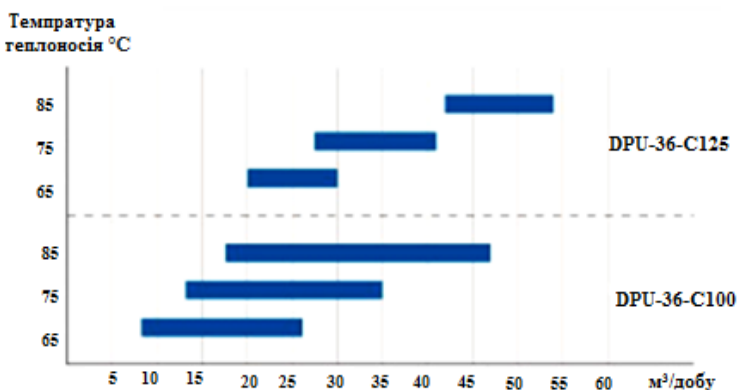


Рисунок 5. Діапазон потужностей ВОУ серії «DPU-36-C100/C125»

Таблиця 3. Основні характеристики водоопріснювальної установки

Size	L		D		H		SD		LD		Weight*		Pump	
	mm	inches	mm	inches	mm	inches	mm	inches	mm	inches	kg	lbs		
DPU-36-C100	1420	55.9	1510	59.4	1840	72.4	2220	87.4	2050	80.7	1580	3490	450	17.7
DPU-36-CAS100	1470	57.9	1810	71.3	1840	72.4	2520	99.2	2050	80.7	1660	3670		
DPU-36-CS100	1470	57.9	1810	71.3	1840	72.4	2520	99.2	2050	80.7	1690	3730	x	x
DPU-36-C125	1420	55.9	1830	72.0	1840	72.4	2280	89.8	2370	93.3	1780	3930		
DPU-36-CAS125	1470	57.9	2130	83.9	1840	72.4	2580	101.6	2370	93.3	1910	4220	821	32.3
DPU-36-CS125	1470	57.9	2130	83.9	1840	72.4	2580	101.6	2370	93.3	2080	4590		

Кількість виготовленої прісної води може бути змінена просто зміною кількості пластин у внутрішньому пластинчастому теплообміннику.

Принцип роботи водоопріснювальної установки серії «DPU-36-C» (рис. 6) наступний. Питна вода, яку потрібно відкачувати, береться з вихідного отвору охолоджувальної води конденсатора 1. Він надходить у випарник 10, де випаровується при температурі близько 40...60 С, коли проходить між пластинами, нагрітими нагрівальним середовищем.

Температура випарювання корегує до вакууму 85...95 %, що утворюється розпилювачем повітряним ежектором. Отримані пари проходять через дератор, де видаляються будь-які краплі морської води, і стікають унаслідок сили тяжіння до гребінця на дні камери генератора.

Чисті прісноводні пари надходять до конденсатора 9, де вони конденсуються у прісну воду, коли проходять між холодними пластинами, охолодженими морською охолоджуючою водою.

Водоопріснювальна установка серії «DPU-36-C» призначена для автоматичної роботи в періодичному режимі безвахтових машинних приміщень та інших автоматизованих операцій.

Ежекторний насос установлений окремо, має окремий забір води з моря. Цей насос подає теплоносії у вигляді морської води на конденсатор, подачу води для випаровування та робочу воду для комбінованого розсіювача повітряного ежектора. Отримана дистильована вода перекачується до резервуара за допомогою вбудованого прісноводного насоса. Схема підключення патрубків до водоопріснювальної установки серії «DPU-36-C» представлена на рис. 7.

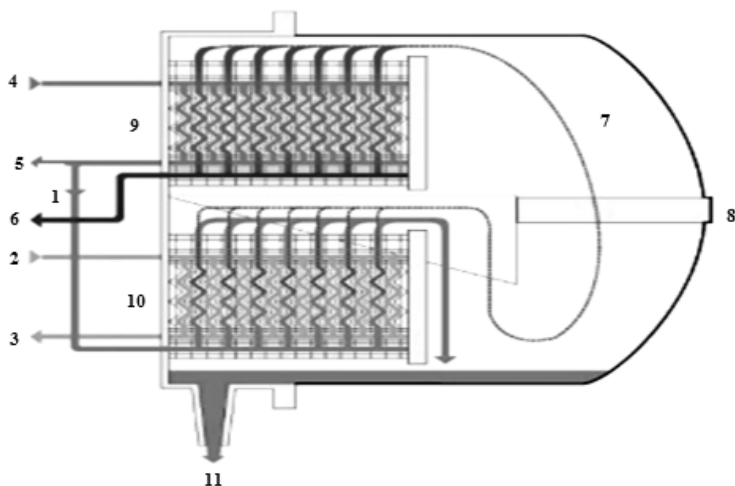


Рисунок 6. Поперечний переріз водоопріснювальної установки серії «DPU-36-C»:

- 1 – вхід морської води; 2 – гріюче середовище; 3 – нагрівальний контур;
 4 – охолодження морської води (вхід); 5 – охолодження морської
 води (вихід); 6 – дистилат з опріснювача; 7 – контур; 8 – демістер;
 9 – конденсатор; 10 – випарник; 11 – вихід розсолу

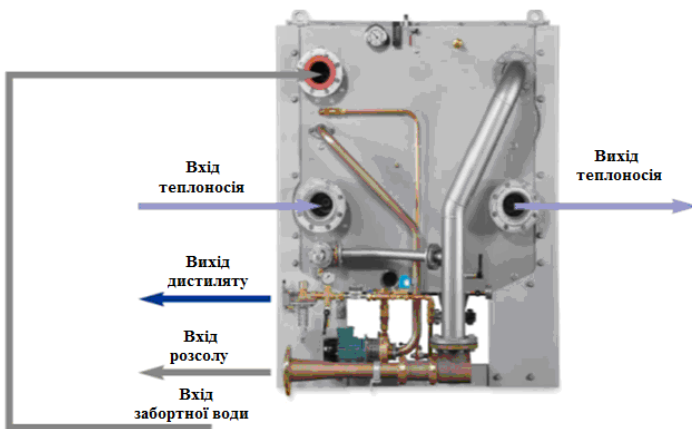


Рисунок 7. Схема підключення патрубків до водоопріснювальної установки

Екологічні переваги установок «Alfa Laval». Водоопріснювальні установки «Alfa Laval» забезпечують цілий ряд екологічних переваг. Крім утилізації тепла з системи охолодження, що двигун **необертово** втрачає, вони використовують конденсат для охолодження, що дозволяє підвищити ефективність рекуперації тепла і тим самим скоротити витрати палива в енергетичній установці, причому на це йде тільки невелика кількість конденсату.

2.2. Класифікація водоопріснювальних установок

Водоопріснювальні установки поділяються за такими ознаками.

За призначенням: на опріснювальні (для отримання питної води), випарні (для отримання котельної води) та опріснювальні комбінованого призначення (для отримання не тільки питної і м'якої, але й котельної води).

Водоопріснювальні установки поділяються на автономні, неавтономні та утилізаційні. Автономні водоопріснювальні установки не пов'язані з роботою суднової силової установки, вони використовують для своєї роботи загальні для силової установки механізми і пристрої. В утилізаційних водоопріснювальних установках для нагрівання і випаровування у випарнику заборотної води використовують тепло від двигунів внутрішнього згоряння або тепло, що відбирається від відпрацьованої пари парових двигунів. У даний час є утилізаційні водоопріснювальні установки, в яких отримують до 18...19 т води на добу з кожної 1000 кВт потужності двигуна внутрішнього згоряння практично без витрат палива, що підвищує загальний ККД енергетичної установки.

За тиском вторинної пари (в корпусі випарника) існують установки глибоковакуумної утилізації (43...75 Па); низьковакуумної на пару відбору (0,02...0,03 кПа); надлишкового тиску (понад 0,1 кПа). Використання вакуумних установок дозволяє уникнути інтенсивного накипоутворення, що має місце при роботі установок надлишкового тиску. Крім того, в останніх при температурі води понад 105 °С посилюється корозія.

За організацією процесу випаровування розрізняють киплячі, миттєвого скипання та інші випарники. Поверхня нагріву в киплячих випарниках розташована в самій нагрівальній воді, тому випаровування в них супроводжується кипінням води у всьому її об'ємі. Такі випарники з'явилися давно і є найбільш поширеними. У випарниках миттєвого скипання випаровування відбувається не на поверхні нагрівання, а в окремій камері, де вода частково випаровується з поверхні перегрітого струменя. Ці випарники іноді називають безповерхневими випарниками. Вони мають ряд переваг: напри-

клад, на поверхні випаровування відсутня піна, що зменшує винесення крапель розсолу, потрапляння яких у дистилат знижує його якість. За економічними показниками ці випарники при одноступеневому випаровуванні (одній камері) не відрізняються від киплячих, тому застосовують багатоступінчасте випаровування, при якому вторинна пара використовується для нагріву заборотної живильної води.

Опріснення морської води можна отримати фреоном, який надходить у з'єднанні з солоною водою та утворює кристали при температурі 10...15 °С. При цьому солі випадають, а проміті кристали після підігріву розкладаються на чисту прісну воду і фреон.

За способом регенерації тепла випарники поділяють на регенеративні (або компресійні) і ступінчасті. В регенеративних (компресійних) установках вторинний пар стискається компресором і використовується як гріючий у тому ж випарнику. Вторинний пар першого ступеня використовується як гріючий у другому ступені, вторинний пар другого ступеня — у третьому і т. д. За кратністю випару розрізняють одно- і дворазові випарники. Майже всі сучасні випарники призначені для одноразового випаровування. При цьому отримують дистилат, придатний для живлення котлів високого тиску. Випарні установки дворазового випаровування мають первинний випарник, що виробляє воду з підвищеним солевмістом (200...500 мг/л), придатну тільки для миття. Таку воду отримують у випарниках порівняно малих розмірів. Якісну воду, придатну для живлення парових котлів, отримують у вторинному випарнику шляхом перегонки первинного дистилату.

За кратністю живлення розрізняють випарники одно- і двократні (дворазове живлення застосовується в двоступеневих установках).

За гріючим середовищем установки поділяються на парові (пар від котлів, проміжний відбір пари) і такі, що працюють від системи охолоджуючої води дизелів.

За контуром розсолу розрізняють установки проточні та циркуляційні.

За конструктивним типом гріючих батарей поверхневих випарників установки можуть бути змієвиковими, прямотрубними, пластинчастими; горизонтальними – водотрубними і паротрубними; вертикальними – водотрубними.

За компонуванням установки поділяють на агреговані і неагреговані (роздільні).

В даний час на флоті найбільш поширені вакуумні водоопріснювальні установки. На теплоходах вони є утилізаційними, оскільки використовують тепло прісної охолоджуючої води замкнутої системи охолодження дизелів.

Згідно з вимогами трубчасті поверхні ВОУ виготовляють тільки з міді марки МЗС (ВТУ ЦМО 1109-56); випарник не має захисного покриття внутрішньої поверхні, опріснювач водоопріснювальної установки покритий усередині оловом.

Водоопріснювальні установки призначені для поповнення запасів води на судні, що витрачається на різні цілі: для живлення парових котлів, приготування їжі та санітарно-гігієнічних потреб команди і пасажирів, а також для інших технічних і спеціальних потреб. Витрата води на побутові потреби і для пиття на сучасних судах доходить до 150...200 л на одну людину на добу залежно від району плавання і тривалості рейсів. Запаси води, призначеної для санітарно-гігієнічних потреб, визначаються на підставі санітарних правил і вимог ІМО (з розрахунку 100 л питної та 60 л миючої води).

Питна вода, яка використовується для приготування їжі і пиття, повинна бути чистою, не мати неприємного присмаку, запаху і хвороботворних мікробів, задовольняти вимо-

ги санітарного нагляду. Абсолютно знесолена (дистильована) вода неприємна на смак, а при систематичному вживанні знесолює клітини організму і травних органів, що негативно позначається на здоров'ї екіпажу.

Допустимий термін зберігання питної води 7 діб.

Миюча вода, яка використовується для лазень, прання, миття посуду і камбузів, може мати солоність більше норми, але обмежену жорсткість. Вона не повинна бути каламутною, мати неприємний запах і містити хвороботворні мікроби.

Найбільший термін зберігання миючої води – 10 діб.

Дистильована вода використовується для доливання в акумуляторні батареї і як розчинник кислоти. Підвищені вимоги до акумуляторної води обумовлені тим, що в електроліті не повинні потрапляти домішки, які закупорюють пори пластин, і домішки, які можуть викликати електричний саморозряд акумуляторів.

Таким чином, при використанні водоопріснювальних установок за рахунок зниження запасів води збільшується вантажопідйомність суден. Крім того, якість води, яку отримують судна в портах, далеко не завжди задовольняє вимогам, що пред'являються до якості води. Внаслідок цього додаткову воду до живильної води сучасних парових котлів отримують шляхом випаровування забортної води і подальшої конденсації пари. Вакуумні водоопріснювальні установки переробляють океанську і морську воду (остання містить зазвичай меншу кількість солей). У складі солей океанської води переважають хлориди (до 89 %), що дозволяє найбільш зручно характеризувати солоність як морської води, так і одержуваного в установках дистилату вмістом хлор-іонів або хлористого натрію. Раніше була прийнята одиниця вимірювання солоності води – градус Брандта, що відповідає 6,06 мг/л Cl (хлор-іонів). Наявність на судні досконалої

водоопріснювальної установки достатньої продуктивності дозволяє забезпечити потребу в живильній, прісній (для технічних потреб), а також миючій воді, і тим самим звести до мінімуму кількість прісної води, що приймається в портах. Таким чином, використання водоопріснювальної установки скорочує витрати на придбання води в портах.

До водоопріснювальних установок висуваються наступні вимоги:

1. Установка повинна бути простою за конструкцією і мати малу вагу та розміри, що досягається застосуванням більш теплопровідних матеріалів для змійовиків, наприклад червоної міді, а також їх паралельним включенням. Для збільшення нагрівальної поверхні використовують труби малого діаметра, які передбачають при експлуатації штучну циркуляцію.

