

271 РІЧКОВИЙ ТА МОРСЬКИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 629.5

DOI: 10.31498/2225-6733.50.2025.336400

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАНТАЖНОЇ СИСТЕМИ НАФТОНАЛИВНОГО СУДНА

Погорлецький Д.С.	канд. техн. наук, доцент, Херсонська державна морська академія, м. Херсон, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1256-8053 , e-mail: dimon150582@gmail.com ;
Грицук І.В.	д-р техн. наук, професор, Херсонська державна морська академія, м. Херсон, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7065-6820 , e-mail: gritsuk_iv@ukr.net ;
Худяков І.В.	канд. техн. наук, доцент, Херсонська державна морська академія, м. Херсон, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8900-7879 , e-mail: igor.khudiakov563@gmail.com ;
Самарін О.Є.	канд. техн. наук, доцент, Херсонська державна морська академія, м. Херсон, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6304-0777 ;
Носов П.С.	канд. техн. наук, доцент, Херсонська державна морська академія, м. Херсон, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5067-9766

В статті розглядаються питання експлуатації та підвищення ефективності роботи вантажної системи танкера, яка приймає, перекачує і видаляє з судна нафтопродукти. Приділена увага вантажній системі танкеру поширеної гідравлічної вантажної установки FRAMO виробництва фірми Frank Mohn Fusa A/S, Норвегія. Розглянуто будову даної системи, її особливості експлуатації, приділена увага розгляду можливих несправностей гідравлічної вантажної системи Frato, виникаючих під час роботи в різних кліматичних умовах. Дана гідравлічна вантажна система досить поширена на окремих типах суден, але має деякі недоліки, як і усі гідравлічні системи морських суден. Можливим недоліком конструкції цієї системи є те, що вона висить на спеціальних кріпленнях і при неповній заповненості танку може легко зруйнуватися, переміщуючись під час качки з вантажем. З огляду на конструктивну складність гідравлічної системи FRAMO, практично виключається можливість її ремонту силами екіпажу на судні під час рейсу. Ця система температуро залежна від навколишнього середовища та можливий вихід з ладу системи у наслідок перегріву гідравлічної рідини, підвищені температури гідравлічного масла (вище 60°C) прискорюють процес старіння масла, сприяючи процесам окислення і окисної полімеризації з виділенням і випадінням в осад органічних кислот і асфальтосмолистих речовин. В результаті окислювальних процесів виникає корозійний знос гідроагрегатів і передчасний вихід з ладу фільтруючих елементів. Для покращення температурного стану гідравлічної системи пропонується встановлення додаткового теплообмінного апарату та підключення частотного регулятора (програмованого мікроконтролеру) до відцентрового циркуляційного насоса заборотної води, який подає воду на теплообмінний апарат системи охолодження гідравлічної вантажної системи. Обґрунтовано можливість модернізації системи охолодження гідравлічної рідини вантажної системи «FRAMO» та описано особливості режимів роботи модернізованої системи охолодження.

Ключові слова: нафтоналивне судно, вантажна система, гідравлічне масло, теплообмінний апарат, умови експлуатації.

Постановка проблеми

Поряд зі зростанням і вдосконаленням танкерів удосконалювалося також їх обладнання, в тому числі спеціальні системи, що забезпечують проведення вантажно-розвантажувальних операцій, збереження вантажу при транспортуванні.

До складу спеціальних систем танкерів входять системи вантажного комплексу – вантажна і зачисна забезпечуючі системи. Вантажна система призначена для прийому та перекачування в межах судна і вивантаження рідких вантажів. Вантажні насоси мають окремі магістральні трубопроводи, від яких в певну групу танків йдуть приймальні відростки, які замикаються клапанами чи клінкетами. Така проводка

всмоктуючого трубопроводу дозволяє незалежно приймати і відкачувати кілька різних сортів нафтопродуктів [1-5]. Основною системою на танкері є вантажна, її пристрій повинен забезпечувати швидке та безпечно заповнення і осушення танків, достатню остійність судна при навантаженні і розвантаженні, а також протипожежну безпеку.

