

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ ОХОЛОДЖУВАЧА ПРОДУВНОГО ПОВІТРЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА

**Самарін О. Є., к.т.н., доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок Херсонської державної морської академії, e-mail: samarin162@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2690-7298;**

**Врублевський Р. Є., к.т.н., доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок Херсонської державної морської академії, e-mail: amor-vr@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8686-3488**

*Зниження температури продувного повітря відбувається в охолоджувачі повітря. З часом його продуктивність падає через забруднення елементів теплообміну. Це призводить до зниження потужності дизельного двигуна. Відома процедура очищення повітроохолоджувача не забезпечує повного очищення теплообмінних елементів, особливо у важкодоступних місцях, а ручне механічне очищення є трудомістким і вимагає зупинки двигуна на тривалий час. Отже, підвищення ефективності і зниження трудомісткості очищення охолоджувача повітря є актуальним завданням.*

*З метою зменшення вказаних недоліків пропонується модернізувати систему очищення охолоджувача повітря у такий спосіб, щоб розпилювальні пристрої було встановлено додатково з обох боків охолоджувального елемента, тобто у місцях найбільшого забруднення охолоджувача.*

*Підвищення температури продувного повітря призводить до зменшення потужності двигуна, збільшення витрати палива і накопичення відкладень у випускному колекторі і газоході, що може викликати пожежу.*

*Враховуючи необхідність регулярних чисток охолоджувального елемента, серійна система є трудомісткою. Крім очищення через розпилювачі, вона передбачає систематичне розбирання охолоджувача і ручне очищення елементів.*

*Запропонована модернізація дозволяє підвищити ефективність очищення охолоджувача продувного повітря дизельного двигуна завдяки встановленню додаткових розпилювачів мийної рідини біля бокових поверхонь охолоджувального елемента.*

*Модернізація не складна і її впровадження можливе на діючих суднах силами машинної команди при довгостроковій зупинці судна для технічного обслуговування і проведення ремонту.*

*Рішення є універсальним і може бути запроваджене на суднах з двигунами, що мають газотурбінний наддув з охолодженням продувного повітря.*

*Застосування модернізованої системи дозволить також зменшити трудомісткість очищення охолоджувальних елементів повітроохолоджувача завдяки відмові від ручного механічного очищення важкодоступних поверхонь охолодження.*

***Ключові слова:** продувне повітря, охолоджувач, охолоджувальний елемент, розпилювач.*

**DOI: 10.33815/2313-4763.2020.1.22.120-130**

**Вступ.** В основі роботи дизеля лежить перетворення енергії спалюваного палива в механічну роботу, тому, чим більше спалено палива, тим більшу роботу зможе розвинути двигун. Але кількість палива, яке може ефективно згоріти в циліндрах заданого розміру, лімітується масою розміщеного в них заряду повітря [1].

Для збільшення маси заряду повітря потрібно збільшити його щільність. Також щільність повітря може бути збільшена, якщо підняти тиск повітря і знизити його температуру. Таке технічне рішення, яке дозволяє підвищити агрегатну потужність двигуна завдяки збільшенню циклової подачі палива і заряду повітря за практично незмінного коефіцієнта надлишку повітря, називається наддувом. У сучасних конструкціях двигунів ступінь наддуву досягнув 3,5–3,8 (двотактні) і 4,5–4,9 (чотиритактні).

Зниження температури продувного повітря відбувається в охолоджувачі повітря. З часом його продуктивність падає через забруднення елементів теплообміну. Це призводить до зниження потужності дизельного двигуна. Відома процедура очищення повітроохолоджувача не забезпечує повного очищення теплообмінних елементів, особливо у важкодоступних місцях, а ручне механічне очищення є трудомістким і вимагає зупинки двигуна на тривалий час.

Отже, підвищення ефективності і зниження трудомісткості очищення охолоджувача повітря є актуальним завданням.

**Система продувного повітря двигунів модельного ряду МС 50-98 фірми MAN B&W.** У суднових двигунах модельного ряду МС 50-98 фірми MAN B&W застосовується газотурбінний наддув. Стиснення повітря від атмосферного тиску до тиску наддуву  $p_k$  здійснюється в наддувочному агрегаті, що являє собою відцентровий компресор, об'єднаний з газовою турбіною. У турбіні, що встановлена у випускному тракті двигуна, використовується значна частина енергії випускних газів, яка у двигунах без наддуву зазвичай втрачається в атмосферу. Оскільки привід компресора здійснюється турбіною, зникає потреба у відборі потужності від двигуна. Важливо також мати на увазі, що при газотурбінному наддуванні із зростанням тиску  $p_k$  потужність механічних втрат не змінюється, а індикаторна потужність збільшується. В результаті механічний ККД двигуна зростає, а питома ефективна витрата палива відповідно знижується [2].

Продувне повітря у двигун подається від одного або двох турбонагнітачів, розташованих на стороні випуску [3, 4]. Як варіант, турбонагнітач може бути встановлений у кормовій частині двигуна.

Випускний газ двигуна приводить у дію турбіну турбонагнітача, а через загальний вал турбіна приводить у дію компресор.

Компресор забирає повітря з машинного відділення через повітряні фільтри. З компресора повітря проходить через трубу продувного повітря в повітроохолоджувач (рис. 1), де повітря охолоджується. Труба продувного повітря з компенсатором ізолювана і може бути покрита зсередини шумопоглинальним матеріалом.