2. Установка повинна працювати тривалий час з постійною продуктивністю без виведення з дії для очищення від накипу. Ця вимога краще виконується в вакуумних та глибоковакуумних установках, що працюють при тисках 43...300 Па. Випаровування води при низьких температурах (відповідних вказаному тиску) дозволяє уникнути інтенсивного накипоутворення, тому очищення поверхні нагрівання необхідно робити не раніше, ніж через 3000 годин роботи. В установках з випарниками надлишкового тиску накипоутворення відбувається настільки інтенсивно, що очищення стає необхідним через 100...200 годин роботи. Для забезпечення тривалої роботи з постійною продуктивністю необхідно стежити за чистотою змійовиків, оскільки, наприклад, шар накипу товщиною 0,5 мм зменшує коефіцієнт теплопередачі на 45 %. Відкладення накипу залежить від умов випаровування, солемісту розсолу і рівня технічної експлуатації водоопріснювальної установки.

3. Дистиллят повинен відповідати вимогам «Правил технічної експлуатації суднових допоміжних механізмів і обладнання». Солоність дистилляту залежить від вологості вторинної пари. Нормально, коли в окремих типах водоопріснювальних установок солоність не перевищує 3...5 мг/л Cl. Якість дистилляту залежить від насиченості вторинної пари. Повинна підтримуватися достатня висота парового простору – 0,8...1,2 м; швидкість вторинної пари повинна бути менше 1...2,5 м/с. Якість дистилляту також забезпечується: розмивом піни, що виникає на поверхні киплячої води, для цього в паровий простір випарника подається живильна вода – струменями; промиванням вторинної пари з подальшим підсушуванням (барботажна промивка з сушінням у пластинчастому сепараторі; витрата дистилляту на промивку 3...10 % продуктивності випарника); сепарацією всієї вторинної пари в плівкових (пластинчастих і жалюзійних), циклонних (повороти потоку), ударної дії (відбійні листи) і лабіринтових сепараторах, які забезпечують вологість вторинної пари не більше 0,01 %.

Якість дистилляту в значній мірі також залежить від температурного напору (різниці температур гріючого середовища – пара, вода) і вторинної пари (або живильної води на виході): для установок з зануреними нагрівальними елементами і надлишковим тиском вторинної пари $\Delta t = 10...15\text{ }^{\circ}\text{C}$; для установок з зануреними нагрівальними елементами, вакуумних $\Delta t = 25...30\text{ }^{\circ}\text{C}$; для глибоковакуумних утилізаційних випарників $\Delta t = 20...25\text{ }^{\circ}\text{C}$; для циркуляційних установок перегрітої води $\Delta t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4. Установка повинна бути економічною. Економічність можна збільшити, використовуючи вторинний пар для підігріву води, яка подається у випарники, і здійснюючи регенеративний процес (коли вторинний пар служить для

випаровування заборотної води), а також багатоступінчасте випаровування. Чималу роль у підвищенні економічності водоопріснювальних установок відіграє використання тепла відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння або тепла води, що охолоджує головні двигуни.

2.3. Водоопріснювальна установка типу «Атлас»

Опріснювач датської фірми «Атлас» блочного вакуумного типу є найбільш поширеним на флоті і використовує утилізаційну теплоту охолоджуючої води системи охолодження діючих дизелів.

Його особливості полягають у наступному. Теплообмінна частина нагрівальної батареї включає в себе вертикально встановлені мельхіорові трубки, розвальцьовані в латунних трубних дошках, усередині яких відбувається процес кипіння морської води.

Пара з цих трубок надходить у конденсатор, який має горизонтальні трубки, розвальцьовані також у латунних трубних дошках.

Частина заборотної води, що прокачується через конденсатор, відводиться на живлення випарника, а решта використовується як робоча в ежекторі, який призначений для видалення паро-повітряної суміші з конденсатора і розсолу з підігрівача струменевим насосом за борт.

За рахунок конденсації пари в конденсаторі і роботи ежектора в водоопріснювальній установці підтримується глибокий вакуум. Як джерело теплоти, що надходить до гріючих батарей випарника, найчастіше використовується вода системи охолодження головного двигуна з температурою 60...70 °С, але може використовуватися і пара від утилізацій-

ного допоміжного котла. Дистиллят з конденсатора надходить у спеціальний збірник, необхідний рівень в якому підтримується за допомогою поплавця регулятора. Дистиллят відкачується потім у цистерну за допомогою дистиллятного насоса, при цьому його деяка частина пропускається через солономір.

У разі засолення дистиллят за допомогою електромагнітного клапана повертається у випарник. Контроль вакууму у водоопріснювальній установці здійснюється за вакуумметром.

У центрі нагрівальної батареї встановлений кожух і центральна труба, по якій розсіл зливається до ежектора. Рівень розсолу встановлюється на висоті верхнього зрізу зливної труби, який розташований на половині висоти гріючої батареї.

Гріюча вода або пара подається в міжтрубний простір гріючої батареї. При цьому для поліпшення теплообміну організовано багатологовий поперечно-довгунний рух гріючого середовища. Для цього всередині корпусу гріючої батареї (в міжтрубному просторі) встановлюються 1, 3, 5 і т. п. напрямних сегментних перегородок, що дозволяє організувати відповідно 2-, 4-, 6-ходове і т. п. омивання гріючих трубок.

Кількість ходів гріючої води є одним з важливих конструктивних факторів, який використовується у водоопріснювальній установці. Зі зменшенням числа ходів знижується гідравлічний опір повороту потоку гріючої води, відповідно можна збільшити швидкість води між трубками при заданому напорі відцентрового насоса. Для утилізаційних опріснювачів типу «Д» кількість ходів, які залежать від продуктивності установки і висоти гріючої батареї, не перевищує 8.

Теплова схема вакуумної утилізаційної установки типу «Атлас» наведена на рис. 8.

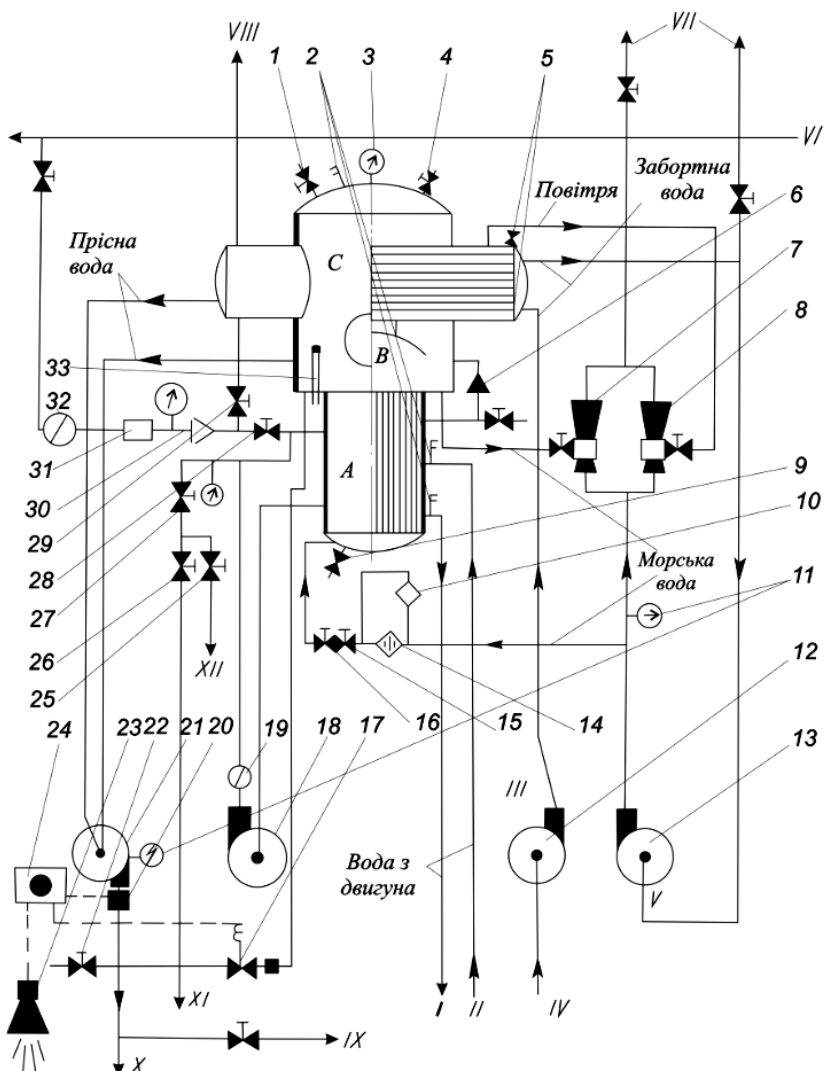


Рисунок 8. Теплова схема вакуумної утилізаційної установки типу «Атлас»

Опріснювач складається з випарника А, сепаратора В і конденсатора С. Робота опріснювача полягає в наступному. Частина охолоджуючої води, що виходить із системи охолодження двигуна внутрішнього згоряння, при температурі зазвичай 60...65 °С пропускається через випарник А і, циркулюючи з зовнішньої поверхні його трубок, нагріває морську воду, що проходить по трубках. Забортна солоня вода випаровується при температурі близько 38 °С, що є температурою її насичення завдяки вакууму ~93 %, створюваному в опріснювачі ежектором. При зміні температури заборотної води вище або нижче 30...32 °С відповідно і температура насичення в випарнику буде вище або нижче 38 °С.

Внаслідок низької температури випаровування і у зв'язку з тим, що у випарник подається в три-чотири рази більше гріючої води, ніж живильної заборотної, утворення накипу на його трубках буде мінімальним.

Водяна пара, що утворюється у випарнику А, проходить через сепаратор В, де осушується завдяки механічній сепарації відбійним щитом, і направляється в конденсатор С. Тут від охолоджуючої дії заборотної води, що прокачується всередині трубок конденсатора, пара конденсується і прісна вода (дистилят) відводиться від опріснювача. В разі необхідності опріснювальні установки можуть працювати на свіжій парі, що підводиться від допоміжних парогенераторів.

Установка обслуговується ежекторами, один із яких з'єднаний з конденсатором С і забезпечує відсмоктування повітря для створення вакууму. Інший ежектор відсмоктує з сепаратора В солону воду, що не встигла випаруватися, і занесену з випарника в сепаратор. Крім ежекторів, в установці є два відцентрових одноступінчастих насоси: один забезпечує ежектори робочою водою, а інший відкачує прісну воду з конденсатора в цистерни прісної води.

На корпусі опріснювача встановлені: клапан-переривник вакууму 1, термометри 2, вакуумметр 3, запобіжний клапан 4, повітроспускний клапан 5, соленоїдний клапан 6, спускний клапан 9 і водомірне скло 33.

Гаряча вода подається у випарник з системи охолодження двигунів по трубопроводу II, а випускається – по трубопроводу I. Морська охолоджуюча вода по трубопроводах IV і III прокачується насосом 12 через конденсаційні трубки. З конденсатора частина охолоджуючої води йде за борт по трубопроводу VII, а решта по трубопроводу V відсмоктується ежекторним насосом 13 і нагнітається за двома напрямками: частина по трубопроводу з манометром 11 до ежектора (повітряному 8 і водяному 7), які забезпечують вакуум у конденсаторі і сепараторі; інша частина надходить у випарник через витратомір 10, минаючи його, через клапан 14 і регулювальні клапани 15 і 16 у випарник для опріснення.

Як теплоносієм замість гарячої води в установці можна використовувати свіжу пару, що йде з допоміжного парогенератора по магістралі VI через фільтр 32, редуктор тиску 31, сопло 30 і запірний клапан 28. Тиск і температура контролюються манометром і термометром; у разі перевищення нормального тиску пара скидається через запобіжний клапан 29 і трубопровід VIII в атмосферу. Конденсат з випарника відсмоктується насосом 18 і через фільтр 19 може направлятися для повторної циркуляції у випарник.

Тиск конденсату контролюється манометром, установленим у клапан 27, який пропускає конденсат через клапан 25 і випускний конденсаційний трубопровід XII.

Відведення конденсату від опріснювача здійснюється через клапан 26 по трубопроводу XI. Дистилят з опріснювача відсмоктується насосом 21 і по трубопроводу X направляється в ємність для прісної води. Якість одержуваного дистиля-

ту контролюється соленоміром 24 від датчика 20. У разі засолювання дистилляту подається сигнал зумером 23.

Пробу дистилляту можна відбирати через кран 22 по трубопроводу з соленоїдним клапаном 17 від сепаратора В. У разі потреби дистиллят через клапан і трубопровід IX можна спустити за борт.

2.4. Вибір основних робочих параметрів суднової опріснювальної установки

Основними параметрами опріснювальної установки, які призначаються при проектуванні, є: продуктивність, температура гріючої води або пари, коефіцієнт подачі живильної води або коефіцієнт продування розсолу, температура заборотної води, якість дистилляту.

Продуктивність опріснювальної установки встановлюють на судні, виходячи з добової витрати прісної води. Вона повинна перевищувати добову витрату приблизно в 1,5...2 рази.

Температура гріючої води на вході утилізаційної вакуумної опріснювальної установки дорівнює вихідній температурі охолоджуючої води першого контуру системи охолодження ДВЗ (головного або допоміжного) на номінальному режимі його роботи і залежить від типу двигуна. При цьому теплота, відведена з охолоджуючою водою двигуна, використовується частково. Тому витрата енергії на отримання дистилляту в таких опріснювачах визначається не витратою теплоти, витраченої на випаровування морської води, а витратою електроенергії на привід насосів, які обслуговують установку.

Для глибоковакуумних опріснювальних установок характерні низька температура середовищ, а також великий

питомий об'єм пари. У цих умовах основними чинниками, що впливають на утворення накипу, є: концентрація розсолу і час затримки розсолу в об'ємі випарника, висота трубок грійної батареї, тиск (температура) випаровування, питомих паровідбір з поверхні теплообміну. Зі зменшенням цих величин знижується швидкість утворення накипу, а, отже, зростає період роботи опріснювача між чистками від накипу. Однак при цьому збільшуються габарити опріснювача.