Перевага вантажних систем з гідроприводом окремих насосів полягає в можливості проводити вантажні операції одночасно у багатьох танках при різноманітних вантажах, виключаючи можливість змішування цих вантажів. Крім того, вони практично пожежобезпечні, так як використовують в якості робочої рідини гідравлічні масла (як в силових, так і в керуючих системах). З огляду на ці особливості, широке поширення

вони отримали на танкерах-хімовозах, які мають багато вантажних танків, що вміщають широкий спектр хімічних вантажів [1-6]. Основна ідея гідравлічної вантажної системи полягає в тому, що все обладнання, що знаходиться поза машинним відділенням (вантажні насоси, палубні лебідки, брашпиль, швартові лебідки, баластні насоси, підрулюючі пристрої), приводяться в дію гідромоторами, які отримують енергію у вигляді потоку масла високого тиску, що подається від силових модулів насосної станції (електрогідравлічних насосів) [1-10].

Основний недолік гідравлічної вантажної системи це перегрів гідравлічного масла. Гідравлічне масло, розігрите вище максимально допустимої температури, втрачає значну частину експлуатаційних характеристик, що призводить не тільки до погіршення продуктивності роботи, але і до виходу з ладу комплектуючих вантажної гідросистеми, гідравлічних пристроїв, ущільнень, гідрошлангів. Перегрів масла часто трапляється через надмірне навантаження на гідросистему. Наприклад, коли насос працює на гранично високих обертах, намагаючись перекачувати рідину. Масло розігрівається і, коли температура перевищує максимальну позначку в 80°C, починають «протікати» ущільнювачі. Перегрів – прямий шлях до неминучої поломки, тому допускати його непотрібно [4-10]. На ефективність роботи гідроприводів з важким і дуже важким режимом роботи найбільший вплив на температурний режим надають втрати енергії, які викликають підвищене тепловиділення і інтенсивно нагрівають робочу рідину. Стан робочої рідини позначається на ефективності експлуатації гідроприводу, оскільки за її рахунок здійснюється функціонування гідрообладнання шляхом передачі енергії, мащення поверхонь тертя, захисту від корозії, відведення тепла і видалення продуктів зносу. Впливають температурні коливання на зміну зазорів деталей, елементів гідроприводу, тертя контактуючих поверхонь і фізико-механічні властивості матеріалу [1-10].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Відомі вантажні та зачисні системи нафтоналивних суден, що здійснюють прийом та видачу вантажу, а також перекачування його між танками або групами танків [1-8]. Основним недоліком цих вантажних систем є неможливість повного відкачування вантажу, так як вантажні насоси великої продуктивності з великим діаметром трубопроводів при зниженні рівня рідини в танках починають захоплювати повітря, що призводить до розриву потоку та зупинки вантажних насосів. Відкачування залишків вантажу з танків, не забраних вантажною системою, проводиться за допомогою зачисної системи, яка по влаштуванню в основному аналогічна вантажній, але має меншу продуктивність і менший діаметр трубопроводів. Це призводить до значних простоїв судна при відкачуванні вантажу, що знижує ефективність наливного судна [5-10].

Основними вимогами, що пред'являються до вантажної системи великотоннажного танкера, призначеного для перевезення сирої нафти, є максимальна простота і забезпечення заданого часу вантажно-розвантажувальних операцій. Вантажна система є основною системою танкера, що визначає ефективність проведення вантажних операцій у комплексі із системою зачистки та газовідвідними пристроями. Від її типу та комплектації вантажними засобами безпосередньо залежать час стоянки судна при вантажних операціях та ступінь використання танкера для одночасного перевезення різних сортів вантажу. Лінійна система застосовується з використанням відцентрових насосів, розташованих в насосному приміщенні в кормовій частині танкера, позаду всіх вантажних танків. Клінкетна система відрізняється від попередніх тим, що в вантажних танках не прокладаються трубопроводи. У перегородках днища вирізаються отвори, що закриваються спеціальними засувками. Під час навантаження і вивантаження вантаж перетікає через ці отвори з танків в танк, де встановлюються вантажні і зачисні трубопроводи, поблизу від насосного приміщення. Цю систему називають ще системою вільного потоку (FREE FLOW). Перевагою системи є невелика кількість встановлюваних трубопроводів, що зменшує витрати на будівництво танкера. Недоліком є обмеження можливостей при перевезенні одночасно декількох сортів вантажу [1-10].