Охолоджувач повітря сконструйований так, що він відокремлює конденсат від самого повітря.

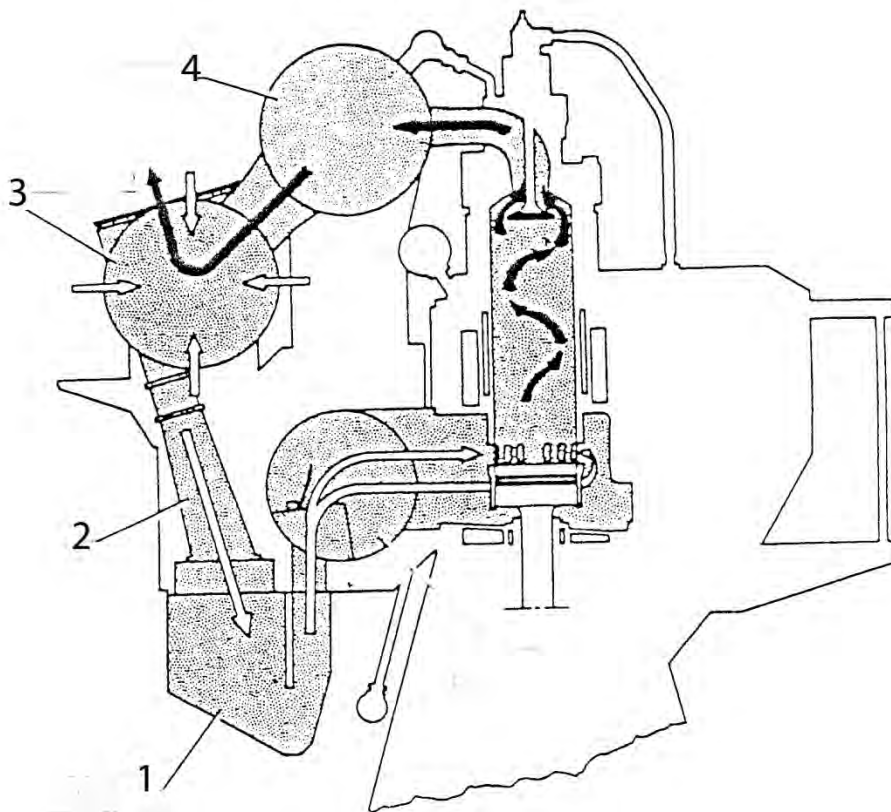


Рисунок 1 – Схема системи продувного повітря:

1 – охолоджувач повітря; 2 – система продувного повітря; 3 – турбонагнітач; 4 – випускний колектор

Повітря нагнітається в ресивер продувного повітря через блок клапанів, установлений внизу ресивера. Блок клапанів має кілька неповоротних клапанів, які відкриваються під тиском повітря від турбонагнітача.

З продувного ресивера повітря надходить у циліндр через продувні вікна, коли поршень знаходиться в нижньому положенні. Коли випускні клапани відкриті, випускний газ нагнітається в загальний колектор випускних газів, звідки він надходить до турбіни турбонагнітача при постійному тиску.

**Охолоджувач продувного повітря.** Охолоджувальний елемент продувного повітря блочного типу. Він установлений у корпусі, звареному зі сталевих пластин. Корпус охолоджувача забезпечений оглядовими кришками для перевірки стану охолоджувального елемента.

Чищення елементів охолоджувача можна виконувати з або без його виймання при зупиненому двигуні за допомогою вбудованих розпилювачів (рис.2).

Охолоджувач має камеру повороту повітря із вбудованим уловлювачем повітря. Уловлювач складається з низки пластин, які відокремлюють сконденсовану воду продувного повітря під час проходження повітряного потоку [3, 4, 5].

Відсепарована вода збирається на дні корпусу охолоджувача, звідки вона видаляється дренажною системою. Важливо перевіряти правильне функціонування дренажу, так як у циліндр можуть потрапити краплі води. Для цього можна встановити сигнальний пристрій надлишку води.

**Забруднення охолоджувача повітря** відбувається маслянистими відкладеннями на поверхні трубок з боку повітря, солей і шламу з боку охолоджувальної забортної води. Як наслідок, зростає опір руху повітря, тиск  $\delta p_s$  на холодильнику збільшується. Відомі випадки, коли  $\delta p_s$  збільшувався з 0,001- 0,002 МПа до 0,02 МПа і відповідно знижувався коефіцієнт теплопередачі. При зниженні охолоджувальної здатності холодильника перепад температур повітря ( $T_k - T_s$ ) зменшується, температура повітря  $T_s$  в ресивері підвищується. Остання обставина негативно позначається на масовому заряді повітря в циліндрах  $G_v$ . Досить сказати, що підвищення температури продувного повітря на  $10^\circ$  викликає скорочення  $G_v$  в середньому на 2–3 % [1].