Величина часу затримки розсолу залежить від кількості живильної води, коефіцієнта подачі (відношення кількості живильної води до продуктивності опріснювача). Збільшення цього коефіцієнта приводить до зменшення часу затримки і, відповідно, до зниження швидкості утворення накипу. Для суднових опріснювачів коефіцієнт подачі живильної води приймається рівним 3,5...5,0, що відповідає значенням коефіцієнта продування розсолу 2,5...4,0 (відношення кількості розсолу, що продувається, до продуктивності опріснювача). При цьому фактичний час затримки розсолу в зоні нагріву і кипіння визначається довжиною трубок грійної батареї і швидкістю руху випаровуючої води в трубках.

Температура і тиск випаровування в опріснювачі залежать від режиму роботи конденсатора, і зокрема – від температури заборотної води на вході та кратності охолодження (відношення витрати охолоджуючої води до продуктивності опріснювача).

Початкова температура охолоджуючої заборотної води залежить від району плавання, пори року і може коливатися від -2°C взимку в полярному басейні до $+30...32^{\circ}\text{C}$ у тропіках. Річне коливання температури морської води на поверхні морів і океанів у тропіках не перевищує 5°C , а в північних широтах становить $10...15^{\circ}\text{C}$.

Середньорічна температура морської води в південних широтах становить 30 °С, а в середніх широтах 23 °С. Тому для транспортних суден з необмеженим районом плавання розрахункову температуру охолоджуючої води зазвичай вибирають у межах $t_{\text{зв}} = 23...24$ °С. Для суден з обмеженим районом плавання за розрахункову температуру охолоджуючої води беруть середню між максимальною і середньорічною температурами води в районах плавання. Для криголамів цей параметр часто приймають $t_{\text{зв}} = 10...15$ °С.

В результаті від вибору і призначення зазначених режимних і конструктивних характеристик опріснювальної установки залежить швидкість відкладення накипу на теплообмінних поверхнях і теплова ефективність роботи опріснювача.

3. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ОПРІСНЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

3.1. Основні положення теплового розрахунку ВОУ

Гріюча батарея і конденсатор опріснювальної установки (ОУ) відносяться до теплообмінних апаратів рекуперативного (поверхневого) типу, в яких процес теплообміну між гарячим і холодним теплоносіями здійснюється через розділяючу стінку, що передає тепло.

Тепловий розрахунок таких теплообмінних апаратів (ТА) може бути:

а) **конструкторським**, метою якого є визначення площі поверхні теплообміну і компонування ТА шляхом варіантного вибору співвідношення довжини й еквівалентного діаметра;

б) **перевірочним**, при якому встановлюється режим роботи апарату і визначаються кінцеві температури теплоносіїв при відомій поверхні ТА і його компонування.

В обох випадках основними розрахунковими рівняннями є:

– **рівняння теплопередачі**

$$Q = K \cdot F \cdot (t_1 - t_2), \quad (1)$$

де Q – теплова потужність, Вт;

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м² К);

t_1 – температура гарячого теплоносія, °С (К);

t_2 – температура холодного теплоносія, °С (К);

– **рівняння теплового балансу**

$$Q_1 = Q_2 + \Delta Q, \quad (2)$$

де $Q_1 = G_1 \cdot (t'_1 + t''_1) = G_1 \cdot (t'_1 + t''_1) - (t'_1 + t''_1)$ – кількість теплоти, що віддається гарячим теплоносієм, Вт;

$Q_2 = G_2 \cdot (t'_2 + t''_2) = G_2 \cdot C_{p2} \cdot (t'_2 + t''_2)$ – кількість теплоти, прийнята холодним теплоносієм, Вт;

ΔQ – втрати теплоти в навколишнє середовище, Вт;

G_1 та G_2 – масові витрати гарячого і холодного теплоносіїв, кг/с;

$(t'_1 - t''_1)$ – зміна ентальпії гарячого теплоносія, Дж/кг;

$(t'_2 - t''_2)$ – зміна ентальпії холодного теплоносія, Дж/кг;

C_{p1} , C_{p2} – питомі теплоємності теплоносіїв при постійному тиску, Дж/(кг·К);

t'_1 , t''_1 – температура гарячого теплоносія на вході і виході з апарату, °С;

t'_2 , t''_2 – температура холодного теплоносія на виході і вході апарату, °С.

У загальному випадку температура теплоносіїв змінюється: гаряча – охолоджується, а холодна – нагрівається. Разом з цим змінюється температурний напір між ними:

$$\Delta t_i = (t_1 + t_2).$$

У таких умовах рівняння теплопередачі (1) може бути застосовано лише в диференціальній формі:

$$dQ = K_i \cdot \Delta t_i \cdot dF_i.$$

Загальна кількість теплоти, передана через усю поверхню, визначається інтегралом цього виразу:

$$Q = \int_0^F K_i \cdot \Delta t_i \cdot dF_i = K \cdot \Delta t \cdot F. \quad (3)$$

Це і є розрахункове рівняння теплопередачі, де Δt – середнє значення температурного напору по всій поверхні нагрівання; i – номер поточного елемента поверхні теплообміну від входу ТА.

3.2. Розрахунок середнього температурного напору

Зміна температурного напору вздовж поверхні теплообміну залежить від схеми руху теплоносіїв: прямотечія, протитечія, багаторазово перехресна течія та ін.

Однак якщо температура хоча б одного теплоносія постійна, то середнє значення температурного напору (незалежно від схеми руху) виявляється одним і тим же. Так само виходить при кипінні рідин і при конденсації пари або коли витрата одного з двох теплоносіїв настільки велика, що її температура змінюється дуже мало [6].

Характер зміни температур теплоносіїв у грійочій батареї і конденсаторі утилізаційного опріснювача типу «Атлас» представлені відповідно на рис. 9 та 10.

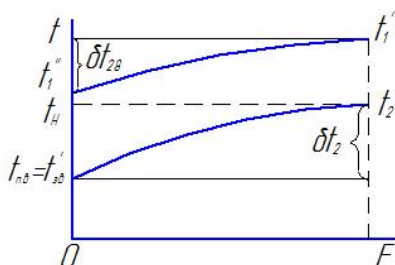


Рисунок 9. Характер зміни температур теплоносіїв у грійочій батареї ОУ

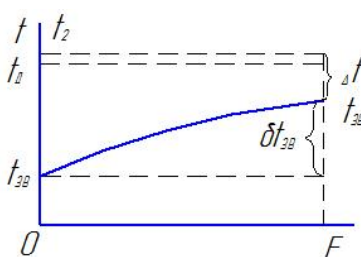


Рисунок 10. Характер зміни температур теплоносіїв у конденсаторі ОУ

Тут важливо зазначити, що конденсатор і грійоча батарея опріснювальної установки типу «Атлас» розміщені всередині єдиного корпусу випарника. Тому температура насичення вторинної пари і температура її конденсації взаємозв'язані і визначаються головним чином температурним режимом роботи конденсатора. При цьому температура живильної води на вході в грійочу батарею визначається температурою

охлаждающей морской воды на выходе из конденсатора, тобто $t_{\text{пв}}' = t_{\text{зв}}'$.

При теплових розрахунках теплообмінних апаратів ВОУ користуються узагальненою формулою середньологарифмічного температурного напору для прямотечії та протитечії, **висновок яких** наведено в роботі [6].

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{в}}}} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{2,303 \ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{в}}}}, \quad (4)$$

де через Δt_{δ} позначений більший, а через $\Delta t_{\text{м}}$ менший температурні напори між гарячим і холодним теплоносіями, незалежно від початку і кінця поверхні теплообміну.

3.3. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі

Коефіцієнт теплопередачі K , Вт/(м²·К), визначає кількість теплоти, що передається від гарячого теплоносія до холодного в одиницю часу через одиницю площі при температурному напорі, який дорівнює одному градусу.

При розрахунку гріючої батареї-випарника, як і при розрахунку конденсатора, зазвичай нехтують кривизною стінки трубки і значення коефіцієнта теплопередачі випарника $K_{\text{в}}$ знаходять для плоскої стінки за формулою:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{\delta_{\text{м}}}{\lambda_{\text{м}}} + \frac{1}{a_2}},$$

або

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{a_2} + \frac{\delta_{\text{м}}}{\lambda_{\text{м}}} + \frac{1}{a_2},$$

де a_1 – коефіцієнт тепловіддачі від гарячого теплоносія до стінки трубки, Вт/(м²·К);

a_2 – коефіцієнт тепловіддачі від стінки трубки до холодно-го теплоносія, Вт/(м²·К);

λ_m – коефіцієнт теплопровідності металу, з якого виготовлена трубка, Вт/(м·К);

δ_m – товщина стінки трубки, м.

Числові значення коефіцієнтів тепловіддачі a_1 і a_2 , а отже, і коефіцієнта теплопередачі K залежать від виду й агрегатного стану теплоносіїв (пара, повітря, вода, паливо, масло), характеру процесу (нагрівання, кипіння, випаровування, конденсація), режиму обтікання теплообмінної поверхні та ін.

З огляду на неможливість їх аналітичного обчислення, значення знаходять на основі критеріальних і емпіричних залежностей, отриманих шляхом узагальнення експериментальних досліджень по вивченню подібних процесів у теплообміні з використанням критеріїв подібності:

- число Рейнольдса $Re = w \cdot d / \nu$ – критерій гідродинамічної подібності, характеризується співвідношенням сил інерції і сил молекулярного тертя в потоці та визначає режим вимушеного руху теплоносіїв (ламінарний або турбулентний);

- критерій Нуссельта $Nu = a \cdot d / \lambda$ – характеризує інтенсивність тепловіддачі;

- критерій Прандтля $Pr = \nu / a$ – характеризує фізичні властивості рідини;

- критерій Галілея $Ga = g d^3 / \nu^2$ – є мірою відношення сил молекулярного тертя і сил тяжіння в потоці;

- критерій Кутателадзе $Ku = r / c \cdot (t_n - t_d)$ є мірою відношення теплового потоку, що йде на зміну агрегатного стану (конденсації) до теплоти переохолодження конденсату щодо температури насичення.

Величини, що входять у критерії подібності:

w – швидкість руху середовища, м/с;

ν – кінематична в'язкість середовища, м²/с;

d – характерний розмір теплообмінної стінки, м;

α – коефіцієнт тепловіддачі від грійного середовища до теплопередавальної стінки або від стінки до середовища, що нагрівається, Вт/(м²·К);

λ – теплопровідність теплоносія (середовища), Вт/(м·К);

α – коефіцієнт температуропровідності середовища, м²/с;

$g = 9,81$, м²/с, прискорення вільного падіння;

r – теплота пароутворення, кДж/кг;

C – ізобарна теплоємність конденсату, кДж/(кг·К).

3.4. Розрахунок поверхні теплообміну

Після визначення теплової потужності Q на основі рівняння теплового балансу (2), числових значень середнього температурного напору Δt (4) і коефіцієнта теплопередачі K (5) проводиться розрахунок поверхонь теплообміну грійної батареї (випарника) і конденсатора ОУ з застосуванням основного рівняння теплопередачі (3):

$$F = Q/K\Delta t. \quad (6)$$

За відомою величиною поверхонь теплообміну здійснюється конструктивне компонування основних елементів ОУ: грійної батареї, конденсатора і камери випаровування. З огляду на те, що теплообмінні поверхні грійної батареї і конденсатора виконані з прямих труб, при їх компонуванні, варіюючи значеннями довжини, кількістю трубок і щільністю їх упаковки в трубній дощці, визначають еквівалентний внутрішній діаметр названих теплообмінних апаратів з урахуванням особливостей організації продувки розсолу й організації руху охолоджуючої заборотної води.

3.5. Тепловий розрахунок утилізаційної опріснювальної установки типу «Д» з обігрівом, що гріється водою від головного двигуна

В основу теплового розрахунку покладено рекомендації, наведені в роботах [1], [3], [5], [8], [10].

Вихідними даними для розрахунку є: тип опріснювальної установки, її продуктивність, температура гріючої води на вході в дистиллятор, температура заборотної води і коефіцієнт продування.

Тепловий розрахунок опріснювальної установки складається з наступних етапів:

- визначення параметрів вторинної пари;
- теплового розрахунку гріючої батареї і визначення її конструктивних розмірів;
- теплового розрахунку конденсатора і визначення його конструктивних розмірів;
- розрахунку потужності дистилатного та насосів заборотної води.

3.5.1. Визначення робочих параметрів, конструкційних даних, потужності механізмів водоопріснювальної установки

1. Температура гріючої води на виході з гріючої батареї t''_1 , °C,

де $t'_1 = 70$ °C – температура гріючої води;

$\delta t_{г.в.} = 10$ °C – температура втрати гріючої води;

$$t''_1 = t'_1 - \delta t_{г.в.}$$

$$t''_1 = 60 \text{ °C.}$$

2. Середня температура гріючої води t_{cp1} , °C,

$$t_{cp1} = (t''_1 + t'_1)/2$$

$$t_{cp1} = 65 \text{ °C.}$$

3. Середня температура охолоджуючої води в конденсаторі $t_{3.в}^{cp}$, °C,

$$t_{3.в}^{cp} = t_{3.г} + \delta t_{3.г} / 2$$

$$t_{3.г}^{cp} = 31,5 \text{ °C},$$

де $t_{3.в} = 28 \text{ °C}$ – температура забортної води.