Досить широко поширена гідравлічна вантажна система FRAMO виробництва фірми Frank Mohn Fusa A/S, Норвегія. Комплектація цієї системи залежить від кількості і вантажомісткості танків. Особливу увагу фірма-виробник приділяє питанням боротьби з вібрацією і шумом. Для цього поряд з жорсткими широко застосовуються гнучкі трубопроводи, а також різного роду амортизатори, що встановлюються при проході магістралі через горизонтальні і вертикальні перебирання [6-8]. Гідравлічний мотор, за рахунок подачі масла під високим тиском, приводить в дію відцентровий насос. Великим недоліком цієї конструкції є те, що вона висить на спеціальних кріпленнях і при неповній заповненості танку може легко зруйнуватися вантажем, що переміщається під час качки [1-10]. З огляду на конструктивну складність гідравлічної системи FRAMO, практично виключається можливість її ремонту силами екіпажу. Можливо виконання окремих робіт по заміні деталей і відновленню герметичності трубопроводів, періодично виконуються роботи, пов'язані з очищенням та ремонтом масляного холодильника. Основними параметрами гідроприводу є: номінальна подача Q_n , номінальний тиск p_n , і загальний ККД η . Тиск в гідросистемі і швидкість руху гідропривідних насосів є вихідними для визначення внутрішніх діаметрів трубопроводів, втрат тиску в гідросистемі, величини подачі робочої рідини. При підвищенні температури робочої рідини вище допустимого рівня, різко збільшуються об'ємні втрати, що знижує об'ємний ККД гідромашин, знижується змащувальна здатність, збільшується контакт деталей, можливо, їх

схоплювання, що призводить до передчасного зносу і втрати працездатності елементів гідроприводу [6-8].

У дослідженнях [1-10] при вивченні залежності сили тертя і сили тертя ковзання ущільнень гідроприводів, золотників розподільників від температури було показано збільшення сил тертя при підвищенні температури вище + 60°C. Також відзначено, що штучним підтриманням температури (в'язкості) робочої рідини в оптимальному діапазоні за допомогою теплообмінних апаратів, в якому втрати енергії на тертя мінімальні, можна істотно знизити втрати на тертя в гідроустаткуванні [1-7]. Підвищення температури робочої рідини до +70°C призводить до зниження продуктивності гідроприводу до 35%. При перегріві робочої рідини до 90°C можемо бачити зниження робочих швидкостей гідроприводів, падіння тиску нагнітання з 250·105 до 200·105 Н/м², зменшення технічної продуктивності більш ніж удвічі. Збільшення робочого циклу і зниження швидкостей виконавчих органів обумовлені збільшенням об'ємних витоків в гідроприводі, викликаних підвищенням температури робочої рідини [1-8]. Також відомо, що з підвищенням температури зменшується в'язкість робочої рідини, що неодмінно викликає збільшення об'ємних втрат внаслідок збільшення протікань. Крім того, при нагріванні робочої рідини до високої температури порушуються оптимальні умови змазування робочих поверхонь, що може спровокувати локальне інтенсивне зношування. Тому можна сказати, що теплообмінні апарати для додаткового охолодження гідроприводу збільшують ресурс роботи гідравлічної системи [1-10].

Мета статті

Метою дослідження є огляд особливостей експлуатації і роботи гідравлічної вантажної системи нафтоналивного судна та обґрунтування способів модернізації вантажної системи «FRAMO». Продемонструвати операції щодо підвищення ефективності експлуатації вантажної системи танкера «MAERSK BERING» за рахунок комплексної модернізації системи охолодження гідравлічного масла і вибору оптимального режиму роботи системи охолодження, для забезпечення оптимального температурного режиму роботи гідравлічної вантажної системи. Розглянути можливість використання частотної регулювання (програмованого мікроконтролером) відцентрових насосів, які використовуються в системі охолодження гідравлічної рідини, вантажної системи, для оптимізації її роботи.

Виклад основного матеріалу

У зв'язку з експлуатацією судна «MAERSK BERING» (IMO 9299422) в умовах тропічного клімату (Африка, В'єтнам, Єгипет), температура навколишнього середовища коливається в межах 40...56°C, а температура забортної води коливається від 32°C до 39°C в портових зонах і в припортових районах. Найбільші температури забортної води спостерігаються не

на екваторі, а північніше, смуга цих температур незначно змінює своє положення в різні сезони (термічний екватор).

Середні значення температури забортної води на поверхні світових океанів в районі термічного екватора перевищують 28...32°C. За даними спостережень, середня температура у всіх океанах дорівнює +17,4°C (в Тихому – +19,1°C, в Індійському – +17,0°C, в Атлантичному – +16,9°C). Найвища температура забортної води Перській затоці +36,7°C.