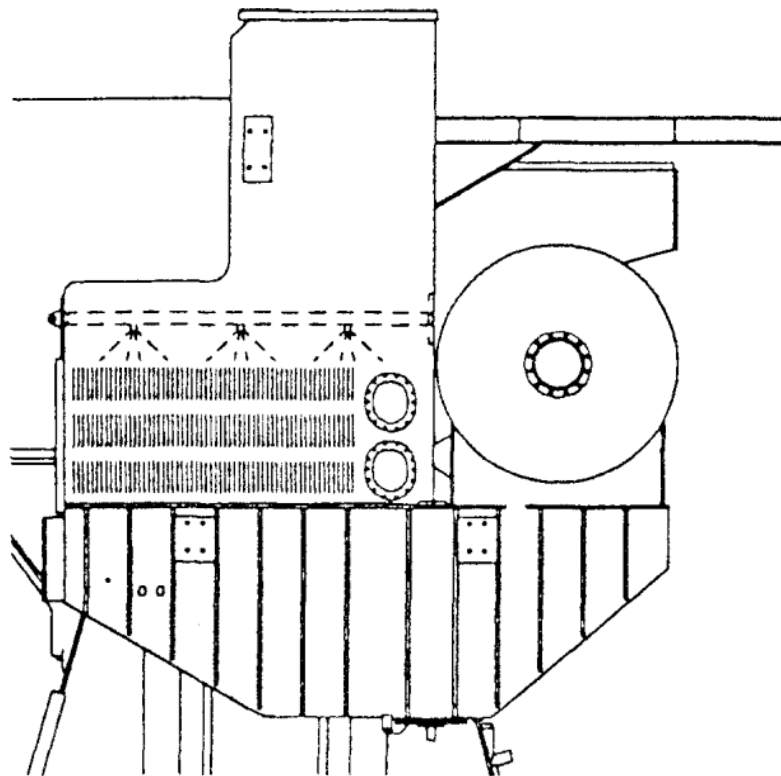


Рисунок 2 – Охолоджувач продувного повітря

Після чищення компресора обов'язково необхідно здійснювати прочищення водою або мийним розчином повітроохолоджувача, так як у нього заносяться маслянисті відкладення, змиті з колеса компресора.

**Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми.** При експлуатації газотурбінного наддуву найбільш трудомістким є процес його очищення від забруднення, яке необхідно проводити регулярно.

З аналізу роботи нагнітача зрозуміло, що подача продувного повітря в охолоджувач відбувається з одного боку, де й осідає більша частина відкладень. Недоліком такої системи очищення є те, що мийна рідина подається під напором тільки зверху. При цьому бічні та нижня поверхні охолоджувача очищуються гірше, що призводить до зменшення ефективності теплообміну повітроохолоджувача.

**Постановка завдання.** З метою зменшення вказаних недоліків пропонується модернізувати систему очищення охолоджувача повітря таким чином, щоб розпилювальні пристрої було встановлено додатково з обох боків охолоджувального елемента, тобто у місцях найбільшого забруднення охолоджувача. Така модернізація підвищить ефективність очищення повітряної частини охолоджувача.

**Рішення задачі.** Після очищення компресора обов'язково необхідно проводити очищення водою або мийним розчином повітроохолоджувача, так як на нього заносяться маслянисті відкладення, що змиваються з колеса компресора.

На серійному охолоджувачі повітря встановлено тільки два розприскувачі, які розміщуються над охолоджувальним елементом і простягаються вздовж нього, як це показано на рис. 3.

Запропонована модернізація передбачає встановлення додаткових розприскувачів з обох боків охолоджувального елемента (рис. 3).