4. Нагрівання охолоджуючої води в конденсаторі $\delta t_{2.г}$, °C,

$$\delta t_{2.г} = 4 \dots 10 \text{ °C}.$$

5. Температурний напор у конденсаторі $\Delta t_{н}$, °C,

$$\Delta t_{н'} = t_{I}^{cp} - t_{3.г}^{cp} / (1 + \sqrt{\frac{K_u}{K_u}});$$

де $\frac{K_u}{K_u} = 2;$

$$\Delta t_{н'} = 13,9 \text{ °C}.$$

6. Температура вторинної пари t_2 , °C,

$$t_2 = t_{3.в}^{cp} + \Delta t_{н};$$

$$t_2 = 45,4 \text{ °C}.$$

7. Тиск вторинної пари, P_2 , кПа, знаходимо з таблиць водяної пари

$$P_2 = 9,7 \text{ кПа}.$$

8. Ентальпію вторинної пари i_2 , кДж/кг, знаходимо з таблиць водяної пари:

$$i_2 = 2584,39 \text{ кДж/кг}.$$

9. Теплоту пароутворення вторинної пари r_2 , кДж/кг, знаходимо з таблиць водяної пари:

$$r_2 = 2395,8 \text{ кДж/кг}.$$

10. Питомий об'єм вторинної пари ν_2 , м³/кг, знаходимо з таблиць водяної пари:

$$\nu_2 = 15,28 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

3.5.2. Виконуємо тепловий розрахунок грійучої батареї, корпусу водоопіснювальної установки

1. Витрата живильної води G , кг/год,

$$G = (\varepsilon - 1) \cdot G_2,$$

де $\varepsilon = 2 \dots 3$ – коефіцієнт продування;

$$G = 2466,7 \text{ кг/год}.$$

2. Кількість розсолу, що продувається, $G_{\text{пр}}$, кДж/год,

$$G_{\text{пр}} = \varepsilon \cdot G_2,$$

$$G_{\text{пр}} = 1850 \text{ кДж/год}.$$

3. Кількість тепла для підігріву і випаровування води Q , кДж/год,

$$Q = G_2 r_2 + G C_{\text{пр}} (t_2 - t_{\text{пв}}) \varphi;$$

$C_{\text{пр}} = 4,157$, знаходимо в [4, табл. 5];

$$t_{\text{пв}} = t_{\text{зв}} + \delta t_{\text{пв}};$$

$$G = 1584593,9 \text{ кДж/год}.$$

4. Витрата грійучої води, $W_{\text{гр}}$, кг/год,

$$W_{\text{гр}} = G_{\text{гр}} / \rho_{\text{гр}};$$

де $\rho_{\text{гр}} = 977,8 \text{ кг/м}^3$ – густина води;

$$W_{\text{гр}} = 45,54 \text{ кг/год}.$$

5. Критерій Рейнольдса для потоку грійучої води

$$\text{Re} = w d / \gamma 106,$$

де $\gamma_{106} = 0,415$, знаходимо в [4 табл. 5];

$$Re = 30843,4.$$

6. Критерій Нуссельта для потоку гріючої води

$$Nu = 0,0263 Re^{0,8} Pr^{0,35},$$

де $Pr = 2,55$ – критерій Прандтля для гріючої води [4, табл. 5];

$$Nu = 142,4.$$

7. Коефіцієнт тепловіддачі від гріючої води до труб гріючої батареї a_1 , Вт/(м²°C),

$$a_1 = \lambda_{гр} Nu/d;$$

де $\lambda_{гр} = 0,667$, знаходимо в [4, табл. 5];

$$a_1 = 5939,2 \text{ Вт/(м}^2\text{°C)}.$$

8. Середня температура стінки труби гріючої батареї $t_{ст}^{cp}$, °C,

$$t_{ст}^{cp} = 0,5 \left(\frac{t_1' + t_1''}{2} + \frac{t_2 + t_{ne}}{2} \right),$$

$$t_{ст}^{cp} = 52,6 \text{ °C}.$$

9. Середня різниця температур стінки труб і розсолу δ_t , °C,

$$\delta_t = t_{ст}^{cp} - \frac{t_2 + t_{ne}}{2},$$

$$\delta_t = 12,4 \text{ °C}.$$

10. Температурний тиск у гріючій батареї Δt_H , °C,

$$\Delta t_H = (t_1' - t_1'') - (t_1'' - t_2) / 2,33 \lg \frac{t_1' + t_{ne}}{t_1'' - t_2},$$

$$\Delta t_H = 23,36 \text{ °C}.$$

11. Коефіцієнт теплопередачі в грійочій батареї K_u , Вт/($\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

$$K_u = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{\delta}{\lambda_m} + \frac{d}{d_e} + \frac{1}{a_2}},$$

де $\lambda_m = 300 \cdot 1,16$ для мельхіора;

$$K_u = 14753709 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}).$$

12. Тепловий потік Φ , Вт,

$$\Phi = Q/3,6;$$

$$\Phi = 440165,0 \text{ Вт}.$$

13. Поверхня нагріву грійочної батареї F , м^2 ,

$$F = \Phi/\beta_3 K_u \Delta t_u;$$

де $\beta_3 = 0,75$ – коефіцієнт, який враховує забруднення грійочної батареї накипом;

$$F = 17,3 \text{ м}^2.$$

14. Кількість труб грійочної батареї n_u , шт,

$$n_u = F_u/\pi_b l_u;$$

де l_u – довжина труб. Попередньо приймається, потім послідовним наближенням отримуємо:

$$n_u = 605 \text{ шт};$$

$$l_u = (0,7 \dots 0,8) \cdot D.$$

15. Еквівалентний діаметр трубного пучка грійочної батареї D , м,

$$D = 1,05 S_u \sqrt{z_u n_u \eta_{\text{тр-и}}},$$

де $S_u = 1,3d$ – крок труб при ромбічному розташуванні на трубних дошках;

$z_{\text{и}} = 2$ – кількість ходів гріючої води;
 $\eta_{\text{тр и}} = 0,7 \dots 0,8$ – коефіцієнт, який враховує заповнення
 трубної дошки;

$$D = 0,858 \text{ м.}$$

16. Діаметр корпусу $D_{\text{в}}$, м,

$$D_{\text{в}} = \sqrt{4G_2V_2 / \pi R_F},$$

де $R_F = 5000 \dots 9000 \text{ м}^3/\text{см}^2$ – напруження дзеркала випарювання [4, с. 133].

Приймається значення R_F , яке дозволяє отримати $D_{\text{в}}$, необхідне для розміщення конденсатора:

$$D_{\text{в}} = 1,31 \text{ м.}$$

17. Висота корпусу H , м,

$$H = 4G_2 \cdot V_2 / R_v \cdot \pi \cdot D_{\text{в}}^2 + D_{\text{к}}^2 \cdot l_{\text{к}} / D_{\text{в}}^2,$$

де $R_v = 4000 \dots 10000 \text{ м}^3/\text{см}^2$ – напруження парового об'єму [1, с. 133];

$D_{\text{к}}$, м – еквівалентний діаметр трубного пучка конденсатора;

$$H = 1,71 \text{ м.}$$

3.5.3. Виконуємо тепловий розрахунок конденсатора

1. Кількість тепла, яке відводиться від вторинного пару $Q_{\text{п}}$, кДж/год,

$$Q_{\text{п}} = G_2(i_2 - i_{\text{д}});$$

де $i_{\text{д}} = 186,4 \text{ кДж/кг}$ – визначається з таблиць водяної пари теплоутримання дистилляту, що відповідає тиску на виході з конденсатора;

$\Delta P = 0,1 \dots 0,2$ – паровий опір конденсатора;

$$Q_{\text{п}} = 147884,4 \text{ кДж/год.}$$

2. Кратність охолодження m

$$m = \frac{i_2 - i_{\text{Д}}}{C_{\text{зв}} (t'_{\text{зв}} - t_{\text{зв}})};$$

де $t'_{\text{зв}} = t_{\text{зв}} + \delta t_{\text{зв}}$, °С – температура забортної води на виході з конденсатора;

$C_{\text{зв}} = 4,175 \text{ кДж/(кг) } ^\circ\text{С}$, знаходимо в [4, табл. 4];

$$m = 82,05.$$

3. Витрати охолоджуючої води $G_{\text{зв}}$, кг/год,

$$G_{\text{зв}} = 50601,9 \text{ кг/год.}$$

4. Витрати охолоджуючої води $W_{\text{зв}}$, м³/год,

$$W_{\text{зв}} = C_{\text{зв}} / \rho_{\text{зв}}.$$

де $\rho_{\text{зв}} = 1020 \text{ кг/м}^3$ знаходимо в [4, табл. 4];

$$W_{\text{зв}} = 49,61 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

5. Температурний натиск у конденсаторі $\Delta t_{\text{пк}}$, °С,

$$t_{\text{пк}} = [(t' - t_{\text{зв}}) - (t_2 - t'_{\text{зв}})] / 2,3 \lg \frac{t' - t_{\text{зв}}}{t_2 - t'_{\text{зв}}};$$

де $t' = 44,5 \text{ } ^\circ\text{С}$ – температура дистилату, визначається за значенням P_2 із таблиць водяної пари

$$\Delta t_{\text{пк}} = 13,23 \text{ } ^\circ\text{С.}$$

6. Коефіцієнт теплопередачі в конденсаторі $K_{\text{к}}$, Вт/(м² °С),

$$K_{\text{к}} = 794 \sqrt{w_{\text{зв}}} \sqrt{t_{\text{зв}}^{\text{ср}} + 17,8 \times 1,16},$$

де $w_{\text{зв}} = 1 \dots 1,5 \text{ м/с}$ – швидкість охолоджуючої води в трубах конденсатора згідно з [4, с. 39]. При виборі величини необхідно враховувати раніше прийняті умови:

$$\frac{K_{\kappa}}{K_u} = 2,$$

$$K_{\kappa} = 2887,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{С}).$$

7. Поверхня охолодження конденсатора F_{κ} , м^2

$$F_{\kappa} = Q_{\Pi}/3,6 \cdot K_{\kappa} \cdot \Delta t_{\kappa},$$

$$F_{\kappa} = 0,42 \text{ м}^2.$$

8. Кількість трубок конденсатора n_{κ} , шт,

$$n_{\kappa} = 4z_{\kappa} \cdot W/3600 \cdot \pi \times d_{\text{в}} \cdot w_{\text{зв}}, \text{ шт.},$$

де $z_{\kappa} = 2 \dots 4$ – кількість ходів охолодженої води;

$d_{\text{в}} = 0,014$ – внутрішній діаметр труб конденсатора;

$$n_{\kappa} = 128 \text{ шт.}$$

9. Еквівалентний діаметр трубного пучка конденсатора D_{κ} , м,

$$D_{\kappa} = 1,05 S_{\text{н}} \sqrt{\frac{z_{\text{н}} \times n_{\text{н}}}{\eta_{\text{тр.н}}}};$$

де $S_{\text{н}} = 1,3 d$, м – крок труб;

$d = 0,016$ м – зовнішній діаметр труб конденсатора;

$\eta_{\text{тр.к}} = (0,6 \dots 0,7)$ – коефіцієнт заповнення трубної дошки;

$$D_{\kappa} = 0,42 \text{ м.}$$

10. Довжина труб конденсатора $l_{\text{н}}$, м,

$$l_{\text{н}} = F_{\text{н}}/\pi d n_{\text{н}}$$

$$l_{\text{н}} = 1,67 \text{ м.}$$

4. РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ НАСОСІВ

4.1. Розрахунок насоса заборотної води

1. Тиск нагнітання $P_{\text{н}}$, МПа, (заданий),

$$P_{\text{н}} = 0,4 \dots 0,5 \text{ МПа.}$$

Приймаємо $P_{\text{н}} = 0,5 \text{ МПа.}$

2. Тиск всмоктування $P_{\text{е}}$, МПа, (заданий),

$$P_{\text{е}} = 0,02 \dots 0,03 \text{ МПа.}$$

Приймаємо $P_{\text{е}} = 0,03 \text{ МПа.}$

3. Напір насоса H , м,

$$H = [(P_{\text{н}} - P_{\text{в}}) / \rho_{\text{зв}} \times g] 10^6.$$

Приймаємо $H = 46,97 \text{ м.}$

4. Подача насоса Q , м³/год; q , м³/с:

$$Q = 1,2[(G_2 + G_{\text{пр}} + G_{\text{зв}}) / \rho_{\text{зв}}],$$

$$Q = 62,43 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$q = Q/3600, \quad q = 0,017 \text{ м}^3/\text{с}.$$

5. Потужність насоса $N_{\text{н}}$, кВт,

$$N_{\text{н}} = \rho_{\text{зв}} \cdot g \cdot H \cdot q / 1000 \eta_{\text{н}};$$

де $\eta_{\text{н}} = (0,8 \dots 0,85);$

$$N_{\text{н}} = 9,59 \text{ кВт.}$$

6. Потужність електродвигуна $N_{\text{е}}$, кВт,

$$N_{\text{е}} = N_{\text{н}} / \eta_{\text{е}};$$

де $\eta_{\text{е}} = (0,86 \dots 0,87);$

$$N_{\text{е}} = 11,15 \text{ кВт.}$$

4.2. Розрахунок дистильного насоса

1. Тиск нагнітання $P_{\text{н}}$, МПа, (заданий),

$$P_{\text{н}} = 100 \dots 150 \text{ МПа.}$$

Приймаємо $P_{\text{н}} = 150 \text{ МПа.}$

2. Тиск всмоктування $P_{\text{в}}$, МПа, (заданий),

$$P'_{\text{в}} = 9,5 \text{ МПа.}$$

3. Напір насоса H , м,

$$H = [(P_{\text{н}} + P_{\text{в}}) / \rho \times g] 10^3;$$

де $\rho = 988,1 \text{ кг/м}^3$;

$$H = 13,88 \text{ м.}$$

4. Подача насоса Q , м³/год; q , м³/с:

$$Q = 1,2 \cdot G_2 / \rho_{\text{д}};$$

$$Q = 0,749 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

$$q = Q / 3600; \quad q = 0,00021 \text{ м}^3 / \text{с.}$$

5. Потужність насоса $N_{\text{н}}$, кВт,

$$N_{\text{н}} = g \cdot \rho_{\text{д}} \cdot H \cdot q / 1000 \eta_{\text{н}};$$

де $\eta_{\text{н}} = (0,7 \dots 0,8)$;

$$N_{\text{н}} = 0,036 \text{ кВт.}$$

6. Потужність електродвигуна $N_{\text{е}}$, кВт,

$$N_{\text{е}} = N_{\text{н}} / \eta_{\text{е}},$$

де $\eta_{\text{е}} = (0,86 \dots 0,87)$;

$$N_{\text{е}} = 0,041 \text{ кВт.}$$

5. ЕКСПЛУАТАЦІЯ ВОДООПРІСНЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК

Внаслідок різноманіття конструкцій водоопріснювальних установок, що використовуються на морських судах, у даний час немає навчальних посібників, в яких були б вичерпні дані інструкцій з їх експлуатації. Це пов'язано з тим, що інструкції складаються окремо для кожної водоопріснювальної установки відповідно до її індивідуальних особливостей і це питання викладено в правилах технічної експлуатації (ПТЕ).