В умовах вологого тропічного клімату коливання температури за добу можуть перевищити 15...20°C. Суднове гідравлічне обладнання та саме судно, яке розміщене на верхніх палубах, під відкритим небом може розігрітись до температури +98°C. На рис. 1 представлена карта максимальних температур забортної води одного з регіонів.

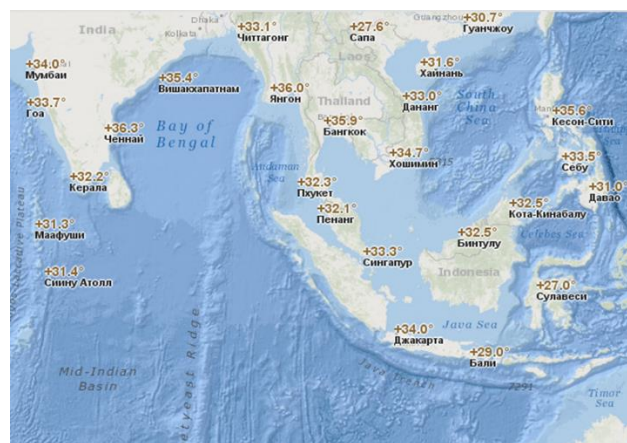


Рис. 1 – Карта температур забортної води

Кількість витрати забортної води через теплообмінний апарат залежить від навантаження на гідравлічні лінії та гідроприводи вантажної системи танкера, це визначає кількість теплоти, яку необхідно відвести від гідравлічної системи в цілому, а з іншого боку від температури забортної води, яка залежить від пори року та району плавання судна. Щоб можливо було гарантувати надійну експлуатацію вантажної гідравлічної системи танкера в будь-якій точці земної кулі, необхідно розраховувати теплообмінний апарат системи охолодження гідравлічної системи для роботи в тропічних і в арктичних умовах та враховувати тривалість вантажних операцій і фізико-хімічні властивості перекачуваного вантажу. Системи охолодження гідравлічної рідини вантажної системи «FRAMO» забезпечують надійну роботу до температури забортної води 32°C. При досягненні критичної температури забортної води більше 32°C, а в деяких районах з тропічним кліматом температура забортної води сягає від 34°C до 39°C у портах та на мілководді, температура гідравлічної рідини заходить за межі 70...75°C. При досягненні температури гідравлічної рідини 87...90°C вантажна система автоматично вимкнеться (спрацює аварійна

система захисту), залишиться в роботі тільки циркуляційна система гідравлічного масла, яка буде перекачувати гідравлічне масло через водомасляний теплообмінний апарат, охолоджуваний забортною водою для охолодження гідравлічної рідини до заданих робочих температур [5-8].

Періодичне підвищення температури робочої рідини до максимально допустимого значення (в умовах високих температур навколишнього середовища) скорочує період безперервної роботи гідроприводів [1-10]. Теплове розширення, внаслідок впливу температури навколишнього середовища, призводить до порушення кінематичних зв'язків через зміни лінійних розмірів елементів і відхилень в системі допусків. Це підвищує ймовірність заклинювання деталей прецизійного виконання [1-10].

Експлуатація гідроприводів в зонах, де температура навколишнього середовища вище $+30^{\circ}\text{C}$, потребує проведення ряду заходів. На даному часовому етапі виявлено кілька основних напрямків рішень цієї проблеми:

- використання робочих рідин з в'язкістю, що відповідає кліматичним умовам;
- використання сучасних матеріалів і особливо композитних в місцях тертя деталей гідроприводів;
- суворе дотримання технічного обслуговування відповідно до керівництва по експлуатації;
- використання теплообмінників в гідравлічній системі.

При використанні гідравлічного обладнання слід мати на увазі, що температура робочої рідини поступово збільшується внаслідок виникаючого в процесі роботи тертя між робочою рідиною і компонентами гідравлічного приводу [1-10].

Для покращення температурного режиму роботи гідравлічної системи запропоновано встановлення додаткового теплообмінного апарату, електричного термостату (для регулювання потоків охолоджувальної рідини), контролеру та частотного перетворювача на циркуляційний насос забортної води, всі ці пропозиції відмічені на рис. 2.