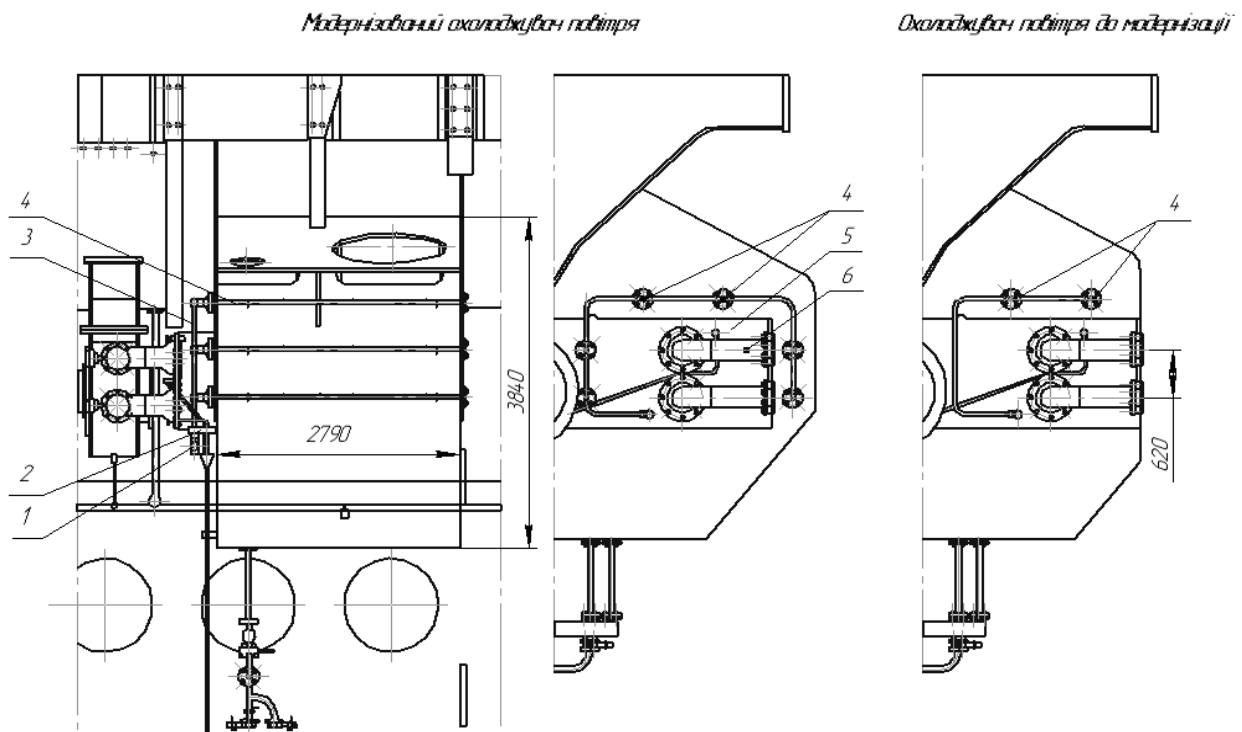


Рисунок 3 – Схема системи чищення охолоджувача продувного повітря до та після модернізації: 1 – прохідний клапан; 2 – утримувач; 3 – трубопровід подачі мийної рідини; 4 – розпилювач; 5 – охолоджувальний елемент; 6 – трубопровід подачі охолоджувальної води

Аналіз серійної схеми очищення охолоджувальних елементів показав її недосконалість [8, 9].

Продувне повітря охоплює охолоджувальні елементи з усіх боків. Тому маслянисті відкладення також відкладаються на охолоджувальних елементах з усіх боків, що призводить до утворення на них масляної плівки і погіршення охолодження повітря.

Водночас з тим, розміщені зверху розприскувачі проводять інтенсивне очищення тільки верхньої частини охолоджувального елемента. Його бокові й особливо нижня поверхні не потрапляють під дію напору мийної рідини і можуть омиватися тільки її стоками. З часом це призводить до наростання шару маслянистих відкладень і росту температури продувального повітря.

Загальна кількість розприскувачів збільшується з 8 до 16 одиниць на один охолоджувач.

Площу активного очищення можна розрахувати виходячи з пропорцій бічних і горизонтальних поверхонь охолоджувального елемента. При співвідношенні  $a : v = 1 : 1$ , де  $a$  – площа верхньої горизонтальної площини охолоджувального елемента, а  $v$  – сумарна площа двох бічних поверхонь, можна вважати, що площа активного очищення охолоджувального елемента після модернізації зростає на 100 %, що відповідно підвищить ефективність процесу очищення [11].

Запропонована система очищення охолоджувальних елементів дозволить рівномірно очистити їх від бруду і підтримувати необхідну температуру продувального повітря.

Проведення модернізації передбачає виконання додаткових змін у системі повітроохолодження.

Розміщення додаткових розпилювачів з бічної сторони вимагає додаткового місця для їх установа (рис. 3.1). Це досягається збільшенням об'єму камери повітроохолоджувача на величину, достатню для встановлення додаткових розпилювачів.

Крім того, модернізована система очищення передбачає збільшення подачі очищувальної рідини. Тому необхідно передбачити встановлення насоса більшої продуктивності, а також і збільшення ємності для мийної рідини.

Для проходження більшого об'єму рідини необхідно збільшити прохідний перетин гідравлічних трубопроводів.

Попередній аналіз показує, що продуктивність насоса і прохідний перетин трубопроводів необхідно збільшити на 100 %.

Для того щоб не збільшувати продуктивність насоса і перетин трубопроводів можна змінити режим роботи очищувача. Він полягає у поступовому включенні окремих розпилювачів для кожної очищуваної поверхні. Рекомендується спочатку очистити верхню горизонтальну поверхню. Водночас у забруднення частково змиється рідиною повністю, а частково осяде нижче. Потім включаються по черзі розпилювачі однієї сторони охолоджувального елемента, а потім з другої сторони. Отже, збільшується час очищення, але продуктивність насоса і перерізи трубопроводів не змінюються.

**Чищення повітряної частини охолоджувача промиванням** водою з додаванням хімічних засобів. Чищення проводити тільки при зупиненому двигуні. Це необхідно тому, що уловлювач не може зберегти очищувальну рідину і виникає ризик нагнітання в циліндри очищувального середовища, що може викликати надмірне зношення втулки.