При обслуговуванні випарних установок слід керуватися загальними вимогами ПТЕ, зокрема вимогами огляду перед пуском всього обладнання й арматури, до установки арматури в положення, передбачені інструкцією заводу-виробника, і т. п. Після виведення з дії (зупинки) для забезпечення готовності до наступного пуску ПТЕ передбачають перевірку стану всіх деталей і усунення всіх дефектів.

Справність запобіжних клапанів обов'язково треба перевіряти не рідше одного разу на місяць.

Перший пуск (після ремонту) і підготовка установки до дії повинні проводитися під керівництвом і наглядом механіка, в експлуатації якого знаходиться водоопріснювальна установка.

Підготовку до дії установок з вакуумними і безвакуумними випарниками та утилізаційних випарних установок (які працюють на охолоджуючій воді ДВЗ) необхідно починати з наповнення випарника забортною водою, а для випарників, що працюють при тиску понад 0,1 МПа – з наповнення прісною водою з суднових запасів до рівня, передбаченого заводською інструкцією.

Для випуску повітря з випарника повинен бути відкритий повітряний кран або кран мановакуумметра (після закінчення наповнення кран закривають).

При пуску водоопріснювальної установки з вакуумним випаровуванням необхідно перевірити щільність з'єднань обладнання, для чого треба:

- прокачати конденсатор водоопріснювальної установки забортною водою (або охолоджуючим конденсатом) і переконатися, що забезпечено необхідне значення вакууму;

- повністю відкрити клапани вторинної пари і переконатися у щільності всіх з'єднань, що дозволяє своєчасно виявити й усунути підсос повітря;

- при наявності регуляторів продуктивності (збірників конденсату) дистильного та конденсатного насосів відкрити клапани відсмоктування повітря з них;

- провести продувку нагрівальних елементів випарників і видалити з них повітря, залишаючи злегка відкритим клапан подачі пари гріючого випарника (при утилізаційній установці на один оберт відкрити клапан гріючої води);

- запустити розсольний насос (для безповерхневих випарних установок – циркуляційний насос і ежектор або насос для видалення розсолу за борт). Одночасно забезпечити подачу живильної води у випарник;

- при появі дистилляту у вказівному склі конденсатора вторинної пари (або збірнику дистилляту) запустити дистильтний насос;

- при отриманні дистилляту потрібної якості поступово повністю відкрити клапан гріючої пари і встановити нормальне живлення.

Для установок з паровими випарниками конденсаційний (відкачуючий) насос запускають при появі конденсату у вказівному склі збірника конденсату (при його наявності).

Необхідно пам'ятати, що швидке введення водоопріснювальної установки в дію може призвести до засолення дистилляту, що призведе до виходу установки з ладу.

В установках з безвакуумними паровими випарниками повітряний кран закривають, коли з нього з'являється пара (вторинна), клапан вторинної пари відкривають тільки при досягненні нормального тиску у випарнику. Клапан відкривають повільно, так, щоб тиск у випарнику не знизився.

При обслуговуванні випарних установок під час дії необхідно:

- вести спостереження за роботою випарника за показаннями контрольно-вимірювальних приладів, підтримувати необхідні значення параметрів роботи випарника відповідно до заводської інструкції;

- у випарнику, що має оглядові вікна, вести спостереження за процесом випаровування;

- постійно контролювати продуктивність установок.

Для нормальної роботи установки необхідно:

1. Забезпечити відповідність якості дистилляту вимогам ПТЕ.

2. Підтримувати рекомендоване заводською інструкцією значення вакууму (або тиску) у випарнику.

3. Спостерігати за рівнем води у випарнику і рівнем дистилляту в конденсаторі, підтримуючи їх у межах, передбачених заводською інструкцією. При наявності автоматичних регуляторів рівнів систематично перевіряти їх дію.

4. Не допускати різкого збільшення спінювання розсолу, зростання шару піни по висоті, що відбувається з більшою швидкістю при порушенні нормального режиму роботи випарника. В результаті зменшується висота парового простору випарника і збільшується загальна кількість дрібних крапель з парою.

5. Спостерігати за справною роботою конденсатного (дистиллятного), живильного і розсольного насосів. Для безпверхневих випарних установок необхідно стежити також за роботою циркуляційного насоса.

6. При наявності вакуумних парових випарників стежити за підтриманням необхідного тиску пари перед ежектором і температури охолоджуючої води на виході з охолоджувача ежектора. При охолодженні охолоджувача ежектора конденсатом перевірити справність дії регулятора температури конденсату за показаннями термометра. При відсутності автоматичної рециркуляції конденсату регулювання робити вручну.

7. При наявності утилізаційних випарників на судах з ДВЗ стежити за підтриманням необхідного тиску води перед соплами ежектора для підтримки вакууму.

8. Своєчасно видаляти відкладення солей на поплавцевих витратомірах для запобігання заїдання поплавця-показчика, оскільки заїдання його може стати причиною хибних показників витрати.

9. При наявності вакуумних і безвакуумних парових випарників стежити за підтриманням необхідного тиску гріючої пари. При наявності регуляторів тиску (детандерів) систематично перевіряти справність їх дії.

10. При наявності утилізаційних випарників на судах з ДВЗ треба стежити за різницею температур гріючої води до і після випарника, яка повинна знаходитися в межах, передбачених інструкцією.

11. Оскільки солоність розсолу у випарнику визначає режим живлення і продування, а також впливає на якість дистилату й інтенсивність накипоутворення, треба здійснювати безперервний контроль за режимом продування випарника, періодично, через кожні 2 год роботи відбирати проби для визначення загального вмісту солі розсолу, вести контроль за показаннями витратоміра (лічильника витрати), що продувається.

12. Вести безперервний контроль і спостереження за якістю дистилату за показаннями штатних солонімірів і один

раз на добу брати дистилат на хімічний аналіз. Результати аналізів звіряти з показаннями штатних солономірів.

13. При зниженні продуктивності установки більш ніж на 20 % від нормальної застосовувати холодний душ або холодне продування (термомеханічне видалення накипу), а також механічну або хімічну очистку поверхонь випарників від накипу. При холодному продуванні після припинення подачі гріючої пари в парову батарею прокачати через спеціальний трубопровід (діаметром 20...30 мм) прісну воду (від гідрофора) миючої води протягом 2...3 хв. Практично у випарнику надлишкового тиску холодний душ використовують кожну вахту. У вакуумних випарниках холодне заповнення – щодобове або з періодичністю від двох до п'яти діб. Очищення випарників значно поліпшується після тривалої промивки зміювиків холодною морською водою. Подача в них потім пари з тиском 0,3...0,4 МПа забезпечує часткове руйнування накипу та його відшарування. Холодне продування дає великий ефект, оскільки час продування скорочується з 1...2 год до 2...3 хв, при цьому поліпшується очищення від накипу і збільшується продуктивність випарника приблизно на 16 %.

14. При раптовому підвищенні солоності дистилату вжити заходів до запобігання засолення котельні живильної води – посилити продування розсолу і зменшити подачу гріючої пари або гріючої води, що дозволить усунути причину підвищення солоності. Якщо цього виявиться недостатньо, то вивести випарну установку з дії, а після усунення причини підвищення солоності поступово довести установку до нормальної продуктивності.

При наявності системи захисту від засолення (вплив солономіра на клапан скидання дистилату) слід один раз за вахту перевіряти справність системи.

При виведенні з дії водоопріснювальної установки, що має вакуумні та безвакуумні парові випарники, необхідно осу-

шити конденсатор, видалити розсіл, наповнити випарник живильною водою вище рівня нагрівальних елементів і закрити клапани.

Заповнення випарника водою на період зупинки установки запобігає засиханню накипу і сприяє його частковому розчиненню (крім того, змочений накип легше піддається механічному видаленню).

15. Провести огляд і перевірку всієї арматури і трубопроводів, вимкнути живлення на пристрої автоматики аварійно-попереджувальної сигналізації і захисту.

Нормальний водний режим випарних установок забезпечується дотриманням рекомендованих концентрацій киплячого розсолу і дозуванням протинакипних препаратів.

Концентрація і склад розсолу випарників, у залежності від типу установки і водного режиму, повинні відповідати наступним показникам:

- у вакуумних установках, що працюють без хімічних реагентів, загальний солевміст не повинен перевищувати 40000...80000 мг/л, причому ця норма уточнюється в процесі експлуатації в залежності від якості дистиляту й ефективності видалення накипу холодним душем;

- в установках (вакуумних і безвакуумних), які працюють з використанням хімічних реагентів, загальний солевміст не повинен перевищувати 60000 мг/л (лужне число, фосфатне число й інші показники встановлюються за заводськими інструкціями). Протинакипні дії присадок засновано на їх особливості утворювати з солями накипоутворення (бікарбонатами кальцію і магнію) термічно стійкі розчинні сполуки, що залишаються в розсолі і видаляються при продуванні випарника. Для утримання солями накипоутворення в приготуваному стані в живильну воду випарника вводяться протинакипні присадки з розрахунку 10...20 г на 1 т приготованого дистиляту. Оскільки присадка не видаляє раніше

утворений накип, її слід вводити після очищення гріючої поверхні. Дія антивспінювачів заснована на їх здатності зменшувати механічну міцність плівки, що утворюється в системі – розсолу, і тим самим запобігати появі механічно міцних плівок, що утворюють піну. Кількість антивспінювача, що вводиться в живильну воду, становить 0,1...0,2 г на 1 т приготованого дистилляту. Антивспінювачі (емульсії 21-2А, ЕАІ, рідини ФДЛ-4) повинні вводитися в живильну воду безперервно і рівномірно протягом усього періоду роботи випарника. Застосовуються вони у випарниках, що працюють на морській воді у вакуум-режимах.

Антивспінювачами 21-2А та ЕАІ є емульговані суміші (емульсії) – рідини молочно-білого кольору. Антивспінювачі ФДЛ-4 і АДК-4 складаються з продуктів конденсації похідних поліетиленгліколей і за зовнішнім виглядом є маслянистими рідинами жовтого кольору.

Розчин присадки й антивспінювача готується щодоби з розрахунку на добову продуктивність випарника. Використовувати розчин після 24 годин приготування не рекомендується.

Порядок приготування розчину наступний. Розчинний бак наповнюють дистиллятом, кількість якого визначається за водомірним склом. Присадку й антивспінювач відмірюють тарованими ємностями в кількостях, необхідних для добової продуктивності випарника. Присадку й антивспінювач при енергійному перемішуванні повільно додають у воду і все це перемішують протягом 10...15 хв, не даючи йому розшаруватися.

Глибоковакуумні утилізаційні установки, які працюють майже в безнакипному режимі роботи, повинні оглядатися для ревізії гріючої батареї випарника (підігрівача розсолу) і конденсатора щорічно. Одночасно треба проводити перевірку гідравлічної щільності конденсатора, ретельно оглядати

внутрішні поверхні, перевіряти стан сепараторів і антикорозійного покриття.

Механічну очистку гріючих батарей від накипу проводять лише у випарних установках з надлишковим тиском гріючої пари. Основним недоліком механічної очистки поверхні нагрівання від накипу, крім її великої трудомісткості, є можливість залишення на поверхні нагрівання насічок від використаного механічного інструменту, які при подальшій роботі установки стають вогнищами інтенсивного накипформування.

Хімічні методи видалення накипу є більш ефективними та результативними, оскільки забезпечують більш повне видалення накипу без порушення захисного антикорозійного шару на внутрішніх поверхнях випарника. Соляна кислота добре розчиняє карбонатні відкладення, що з'являються на поверхнях нагріву глибоковакуумних водоопріснювальних установок. Утворені при цьому солі кальцію CaCl_2 і магнію MgCl_2 легко видаляються при промиванні випарника.

Кислотне очищення проводиться при стійкому зниженні продуктивності установки на 20...30 % через наявність накипу.

З метою зниження корозії внутрішніх поверхонь випарника до робочого розчину інгібованої соляної кислоти додатково додають 0,5 % (тобто 5 г/л) уротропіну. Розчин кислоти заливають через горловину оглядового скла в такій кількості, щоб при вертикальному розташуванні трубок гріючої батареї ним була покрита верхня трубна дошка. Кількість концентрованої кислоти G_K , необхідну для приготування розчину, визначають за формулою

$$G_K = C \cdot G_K / C_0,$$

де G_K – кількість води, що необхідна для заповнення випарника до зазначеного рівня, кг;

C – необхідна концентрація розчину, % (зазвичай 3...4 %);

C_0 – концентрація інгібованої соляної кислоти, що поставляється хімічною промисловістю, %.

Оскільки по мірі розчинення накипу концентрація робочого розчину різко знижується, при очищенні через кожні 15 хвилин необхідно вимірювати концентрацію розчину ареометром або проводити хімічний аналіз нейтралізації лугом розчину кислоти. Якщо концентрація кислоти в розчині, що знаходиться у випарнику, знизиться до 1 %, частину розчину зливають, додають нову порцію або повністю замінюють розчин. Припинення зниження концентрації кислоти в розчині, що знаходиться у випарнику, вказує на закінчення процесу розчинення накипу. Зазвичай тривалість кислотного очищення становить 2...3 год (при великій товщині шару накипу – 4...5 год).

Водоопріснювальні установки типу Д-5 дозволяють проводити очищення випарників від накипу протягом 2...3 год 7%-им розчином інгібованої соляної кислоти з його підігрівом до 45...50 °С і навіть 8...10%-им розчином, але без підігріву.

Якість очищення підвищується при перемішуванні розчину насосом, для чого використовується заводське переносне насосне обладнання. При відсутності останнього може виникнути необхідність у неодноразовій зміні розчину кислоти у випарнику.

Кислотне очищення закінчується нейтралізацією розчину, який знаходиться у випарнику. Для нейтралізації використовується сода або тринатрійфосфат у кількості, достатній для отримання лужного розчину з концентрацією лугу до 0,5 %.

Далі лужний розчин зливають і роблять ретельне промивання випарника прісною водою зі шланга.

Для видалення твердого накипу використовують каустичну соду, тривідсотковий розчин якої заливають у випарник,

а потім кип'ятять протягом 4...8 год. При цьому CaSO_4 переходить в CaCO_3 , накип вилюговується, стає рихлим і надалі змивається струменем води під тиском або порівняно легко видаляється механічним шляхом.