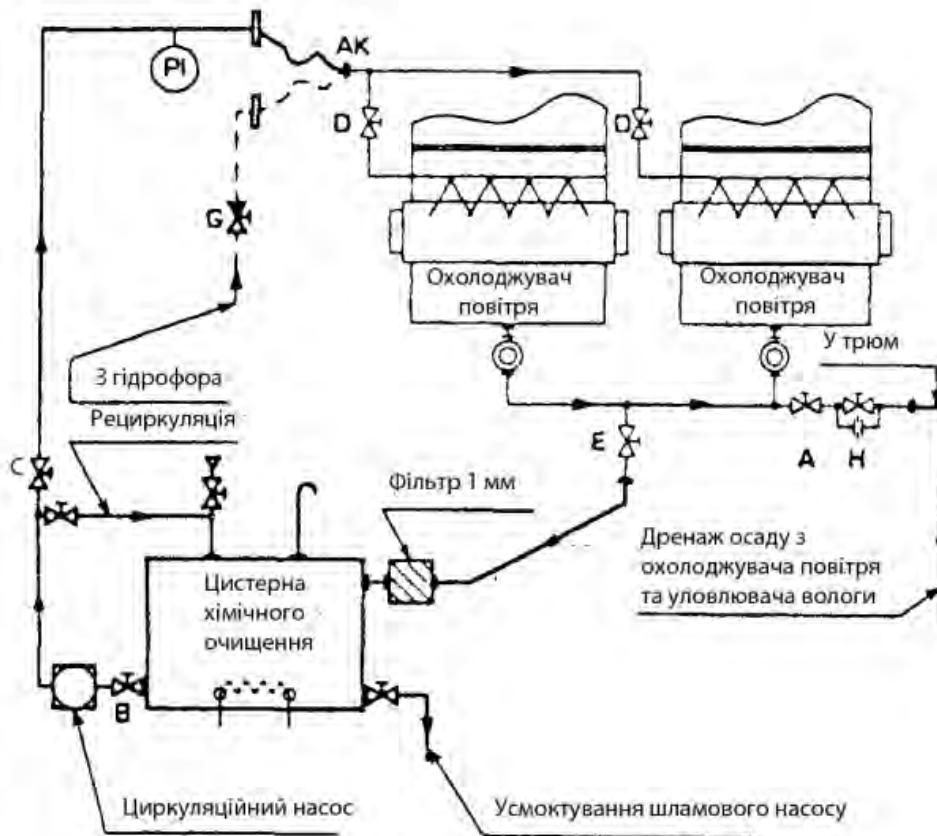
Очищення повітряної сторони охолоджувача продувального повітря здійснюється шляхом уведення хімічної рідини до розпилювача, що встановлений на повітряній камері.

Забруднена хімічними мийними засобами рідина повертається через фільтр до резервуара для хімічного очищення.

Для нормальної роботи охолоджувача необхідно регулярно очищати водяну та повітряну частини охолоджувача [11, 12]. Охолоджувальні блоки повітряної частини забруднюються відкладеннями масла, продуктами неповного згорання, тому для їх

очищення встановлена спеціальна система, що дозволяє проводити очищення без розбирання, як показано на рис. 4.

Охолоджувальні блоки очищуються впорскуванням хімічної рідини через труби, встановлені у повітряній камері.



Умова чищення

Хімічне чищення  
 Відкрити B, C, D, E, F  
 Закрити A, G, H  
 Запустити насос

Промивання водою

Відкрити A, D, G, H  
 Закрити B, C, E, F

Умова нормальної роботи

Відкрити A  
 Закрити B, C, D, E, F, G, H  
 Закрити оглядові кришки  
 на ресивері продувного повітря

Рисунок 4 – Схема системи очищення повітряної сторони

Рекомендується використовувати одну з наступних очищувальних рідин або аналогічний продукт.

- продукт: ACC 9, вироблений Drew Chemical Corp., Нью-Йорк, США;
- продукт: 80B, виробляється Vecom Int., Maassluis, Голландія.

При очищенні повітряної частини охолоджувача (кормовий кінець) необхідно виконати наступні дії [11, 14]:

1. Не починати очищення, поки двигун не буде в стані спокою близько 30 хвилин. Не відключати подачу стисненого повітря до випускного клапана.

2. Для забезпечення задовільного розпилення очищувальної рідини тиск у циркуляційному насосі має бути не менше 0,07 МПа.

3. Продовжувати процес очищення щонайменше 30 хвилин. Час залежить від частоти, з якою проводиться очищення і хімічної продукції, що використовується.

4. Після очищення промити охолоджувач чистою водою, поки вода, що з'явилося в оглядовому склі, не буде чистою.

5. Контроль проводити або зі знятою кришкою з верхньої частини охолоджувача, або з демонтованим трубопроводом надувного повітря.

**Розрахунок кількості конденсату дренажної системи.** Поєднання високої вологості повітря і холодної води охолодження викликає появу конденсату, що відокремлюється від продувного повітря в уловлювачі водяного туману. Кількість конденсату з водяного туману може бути оцінена на основі перерахованих нижче вимірювань і графіків, зображених на рис. 4 [ 8, 15].

**Методика розрахунку.** 1. Кількість водяної пари у всмоктуваному повітрі знаходиться на основі вимірів температури навколишнього повітря і відносної вологості, з рис. 4.

2. Максимальна кількість водяної пари в продувному повітрі знаходиться по графіку, побудованому на вимірах тиску повітря і температури.

3. Очікуваний обсяг конденсату розраховується за формулою:

$$M_c = k \times N_e \times (M_a - M_s), \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

де  $k$  – коефіцієнт, що залежить від типу двигуна:  $k=1,05$  – для К80...К98;  $k=1,0$  – для S50...S90, L50...L70;  $k=0,90$  – для S26...S46, L35...L42;  $N_e$  – завантаження двигуна, кВт;  $M_a$  – кількість водяної пари у всмоктуваному повітрі;  $M_s$  – кількість водяної пари у продувному повітрі; допуск результату  $\pm 10\%$ .

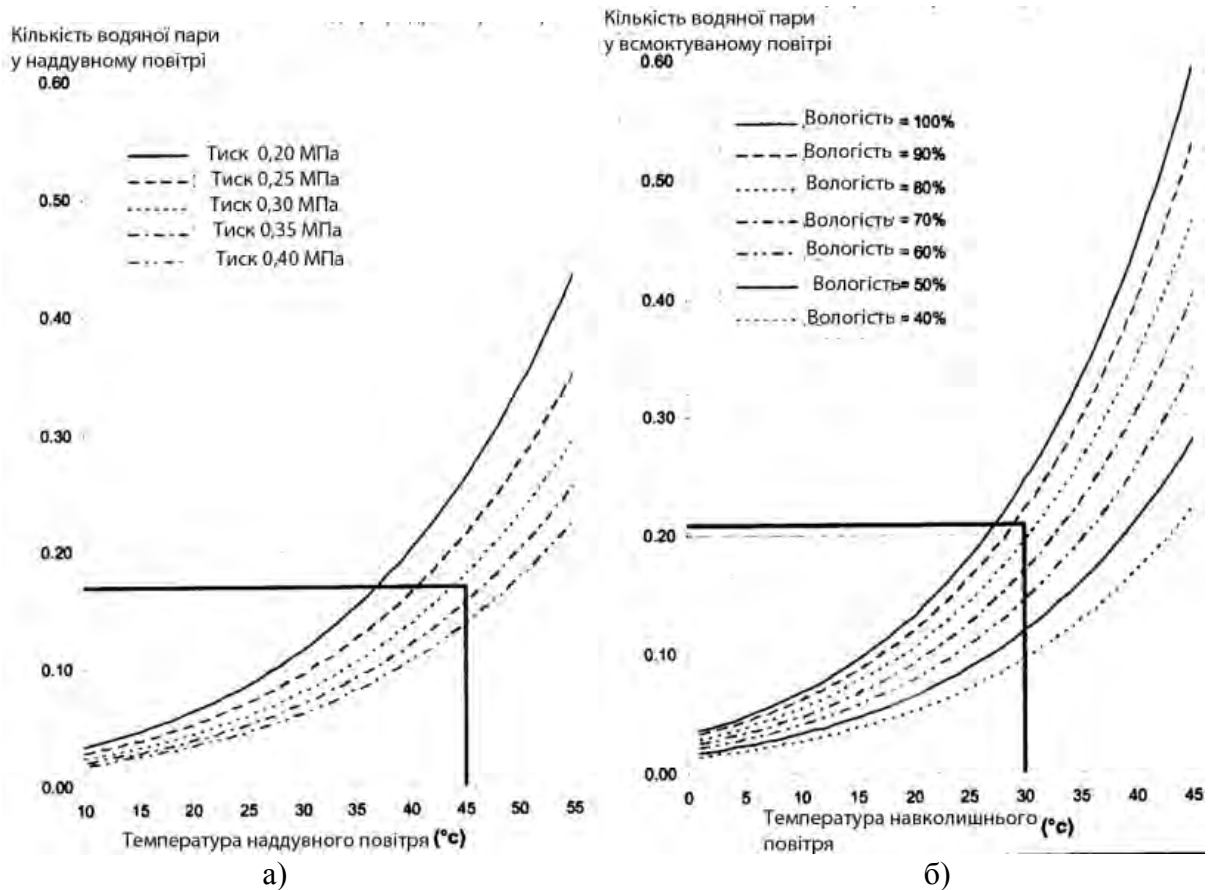


Рисунок 4 – Наявність водяної пари: а) – залежно від вологості повітря; б) – залежно від тиску продувного повітря

Осад конденсату не відбувається, якщо результат негативний. Температура морської води може бути альтернативно використана замість температури повітря та відносної вологості. Крива відносної вологості 100% може застосовуватися, якщо використовується температура морської води.

**Розрахунок кількості конденсату.** Розрахунок кількості конденсату проведемо для дизеля HYUNDAI-MAN B&W 6L70MC-C.

Вихідні показники [8]:

– тип двигуна	HYUNDAI-MAN B&W 6L70MC-C;
– навантаження двигуна	19620 кВт
– температура навколишнього повітря	30°;
– відносна вологість	85%;
– тиск повітря	0,325 МПа;
– температура продувального повітря	45°С;
– $M_a = 0,21$ кг / кВт×год, знайдено на рис. 4 а;	
– $M_s = 0,17$ кг / кВт×год, знайдено на рис. 4 б;	
– $k=1,0$ – для двигуна типу L70.	

Після підстановки значень у рівняння отримаємо:

$$M_c = 1,0 \times 19620 \times (0,21 - 0,17) = 785 \text{ кг/год.}$$

Кількість конденсату становитиме 785 кг/год ( $\pm 10\%$ ) або 18,8 т/добу для двигуна HYUNDAI-MAN B&W 6L70MC-C.

Після модернізації кількість конденсату не зміниться, оскільки не змінюються параметри роботи охолоджувача повітря – кількість продувального повітря і кількість прокачуваної охолоджувальної води. Але зміниться якість процесу охолодження. Якісне очищення повітроохолоджувача дозволить утримувати показники щільності продувального повітря на заданому і стабільному рівні.

**Основні результати та висновки.** Підвищення температури продувального повітря призводить до зменшення потужності двигуна, збільшення витрати палива і накопичення відкладень у випускному колекторі й газоході, що може спричинити пожежу.

Враховуючи необхідність регулярних чищень охолоджувального елемента, серійна система є трудомісткою. Крім очищення через розпилювачі, вона передбачає систематичне розбирання охолоджувача і ручне очищення елементів.

Запропонована модернізація дозволяє підвищити ефективність очищення охолоджувача продувального повітря дизельного двигуна завдяки встановленню додаткових розпилювачів мийної рідини біля бокових поверхонь охолоджувального елемента.

Модернізація не складна і її впровадження можливе на діючих суднах силами машинної команди при довгостроковій зупинці судна для технічного обслуговування і проведення ремонту. Запропоновані зміни не вимагають значних матеріальних витрат.