Для розм'якшення накипу розчином кальцинованої соди Na_2CO_3 її додають у кількості 100 г на 1 л прісної води. Застосування тринатрійфосфату не настільки ефективне, проте його можна використовувати при наявності як сульфатного, так і карбонатного, і магнезійного накипу; техніка безпеки при використанні тринатрійфосфату досить проста.

Якщо розпушений м'який накип не піддається видаленню струменем води, його слід видаляти м'якими (наприклад, капроновими) щітками. Якщо внутрішні поверхні стінок випарників мають синтетичні покриття (антикорозійні), то видаляти накип слід особливо обережно. Не можна видаляти механічним шляхом сухий затверділий накип.

Після ремонту та чистки або тривалого терміну експлуатації водоопріснювальна установка і система прісної води (дистилляту), яка використовується для побутових потреб, повинні піддаватися дезінфекції 15%-им розчином натрієвого гіпохлориду. Випарник і всю систему при дезінфекції заповнюють прісною водою з додаванням по 150 см³ розчину гіпохлориду на 1 т. Систему залишають заповненою на 8...12 год, після видалення води роблять повне осушення через спускні пробки, після чого випарник і всю систему заповнюють чистою прісною водою.

Систематизуючи правила експлуатації, слід зазначити, що порушення режиму роботи водоопріснювальних установок може відбуватися з таких причин:

1. При зниженій продуктивності:

- внаслідок недостатньої витрати ґріночої води через випарник або підігрівач розсолу;

- підвищеної температури кипіння розсолу через недостатній вакуум; недостатні витрати живильної води;
- зниження рівня розсолу у випарнику;
- недостатньої температури гріючої води;
- погіршення теплопередачі у зв'язку з відкладенням накипу на нагрівальних елементах випарника (або підігрівача розсолу);

- утворення повітряних мішків у порожнині гріючої води випарника або підігрівача розсолу.

2. При підвищеній солоності виробленого дистилату:

- внаслідок завищення продуктивності установки;
- підвищення рівня розсолу у випарнику;
- підвищення солоності розсолу;
- спінювання або закипання розсолу;
- підсмоктування заборотної води через нещільності конденсатора;

- зниження температури кипіння розсолу через надмірний вакуум;

- великих витрат гріючої води.

3. При підвищеній солоності розсолу:

- через недостатні витрати живильної води;
- незадовільну роботу розсольного насоса або ежектора;
- підвищену продуктивність установки.

4. При підвищеному тиску в конденсаторі (недостатній вакуум):

- через недостатні витрати заборотної води через конденсатор;

- підвищення температури заборотної води;

- незадовільну роботу вакуумних засобів (ежектора, вакуум-насоса); значного всмоктування підсосу повітря;

- затоплення дистилатом нижніх рядів трубок конденсатора (недостатня продуктивність дистилатного насоса);

- завищення продуктивності установки;
- забруднення трубок конденсатора;
- підвищення температури пароповітряної суміші, що видається з конденсатора.

Дистилят, отриманий із опріснювальних установок, містить мало солей і кисню, але може містити хвороботворні бактерії, тому використовувати його як питну воду не допускається.

Збагачення дистиляту солями проводиться в спеціальних фільтрах-збагачувачах, що заповнюються солями у вигляді порошку або таблеток. Одним із варіантів збагачення є застосування водного розчину солей, що подається в дистилят за допомогою дозувального насоса (в 50 л прісної води розчиняється одночасно 750 г сірчанокислого магнію, 875 г хлористого натрію і 500 г двовуглецю соди). Кількість розчину, що подається на 1 м³ дистиляту, становить 2 л.

Дистилят підлягає знезараженню, якщо вода, з якої він був отриманий, має температуру нижче 100 °С.

Знезараження може проводитися: хлоруванням; осрібленням; озонуванням; ультрафіолетовими лампами.

Обслуговування фільтрів та інших пристроїв для отримання питної води проводиться згідно з заводськими інструкціями.

6. СПОСОБИ БОРОТЬБИ З УТВОРЕННЯМ НАКИПУ

Як ми знаємо, теплообмін у випарнику, склад і теплофізичні властивості залежать від температури киплячого розсолу, його робочої концентрації, температурного напору, умов циркуляції і т. п.

В експлуатації підтримують специфікаційний вакуумний режим (близько 40 Па), проводять безперервне продування з витримкою заданої концентрації розсолу, вводять антинакипні присадки. Для кожного експлуатаційного режиму роботи випарника слід вибирати дозовану присадку певного складу. Застосування універсальних присадок, які використовуються для будь-яких режимів роботи випарника, може викликати кристалізацію солей в об'ємі киплячого розсолу, посилене шламовиділення й осадження накипу, що спричиняє підвищення термічного опору.

Найсерйознішою проблемою при роботі вакуумних ВОУ є утворення накипу.

Для відновлення нормальної працездатності водоопріснювальних установок використовуються фізичні, хімічні і фізико-хімічні способи боротьби з утворенням накипу.

До фізичних способів відноситься контактна стабілізація, яка полягає в наступному. Розсіл циркулює через фільтр-стабілізатор, заповнений подрібненим вапняком – мармуром, накипом, піском. Розміри фільтра забезпечують кількість циркулюючого розсолу в 15...20 разів більше продуктивності випарника, який використовується на випарювальних установках. Окремим випадком контактної стабілізації є додавання у морську воду кристалізаційної крейди, подрібненого вапна, магnezії. Колоїдними присадками служать крохмаль, танін, декстрин, дубителі.

Хімічним способом боротьби з накипом є застосування комплексонів, що випускаються під різними назвами: в Європі це «селектон», у США – «секвестрол» і «хелатон».

Фізико-хімічний спосіб полягає в застосуванні присадок з поверхнево-активними речовинами, які додаються в малих кількостях (1...20 мг/л). Завдяки більшій поверхневій активності присадки різко змінюють умови осадження накипоутворень на поверхні (перешкоджають утворенню кристалів, погіршують їх адгезію на поверхні). Адміралтейський склад утворений рівними по вазі частинами «беллоїда Т.Д.» і «секвестрола» (або «трилону Б»). Модифікований адміралтейський склад включає антипінну добавку. Для випарників надлишкового тиску застосовується присадка Хоузмена; використовується вона на рибопромислових суднах.

Присадки, які містять фосфати: «Хагеван Л.П.» – забезпечує безнакипну роботу випарника при температурі гріючої поверхні, що не перевищує 120 °С; триполіфосфат натрію – служить інгібітором утворення накипу і корозії; гексаметафат натрію – рекомендований для глибоковакуумних випарювачів при $t_{\text{в}} < 50...55$ °С, є основною частиною комплексної протинакипної присадки в суміші з дубильним екстрактом.

Протинакипні присадки, розроблені для глибоковакуумних випарників, є комплексними присадками складу: перша – екстракт дубовий дубильний 48 ± 2 %, гексаметафосфат натрію 49 ± 1 %, антивспінювач А-13 $\pm 1\%$; друга – триполіфосфат натрію 63 ± 1 %, екстракт дубовий дубильний 34 ± 2 %, антивспінювач 3 ± 1 %.

7. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ ОПРІСНЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК

Водоопріснювальні установки надлишкового тиску є судинами, що працюють під тиском, тому вони повинні відповідати всім вимогам, які висуваються Регістром до таких судин. Як уже зазначалося, найбільш ефективним методом очищення нагрівальних елементів, випарників є хімічний, який забезпечує найбільш повне видалення накипу без порушення захисного антикорозійного шару на внутрішніх поверхнях. Карбонатні відкладення видаляють соляною кислотою. Інгібована соляна кислота, навіть її три-, чотиривідсотковий розчин, що застосовується для очищення, вимагає суворого дотримання правил техніки безпеки.

Всі члени екіпажу, що виконують роботи з кислотою, повинні пройти інструктаж, мати запобіжні окуляри, гумові чоботи і рукавички, суконний спецодяг. При приготуванні розчину необхідно стежити за тим, щоб соляну кислоту наливали в воду, а не навпаки. Поблизу виконання робіт обов'язково повинна бути аптечка, в якій, зокрема, повинні бути одновідсотковий розчин соди і мазь від опіків. Оскільки у процесі розчинення накипу виділяються вуглекислий газ і водень, то в місці проведення робіт забороняється користуватися відкритим вогнем і повинна бути забезпечена ефективна вентиляція.

Кислотне очищення може бути дозволене тільки при надійній щільності з'єднань, перевірку якої виконують перед початком очищення. Для безпеки робіт заливку розчину кислоти у випарник можна робити тільки за допомогою шланга з вулканізованої гуми.

Інструкція по хімічному очищенню суднових випарників передбачає очищення розчином інгібованої соляної кислоти

при концентрації її не більше 4 % без підігріву розчину. Тривалість кислотного очищення становить 2...3 год і лише в особливих випадках, при більшій товщині накипу, може бути збільшена до 5 год.

Застосовуючи очищення нагрівальних елементів випарників простим «виварюванням» у м'якій прісній воді, слід враховувати, що у зв'язку з забрудненням заборотної води після закінчення такого «виварювання» необхідно провести дезінфекцію водоопріснювальної установки і всіх трубопроводів для знезараження.

ВИСНОВКИ

Курсовий проєкт виконаний відповідно до методичних вказівок, розроблених кафедрою СМЕ ХФ НУК.

Зроблено розрахунок вакуумної водоопріснювальної установки продуктивністю 0,0926 кг/с при температурі гріючої прісної води 70 °С і температурі заборотної води 28 °С. У результаті розрахунку отримано наступні дані: поверхня гріючої батареї 17,85 м² (чиста стінка), конденсатора 2,33 м², а також виконано графічну частину проєкту. Зроблено гідравлічний розрахунок вакуумної водоопріснювальної установки.

Зроблено розрахунок продуктивності установки при зміні температури заборотної води від +5 °С до +30 °С. Побудовано графічну залежність $G_2 = f(t_{3,B})$.

Фірма «Атлас» зі своїми блоковими опріснювачами, добре відомими на флоті як утилізаційні, рекомендує встановлювати їх також на турбінних суднах з використанням тепла вторинної пари для підігріву головного конденсату. З цією метою до одного з двох опріснювачів як охолоджуюча вода для конденсатора підводиться головний конденсат, якому і передається тепло вторинної пари. Температура випаровування в цьому випадку, природно, повинна бути підвищена до 50...60 °С. Оскільки при цьому спостерігається досить інтенсивне утворення накипу, до складу установки включається апаратура для подачі протинакипних присадок.

В експлуатаційних умовах перевагами опріснювача фірми «Атлас» є простота конструкції і раціональна організація випаровування води у вертикальних трубах нагрівальної батареї випарника, яка дозволяє значно зменшити накипоутворення.

Недоліком цих опріснювачів є підвищена витрата тепла.

Питома витрата тепла внаслідок великих втрат з відкачуванним розсолон становить 1300 ккал/кг, тобто він більше ніж у 2 рази перевищує витрати тепла, чим у звичайних схемах утилізаційних опріснювачів, де втрати з розсолон становлять лише 3...4 % від прихованої теплоти пароутворення.

Досвід експлуатації опріснювачів підтвердив можливість роботи без очищення від накипу в підігрівачі протягом року, якщо температура води, заборотної води, що нагрівається, не буде перевищувати 55...60 °С. Необхідність в очищенні водоводяних теплообмінників, в яких температура заборотної води не перевищує 50 °С, виникає в середньому через 1,5–2 роки експлуатації.

Покращена та спрощена система регулювання температури і робота насосів у режимі саморегулювання дозволяють домогтися надійної роботи цих опріснювачів і в умовах на рибпромислових суднах практично без вахтового нагляду.

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ЗАХИСТ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

1. Фізичний сенс і одиниці вимірювання термодинамічних властивостей води і водяної пари:

- теплопровідність; теплоємність; тепло- та пароутворення;
- щільність і питомий об'єм;
- температура і тиск насичення;
- коефіцієнт кінематичної в'язкості.

2. Призначення опріснювальних установок на судах.

3. Класифікація дистиляційних опріснювальних установок за способом нагріву і тиску випаровування.

4. Склад водоопріснювальних установок.

5. Конструкція і принцип дії програми утилізації ВОУ типу «Д».

6. Основні показники роботи опріснювальних установок.

7. Теплообмінні апарати ВОУ та їх призначення.

8. Основне рівняння теплообміну.

9. Фізичні коефіцієнти теплопередачі і тепловіддачі, одиниці їх вимірювань.

10. Вплив агрегатного стану теплоносіїв на характер теплообміну.

11. Основні поняття критеріїв подібності і критеріальних залежностей.

12. Цілі і завдання конструкторського та піврічного теплового розрахунку теплообмінних апаратів ВОУ.

13. Конструкція гріючої батареї.

14. Теплова потужність, поверхня нагріву та еквівалентний діаметр гріючої батареї.

15. Продування випарників. Вплив коефіцієнта продування на накипоутворення на стінках трубок гріючої батареї.

16. Конструкція поверхневого конденсатора ВОУ.

17. Паровий опір конденсатора, переохолодження конденсату.

18. Параметри вторинної пари.

19. Парове навантаження і кратність охолодження конденсатора.

20. Розрахунок поверхні охолодження конденсатора і його компонування.

21. Системи, які обслуговують конденсатор.

22. Поняття про напругу дзеркала випаровування і парового об'єму.

23. Вплив швидкості пари на якість дистилату.

24. Призначення, принцип роботи жалюзійного сепаратора вторинної пари.

25. Вимоги, що пред'являються до установки конденсатного насоса.

26. Мета розрахунку гідравлічного опору конденсатора.

27. Мета розрахунку гідравлічного опору та гріючої батареї.

28. Вплив температури заборотної води на продуктивність ВОУ.

29. Вплив накипу на продуктивність ВОУ.

30. Способи очищення поверхонь від накипу.

ДОДАТОК 1

Таблиця 1. Термодинамічні властивості води і водяної пари в стані насичення (за температурою) [7]

t	T	p	φ'	φ''	i'	i''	r	s'	s''
$^{\circ}\text{C}$	K	Па	$\text{м}^3/\text{кг}$		кДж/кг			$\text{кДж/(кг}\cdot\text{K)}$	
30,0	303,15	$4,2417\cdot 10^3$	0,0010043	32,929	125,66	2555,9	2430,2	0,4365	8,4537
30,5	303,65	$4,3650\cdot 10^3$	0,0010045	32,050	127,75	2556,8	2429,0	0,4434	8,4435
31,0	304,15	$4,4913\cdot 10^3$	0,0010046	31,199	129,84	2557,7	2427,9	0,4503	8,4334
31,5	304,65	$4,6208\cdot 10^3$	0,0010048	30,373	131,93	2558,6	2426,7	0,4571	8,4233
32,0	305,15	$4,7536\cdot 10^3$	0,0010049	29,572	134,02	2559,5	2425,5	0,4640	8,4132
32,5	305,65	$4,8896\cdot 10^3$	0,0010051	28,796	136,11	2560,4	2424,3	0,4708	8,4031
33,0	306,15	$5,0290\cdot 10^3$	0,0010053	28,042	138,20	2561,4	2423,2	0,4777	8,3932
33,5	306,65	$5,1718\cdot 10^3$	0,0010054	27,312	140,29	2562,3	2422,0	0,4845	8,3832
34,0	307,15	$5,3182\cdot 10^3$	0,0010056	26,602	142,38	2563,2	2420,8	0,4913	8,3733
34,5	307,65	$5,4681\cdot 10^3$	0,0010058	25,914	144,47	2564,1	2419,6	0,4981	8,3634
35,0	308,15	$5,6217\cdot 10^3$	0,0010060	25,246	146,56	2565,0	2418,4	0,5049	8,3536
36,0	309,15	$5,9401\cdot 10^3$	0,0010063	23,968	150,74	2566,8	2416,1	0,5184	8,3341
37,0	310,15	$6,2740\cdot 10^3$	0,0010067	22,764	154,92	2568,6	2413,7	0,5319	8,3147
38,0	311,15	$6,6240\cdot 10^3$	0,0010070	21,629	159,09	2570,4	2411,3	0,5453	8,2955
39,0	312,15	$6,9907\cdot 10^3$	0,0010074	20,558	163,27	2572,2	2408,9	0,5588	8,2765
40	313,15	$7,3749\cdot 10^3$	0,0010078	19,548	167,45	2574,0	2406,5	0,5721	8,2576
41	314,15	$7,7772\cdot 10^3$	0,0010082	18,594	171,63	2575,8	2404,2	0,5854	8,2389
42	315,15	$8,1983\cdot 10^3$	0,0010086	17,694	175,81	2577,6	2401,8	0,5987	8,2203
43	316,15	$8,6390\cdot 10^3$	0,0010090	16,843	179,99	2579,4	2399,4	0,6120	8,2019
44	317,15	$9,0998\cdot 10^3$	0,0010094	16,039	184,17	2581,1	2396,9	0,6252	8,1836
45	318,15	$9,5817\cdot 10^3$	0,0010099	15,278	188,35	2582,9	2394,5	0,6383	8,1655
46	319,15	$1,0085\cdot 10^4$	0,0010103	14,559	192,53	2584,7	2392,2	0,6514	8,1475
47	320,15	$1,0612\cdot 10^4$	0,0010107	13,879	196,71	2586,5	2389,8	0,6645	8,1297
48	321,15	$1,1161\cdot 10^4$	0,0010112	13,236	200,89	2588,3	2387,4	0,6776	8,1121
49	322,15	$1,1735\cdot 10^4$	0,0010116	12,626	205,07	2590,1	2385,0	0,6906	8,0945
50	323,15	$1,2335\cdot 10^4$	0,0010121	12,048	209,26	2591,8	2382,5	0,7035	8,0771
51	324,15	$1,2960\cdot 10^4$	0,0010126	11,501	213,44	2593,6	2380,2	0,7164	8,0598
52	325,15	$1,3612\cdot 10^4$	0,0010131	10,982	217,62	2595,4	2377,8	0,7293	8,0427
53	326,15	$1,4295\cdot 10^4$	0,0010136	10,490	221,80	2597,2	2375,4	0,7422	8,0258
54	327,15	$1,5001\cdot 10^4$	0,0010140	10,024	225,98	2598,9	2372,9	0,7550	8,0089
55	328,15	$1,5740\cdot 10^4$	0,0010145	9,5812	230,17	2600,7	2370,5	0,7677	7,9922
56	329,15	$1,6510\cdot 10^4$	0,0010150	9,1609	234,35	2602,4	2368,1	0,7804	7,9756
57	330,15	$1,7312\cdot 10^4$	0,0010156	8,7618	238,54	2604,2	2365,7	0,7931	7,9591
58	331,15	$1,8146\cdot 10^4$	0,0010161	8,3831	242,72	2606,0	2363,3	0,8058	7,9428
59	332,15	$1,9015\cdot 10^4$	0,0010166	8,0229	246,91	2607,7	2360,8	0,8184	7,9266
60	333,15	$1,9919\cdot 10^4$	0,0010171	7,6807	251,09	2609,5	2358,4	0,8310	7,9106

Таблиця 2. Фізичні властивості прісної води на лінії насичення [7]

t	P _n	r	ρ'	ρ	i'	C _p	λ	$\alpha \cdot 10^6$	$\mu \cdot 10^6$	$\nu \cdot 10^6$	Pr
°C	Па	кДж/кг	м ³ /кг	кг/м ³	кДж/кг	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	$\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	м ² /с	$\frac{\text{Па} \cdot \text{с}}{\text{с}}$	м ² /с	—
0	6,1080·10 ²	2501,0	0,0010002	999,8	0	4,217	0,561	0,133	1792	1,792	13,47
10	1,2271·10 ³	2777,4	0,0010003	999,7	41,99	4,193	0,580	0,138	1308	1,308	9,46
20	2,3368·10 ³	2453,8	0,0010017	998,3	83,86	4,182	0,5985	0,143	1003	1,005	7,01
30	4,2417·10 ³	2403,2	0,0010043	995,7	125,66	4,179	0,6155	0,148	797,7	0,801	5,42
40	7,3749·10 ³	2406,5	0,0010078	992,3	167,45	4,179	0,6306	0,152	653,1	0,658	4,33
50	1,2335·10 ⁴	2382,5	0,0010121	988,0	209,3	4,181	0,6436	0,156	547,0	0,554	3,55
60	1,9919·10 ⁴	2358,4	0,0010171	983,2	251,1	4,185	0,6544	0,159	466,8	0,475	2,99
70	3,1161·10 ⁴	2333,8	0,0010228	977,7	293,0	4,190	0,6630	0,162	404,4	0,414	2,56
80	4,7359·10 ⁴	2308,9	0,0010292	971,6	334,9	4,197	0,6698	0,164	354,9	0,365	2,22
90	7,0108·10 ⁴	2283,4	0,0010361	965,2	377,0	4,205	0,6751	0,166	314,9	0,326	1,96
100	1,0113·10 ⁵	2257,2	0,0010437	958,1	419,1	4,216	0,6788	0,169	282,1	0,295	1,75
110	1,4326·10 ⁵	2230,5	0,0010519	950,7	461,3	4,229	0,6813	0,170	254,9	0,268	1,58
120	1,9854·10 ⁵	2202,9	0,0010606	942,9	503,7	4,245	0,6830	0,171	232,1	0,246	1,44
130	2,7012·10 ⁵	2174,4	0,0010700	934,6	546,3	4,263	0,6834	0,171	212,7	0,228	1,33
140	3,6136·10 ⁵	2144,9	0,0010801	925,8	589,1	4,285	0,6829	0,172	196,1	0,212	1,23
150	4,7597·10 ⁵	2114,1	0,0010908	916,8	632,2	4,310	0,6817	0,172	181,9	0,198	1,15
160	6,1804·10 ⁵	2082,2	0,0011022	907,3	675,5	4,339	0,6797	0,173	169,6	0,187	1,08

Рекомендації з конструктивного компонування гріючої батареї і конденсатора

На відміну від опріснювальної установки датської фірми «Атлас», де злив (продування) розсолу здійснюється по окремій трубі, винесеній за межі корпусу випарника, у вітчизняних утилізаційних опріснювачах типу «Д» продування розсолу здійснюється по трубі, розміщеній у кожусі й установленій по центру гріючої батареї (рис. 1).

Зливний пристрій складається зі зливної труби 1, концентрично розташованої в кожусі 2 більшого перетину і прикритої зверху ковпаком (на рисунку не показаний). Ковпак запобігає засміченню зливної труби. Верхній зріз труби для зливу розсолу 1 знаходиться на рівні $\approx 1/2$ висоти трубок батареї випаровування. Дану конструктивну особливість ВОУ необхідно враховувати при розрахунку і компонуванні гріючої батареї.

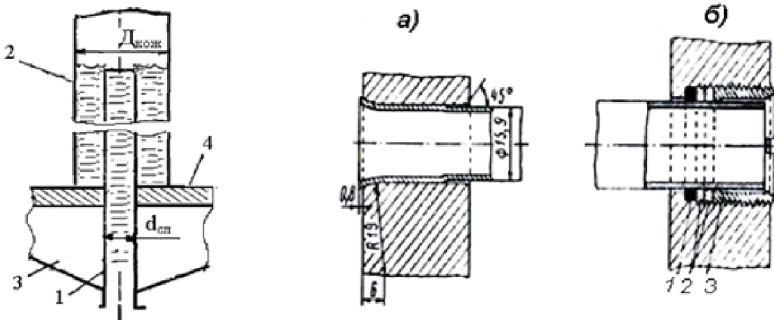


Рисунок 1. Схема регулюючого зливного пристрою (зліва) та кріплення й ущільнення трубок у трубній дошці (справа, рис. *а* і *б*):
1 – зливна труба; 2 – кожух; 3 – корпус випарювача; 4 – трубна дошка.

Позначення рис. 1, *б*: 1 – фіброве кільце; 2 – кільце з фольги;
3 – нажимна втулка

Методи кріплення трубок у трубних дошках повинні забезпечувати щільність і довговічність з'єднань та плавний безвихоровий вхід охолоджуючої води в трубки. У більшості конденсаторів на суднах, побудованих останнім часом, трубки обома своїми кінцями розвальцовані в трубних дошках. Інший метод кріплення трубок у конденсаторах транспортних суден – розвальцовування одного кінця трубки з боку входу охолоджуючої води й ущільнення іншого кінця за допомогою фібрових і металевих кілець подібно до сальникових ущільнень. Приклади реалізації цих методів наведені на рис. 1, *а* і *б*.

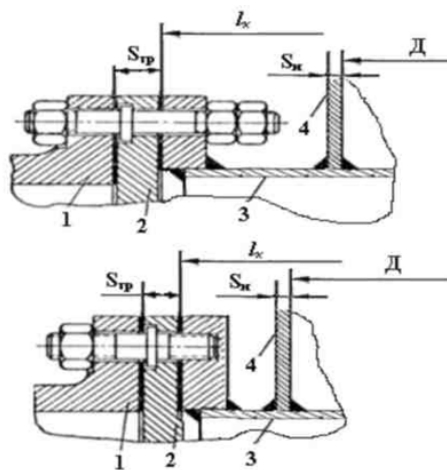


Рисунок 2. Кріплення трубних дошок та кришок водяних камер:

1 – кришка водяної камери; 2 – трубна дошка; 3 – корпус конденсатора; 4 – корпус камери випарювання

Трубні дошки в конденсаторах виготовляють з катаної (морської) латуні або свинцюватої латуні (мунц-металу). Для забезпечення жорсткості, надійного кріплення й ущільнення трубок трубні дошки виконують товщиною 20...30 мм, а у великих конденсаторах – до 40 мм.

До фланців корпусу конденсатора трубні дошки кріплять за допомогою шпильок або спеціальних болтів (див. рис. 2), які також використовуються для кріплення кришок водяних камер. Завдяки тому, що у шпильок і болтів є заплічники, при зйомці кришок водяних камер щільність з'єднання трубних дошок з корпусом конденсатора не порушується.

Водяні камери та їх кришки у конденсаторах транспортних суден виконуються з високоміцного чавуну і складаються з двох частин: передньої і задньої кришок з внутрішньою порожниною.

У двоходових конденсаторів передня кришка водяної камери, в якій розташовані патрубки для підведення і відведення охолоджуючої води, є перегородкою, що розділяє трубки першого і другого ходу. Задня водяна камера, в якій охолоджуюча вода змінює напрямок, складається з однієї кришки з внутрішньою порожниною. Іноді в кришках водяних камер влаштовують горловини. Фланцеві з'єднання конденсатора, кришок водяних камер і горловин ущільнюють гумовими прокладками.

Для запобігання корозії елементів конденсатора з боку охолоджуючої води в кришках водяних камер встановлюють цинкові протектори. При наявності горловин цинкові протектори кріплять до їх кришок усередині водяних камер.

Примітка. Зазначені конструктивні рішення по кріпленню трубок у трубній дошці і фланцевих з'єднань у конденсаторі та батареї випаровування ідентичні.