Рішення є універсальним і може бути запроваджене на суднах з двигунами, що мають газотурбінний наддув з охолодженням продувального повітря. Застосування модернізованої системи дозволить також зменшити трудомісткість очищення охолоджувальних елементів повітроохолоджувача завдяки відмові від ручного механічного очищення важкодоступних поверхонь охолодження.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРА

1. Возницкий И. В., Пунда А. С. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 2. М. : Моркнига, 2008. 470 с.
2. Возницкий И. В. Современные двухтактные малооборотные двигатели. СПб. : Моркнига, 2006.



3. Возницкий И. В. MAN B&W Двигатели модельного ряда MS 50-98. Конструкция, эксплуатация и техническое обслуживание. М. : Моркнига, 2008. 263 с.
4. Инструкции для дизелей типа 50-98 MS. Компоненты и обслуживание. Издание 8С. Часть 1 MAN B&W Diesel A/S. Копенгаген, Дания. 241с.
5. Инструкции для дизелей типа 50-98 MS. Компоненты и обслуживание. Издание 8С. Часть 2 MAN B&W Diesel A/S. Копенгаген, Дания. 249 с.
6. www.vestas.biz. Vestas aircoil A/S. Technical data for charge air cooler LKMY20/34A4-A-EK-2584. 14 p.
7. Instruction HYUNDAI-MAN B&W Diesel engines operation. 349 p.
8. Инструкции для дизелей типа 50-98 MS. Эксплуатация. Издание 40С. Часть V,VI MAN B&W Diesel A/S. Копенгаген, Дания. 339 с.
9. Судовые энергетические установки / Румб В.К , Яковлев, Г.В., Шаров Г.И. и др. Часть I. Судовые дизельные энергетические установки : учебник. СПб. : СПбМГУ, 2007.
10. Возницкий И. В., Михеев Е. Г. Судовые дизели и их эксплуатация. М. : Транспорт, 1990.
11. Klaus Mollenhauer, Helmut Tschoeke. Handbook of Diesel Engines. Springer-Verlag Berlin: Heidelberg, 2010. 634 p.
12. Holland, P.; Wachtmeister, G.; Eilts, P. Untersuchungen zum Einfluss des Aufladesystems auf das dynamische Verhalten mittelschnellaufender Viertakt-Dieselmotoren. *Proceedings of the 8th Aufladetechnische Konferenz*. Dresden, 2002. P. 31–40.
13. Stutz, W. ; Staub, P.; Mayr, K.; Neuhauser, W.: Neues 2-stufiges Aufladekonzept für PKW-Dieselmotoren. *Proceedings of the 9th Aufladetechnische Konferenz*. Dresden, 2004. P. 211–228.
14. Meier, E.: Turbocharging Large Diesel Engines – State of the Art and Future Trends. Brochure from ABB Turbo Systems Ltd. Baden (Switzerland) 1994.
15. Friedrich, I.; Pucher, H.: Echtzeit-DVA– Grundlage der Regelung künftiger Verbrennungsmotoren. *Tagungs-band der MTZ-Konferenz – Motor 2006*. (June 1–2, 2006, Stuttgart) Der Antrieb von morgen, Wiesbaden :Vieweg Verlag, 2006., P. 215–224.

## REFERENCES

1. Voznitskii I.V., Punda A.S. Sudovye dvigateli vnutrennego sgoraniia, tom 2: M. MORKNIGA, 2008, - 470s.
2. Voznitskii I.V. Sovremennye dvukhtaktnye malooborotnye dvigateli. SPb.: Morkniga, 2006.
3. Voznitskiy I.V. MAN B&W Dvigateli modelnogo ryada MS 50-98. Konstruktsiya, ekspluatatsiya i tehniceskoe obsluzhivanie. Morkniga, 2008. – 263s.
4. Instruktsii dlya dizeley tipa 50-98 MS. Komponentyi i obsluzhivanie. Izdanie 8S. Chast 1 MAN B&W Diesel A/S. kopengagen, Daniya – 241s.
5. Instruktsii dlya dizeley tipa 50-98 MS. Komponentyi i obsluzhivanie. Izdanie 8S. Chast 2 MAN B&W Diesel A/S. kopengagen, Daniya – 249s.
6. www.vestas.biz. Vestas aircoil A/S. Technical data for charge air cooler LKMY20/34A4-A-EK-2584 . – 14p.
7. Instruction HYUNDAI-MAN B&W Diesel engines operation. 349p.
8. Instruktsii dlya dizeley tipa 50-98 MS. Ekspluatatsiya. Izdanie 40S. Chast V,VI MAN B&W Diesel A/S. Kopengagen, Daniya – 339s.
9. Sudovye energeticheskie ustanovki. Rumb V.K , Iakovlev, G.V., Sharov G.I. i dr. Chast I. Sudovye dizelnye energeticheskie ustanovki: Uchebnik, SPbMGU. – SPb.: 2007.
10. Voznitskii I.V., Mikheev E.G. «Sudovye dizeli i ikh ekspluatatsiia». M.: ransport – 1990.