Таблиця 3. Рекомендований асортимент мідно-нікелевих труб за ГОСТ 17217-79

Наружний діаметр та товщина стінки труб, мм	25×2	28×2	30×2	32×2	36×2	38×2	45×2	55×2	60×2
	65×2	70×2	75×2,5	85×2,5	90×2,5	105×3	115×3	130×3	155×3

Таблиця 4. Рекомендоване число ходів гріючої води в залежності від внутрішнього діаметра корпусу батареї випаровування [8]

Внутрішній діаметр корпусу, мм	De z Z _n L _n	200	400–800	800–1200	1200
Число ходів		2	4, 6	6, 8	8, 10
Число перегородок		1	3	5, 7	7, 9
Крок установки перегородок, мм		L _n = 0,2 D _e , але не менше 100 мм			

Таблиця 5. Діаметри корпусу конденсатора і гріючої батареї при фіксованих трубних дошках (метричний стандарт) [8]

		Товщина стінки корпусу, мм			Внутрішній діаметр корпусу, мм		
		1*	2**	3***	1*	2**	3***
150	168	4,5		4,0	159		160
200	219	5,9		4,0	207,2		211
250	273	6,3		4,0	260,4		265
300	324	7,1		4,0	309,8		316
350	355	8,0	6,0	4,0	339	343	347
400	406	8,8	6,0	4,0	388,4	394	398
500	508		6,0	4,0		496	500
600	600		6,0	5,0		588	590
700	700		8,0	5,0		684	690
800	800		8,0	5,0		784	790
900	900		10,0	6,0		880	888
1000	1000		10,0	6,0		980	988
1100	1100		12,0	7,0		1076	1086
1200	1200		12,0	7,0		1176	1186

* Зварні труби, вуглецева сталь

** Вальцьований корпус, вуглецева сталь

*** Нержавіюча сталь

**Ілюстрації до гідравлічного розрахунку
в міжтрубному просторі грійочої батареї**

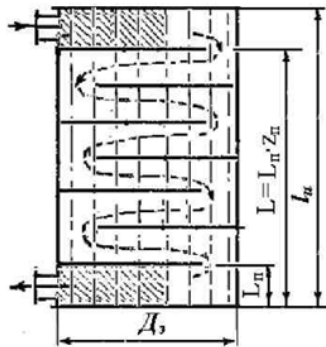


Рис. 3. Схема руху грійочої води в нагрівачі з сегментними перегородками:

l_u – довжина трубок між трубними дошками; D_c – внутрішній діаметр корпусу; L_n – крок установки перегородок; z_n – число перегородок

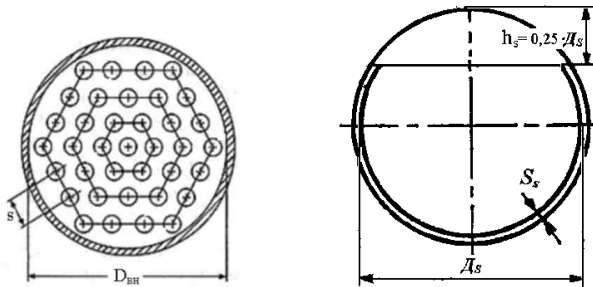


Рис. 4. Розміри сегментної перегородки:

D_s – діаметр перегородки; h_s – висота сегментного вікна;
 S_s – щілина між корпусом та сегментною перегородкою

Гідравлічний опір у міжтрубному просторі гріючої батареї складається з втрат на повороти через вікна сегментних перегородок і опору пучка труб при їх поперечно-поздовжньому обтіканні. Останнє визначається кроком і способом компонування трубок. При ромбічному (трикутному) розміщенні трубок у трубній дошці число рядів труб, що омиваються теплоносієм, визначається залежністю [8]:

$$k = \sqrt{\frac{n_u}{3}},$$

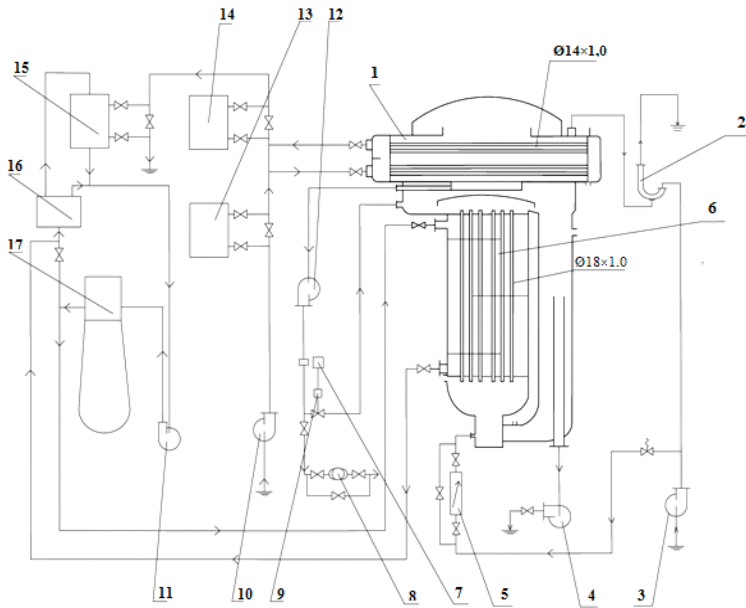
де n_u – число трубок у нагрівальній батареї.

При цьому коефіцієнт місцевого опору пучка труб при поперечно-поздовжньому обтіканні

$$\zeta_{2m} = \frac{3k}{Re_1^{0,2}},$$

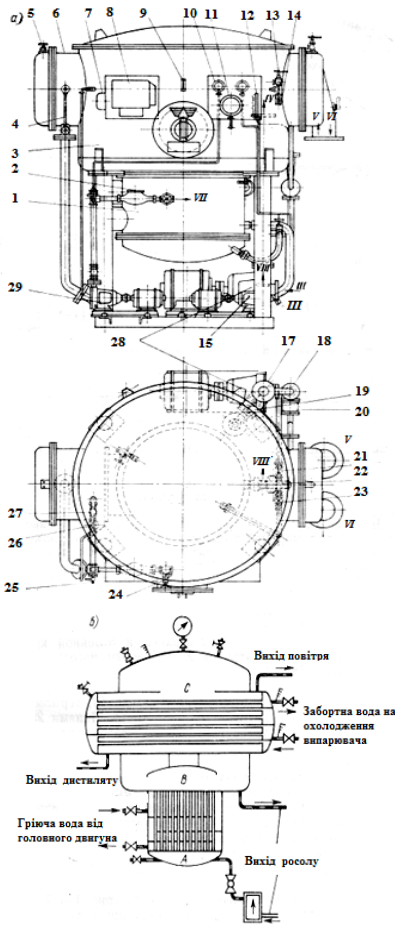
де Re_1 – число Рейнольдса у міжтрубному просторі (з розрахунку гріючої батареї). Коефіцієнт місцевих втрат на поворот через сегментне вікно перегородки приймаємо $\zeta_{3m} = 1,5$.

ДОДАТОК 4

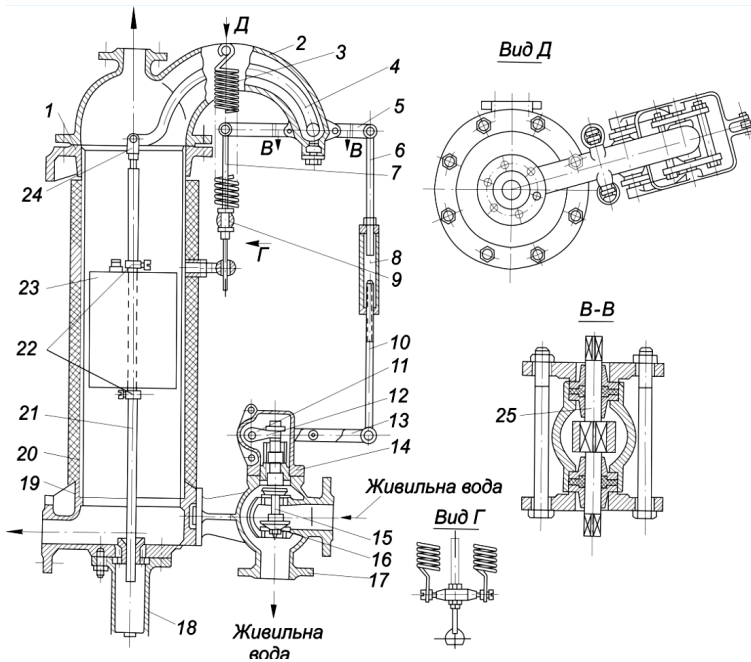


Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.							
Перевір.							
Т. контр.							
Н. Контр.							
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Аркушів

Графічна частина

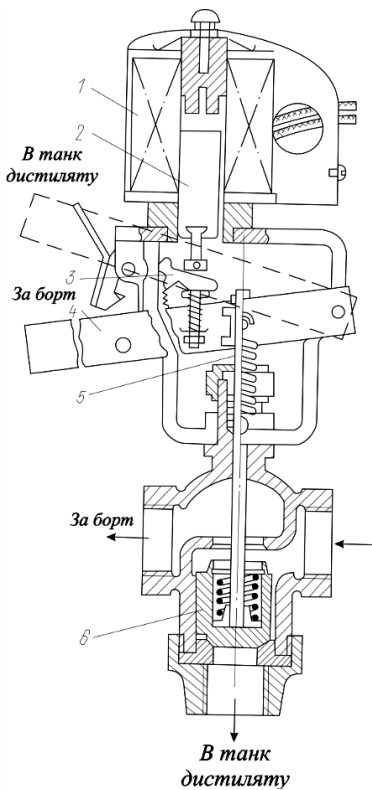


Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Поперечний розріз ВОУ типа «Атлас» та схематичний рух рідин				
Розроб.									
Перевір.									
Т. контр.									
Н. Контр.									
Затверд.									
					Літ.	Арк.	Аркушів		



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматичний регулятор живлення випарювача установки типа «Атлас»	Лім.		Арк.	Аркуші					
Розроб.														
Перевір.														
Т. контр.														
Н. Контр.														
Заверд.														

ДОДАТОК 4в



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматичний клапан солоності (солеметр) установки типа «Атлас»	Літ.	Арк.	Аркуші	1
Розроб.									
Перевір.									
Т. контр.									
Н. Контр.									
Затверд.									

ДОДАТОК 4Г

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата										
Опріснювальна установка типу «Атлас»					Лит.		Арк.		Аркуші					
Розроб.														
Перевір.														
Т. контр.														
Н. Контр.														
Затверд.														

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна

1. **Башуров, Б. П.** Судовые водоопреснительные установки : учеб. пособие / Б. П. Башуров. – М. : Мортехинформ-реклама, 1988. – 85 с.
2. Водяные тепловые сети : справочник. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 376 с.
3. **Ермилов, В. Г.** Теплообменные аппараты и конденсационные установки / В. Г. Ермилов. – Л. : Судостроение, 1974. – 223 с.
4. **Исаченко, В. П.** Теплопередача / В. П. Исаченко. – М. : Энергоиздат, 1984. – 417 с.
5. **Коваленко, В. Ф.** Судовые водоопреснительные установки / В. Ф. Коваленко, Г. Я. Лукин. – Л. : Судостроение, 1970. – 303 с.
6. **Михеев, М. А.** Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева. – М. : Энергия, 1977. – 343 с.
7. **Ривкин, С. Л.** Теплофизические свойства воды и водяного пара : справочник / С. Л. Ривкин, А. А. Александров. – М. : Энергия, 1980. – 424 с.
8. **Риффель, В. Р.** Проектирование кожухотрубного теплообменника : пособие по проектированию / В. Р. Риффель, В. В. Чернышов, Г. В. Сухов. – Томск : Изд-во ТПУ, 2007. – 84 с.
9. **Харин, В. М.** Судовые вспомогательные механизмы и системы : учебник / В. М. Харин. – М. : Транспорт, 1992. – 312 с.
10. **Богомольный, А. Е.** Судовые вспомогательные и рыбо-промышленные механизмы / А. Е. Богомольный. – Л. : Судостроение, 1980.
11. **Завиша, В. В.** Судовые вспомогательные механизмы и системы / В. В. Завиша, Б. Г. Дёкин. – М. : Транспорт, 1974.
12. Правила технической эксплуатации судовых вспомогательных механизмов. – Санкт-Петербург, 1999.

Допоміжна

1. **Богомольный, А. Е.** Судовые вспомогательные и рыбопромысловые механизмы / А. Е. Богомольный. – Л. : Судостроение, 1971.

2. **Власьев, Б. А.** Судовые вспомогательные механизмы и системы / Б. А. Власьев, Ю. Н. Резчик. – Л. : Судостроение, 1989.

Інформаційні ресурси

1. <http://www.bimco.org> – офіційний сайт Балтійської і міжнародної морської ради, БІМКО (Baltic and International Maritime Council, BIMCO).

2. <http://www.imo.org> – офіційний сайт Міжнародної морської організації (ІМО).

3. <http://www.icc-ccs.org> – офіційний сайт Міжнародної Торговельної Палати (International Chamber of Commerce (ICC Commercial Crime Services (CCS).

4. <http://www.navy.ru> – сайт Центрального Військово-Морського Порталу.

5. <http://www.sovfracht.info> – інформаційний сайт «Морской Бюллетень Совфрахт».

5. <http://www.rian.ru> – інформаційний сайт «РИА новости».

ЗМІСТ

Вступ	3
1. Завдання до виконання курсового проекту	4
1.1. Вибір варіанта завдання	4
1.2. Зміст курсового проекту та основні вимоги щодо його оформлення	5
2. Водоопріснювальна установка	7
2.1. Основні поняття про водоопріснювальні установки	7
2.2. Класифікація водоопріснювальних установок	13
2.3. Водоопріснювальна установка типу «Атлас»	20
2.4. Вибір основних робочих параметрів суднової опріснювальної установки	25
3. Тепловий розрахунок опріснювальної установки	28
3.1. Основні положення теплового розрахунку ВОУ	28
3.2. Розрахунок середнього температурного напору	30
3.3. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі	31
3.4. Розрахунок поверхні теплообміну	33
3.5. Тепловий розрахунок утилізаційної опріснювальної установки типу «Д» з обігрівом, що гріється водою від головного двигуна	34
4. Розрахунок потужності насосів	42
4.1. Розрахунок насоса заборотної води	42
4.2. Розрахунок дистильного насоса	43
5. Експлуатація водоопріснювальних установок	44
6. Способи боротьби з утворенням накипу	56
7. Техніка безпеки при обслуговуванні опріснювальних установок	58
Висновки	60
Перелік питань, що виносяться на захист курсового проекту ...	62
ДОДАТОК 1	64
ДОДАТОК 2	66
ДОДАТОК 3	70

ДОДАТОК 4	72
ДОДАТОК 4а	73
ДОДАТОК 4б	74
ДОДАТОК 4в	75
ДОДАТОК 4г	76
Список використаної літератури.....	77

Навчальне видання

СВИРИДОВ В'ячеслав Іванович
КАЛІНІЧЕНКО Іван Володимирович

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання курсового проєкту з дисципліни
«СУДНОВІ ДОПОМІЖНІ МЕХАНІЗМИ»
*(спеціальність 135 «Суднобудування»,
освітньо-професійна програма
«Суднові енергетичні установки та устаткування»,
галузь знань 13 «Механічна інженерія»)*

Комп'ютерне складання та верстання *В. В. Москаленко*
Коректор *О. Є. Вакула*

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 4,9. Тираж 100 прим. Вид. № 10. Зам. № 00.

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54025

E-mail : publishing@nuos.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6402 від 19.09.2018 р.