11. Klaus Mollenhauer, Helmut Tschoeke. Handbook of Diesel Engines. Springer-Verlag Berlin: Heidelberg, 2010. 634 p.
12. Holland, P.; Wachtmeister, G. ; Eilts, P.: Untersuchungen zum Einfluss des Aufladesystems auf das dynamische Verhalten mittelschnellaufender Viertakt-Dieselmotoren. Proceedings of the 8th AufladetechnischeKonferenz Dresden 2002, pp. 31–40.
13. Stutz, W. ; Staub, P.; Mayr, K.; Neuhauser, W.: Neues 2-stufiges Aufladekonzept für PKW-Dieselmotoren. Proceedings of the 9th Aufladetechnische Konferenz Dresden 2004, pp.211–228.
14. Meier, E.: Turbocharging Large Diesel Engines – State of the Art and Future Trends. Brochure from ABB Turbo Systems Ltd. Baden (Switzerland) 1994.
15. Friedrich, I.; Pucher, H.: Echtzeit-DVA– Grundlage der Regelung künftiger Verbrennungsmotoren. Tagungs-band der MTZ-Konferenz – Motor 2006. (June 1 -2, 2006, Stuttgart) Der Antrieb von morgen, Wiesbaden:Vieweg Verlag 2006, pp. 215–224.

**Самарин А. Е., Врублевский Р. Е. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ОХЛАДИТЕЛЯ ПРОДУВОЧНОГО ВОЗДУХА ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

*Снижение температуры продувочного воздуха происходит в охладителе воздуха. Со временем его производительность падает из-за загрязнения элементов теплообмена. Это приводит к снижению мощности дизельного двигателя. Известная процедура очистки воздухоохладителя не обеспечивает полной очистки теплообменных элементов, особенно в труднодоступных местах, а ручная механическая очистка является трудоемкой и требует остановки двигателя на длительное время. Таким образом, повышение эффективности и снижение трудоемкости очистки охладителя воздуха является актуальной задачей.*

*С целью уменьшения указанных недостатков предлагается модернизировать систему очистки охладителя воздуха таким образом, чтобы распылительные устройства были установлены дополнительно с обеих сторон охлаждающего элемента, то есть в местах наибольшего загрязнения охладителя.*

*Повышение температуры продувочного воздуха приводит к уменьшению мощности двигателя, увеличению расхода топлива и накоплению отложений в выпускном коллекторе и газоходу, что может вызвать пожар.*

*Учитывая необходимость регулярных чисток охлаждающего элемента, серийная система является трудоемкой. Кроме очистки через распылители, она предусматривает систематическую разборку охладителя и ручную очистку элементов.*

*Предложенная модернизация позволяет повысить эффективность очистки охладителя продувочного воздуха дизельного двигателя за счет установки дополнительных распылителей моющей жидкости у боковых поверхностей охлаждающего элемента.*

*Модернизация не сложна и ее внедрение возможно на действующих судах силами машинной команды при долгосрочной остановке судна для технического обслуживания и проведения ремонта.*

*Решение является универсальным и может быть введено на судах с двигателями, имеющими газотурбинный наддув с охлаждением продувочного воздуха.*

*Применение модернизированной системы позволит также уменьшить трудоемкость очистки охлаждающих элементов воздухоохладителя за счет отказа от ручной механической очистки труднодоступных поверхностей охлаждения.*

**Ключевые слова:** продувочный воздух, охладитель, охлаждающий элемент, распылитель.

**Samarin O. E., Vryblevskiy R. Ye. IMPROVING THE CLEANING EFFICIENCY OF THE DIESEL ENGINE PURGE AIR COOLER**

*In order to increase the mass of the air charge, one has to increase its density. Therefore, the density of the air may be increased by increasing the air pressure and reducing its temperature.*

*The temperature of the purge air is being decreased in the air cooler. With the lapse of time, its performance efficiency drops due to the contaminant pollution of heat transfer elements, which as a consequence, leads to the diesel engine power reduction. The established procedure for cleaning the air cooler does not ensure a complete cleaning of heat exchangers, especially in hard-to-reach places, and manual mechanical cleaning is rather time consuming and requires engine cutoff over a protracted period of time. Thus, improving the efficiency and simplifying the complexity of the air cooler cleaning procedure is considered to be an urgent task to complete.*

*In order to reduce those shortcomings, the modernization of the air cooler cleaning system is being considered. The upgrade being suggested involves an installation of auxiliary atomizing devices on both sides of the cooling element, i.e., in those places where the air cooler is being polluted the most.*

*The purge air temperature increase leads to a decrease in the engine power, increased fuel consumption and accumulation of deposits in the exhaust manifold and flue pass, which consequently may contribute to a spontaneous combustion.*

*Taking into consideration the demand for regular cleaning procedure of the cooling element, the serial system is time consuming. In addition to cleaning by means of atomizers, it also involves systematic disassembly of the cooler and manual cleaning of the elements.*

*The modernization being suggested allows to increase the cleaning efficiency of the blower air cooler of the diesel engine by installing additional atomizers of detergent near the side surfaces of the cooling element.*

*Modernization procedure is not a complicated one and its implementation is possible on existing vessels by the engine crew taking into account the necessity of a long-term stopover of the vessel for maintenance and repair.*

*The solution is universal and may be implemented on ships with the gas-turbocharged engines with purge air cooling system.*

*The application of an upgraded system will also reduce the complexity of the cleaning procedure of the air cooler cooling elements by avoiding manual mechanical cleaning of hard-to-reach cooling surfaces.*

**Keywords:** *purge air, cooler, cooling element, atomizer.*

© Самарін О. Є., Врублевський Р. Є.

Статтю прийнято  
до редакції 28.05.20