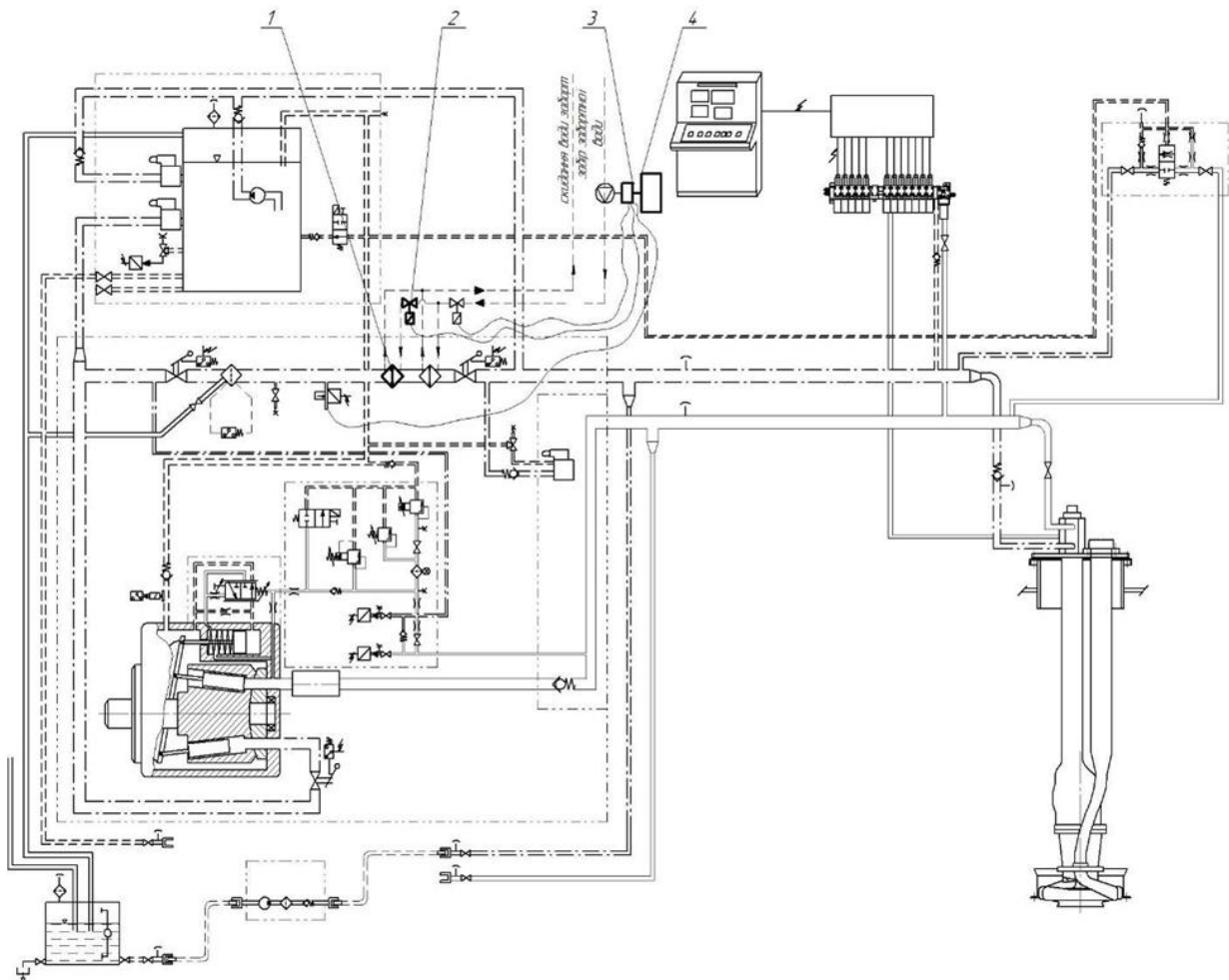


Рис. 2 – Схематичне зображення місць встановлення додаткового обладнання до системи охолодження гідравлічної рідини вантажної системи «Гіапо» танкеру: 1 – додатковий теплообмінний апарат; 2 – електронний термостат; 3 – контролер; 4 – частотний перетворювач

Встановлення додаткового обладнання дозволить розширити режими охолодження та підтримання оптимальної робочої температури гідравлічної рідини у вантажній системі, зменшити теплове навантаження на теплообмінний апарат системи охолодження гідравлічної рідини (масла) вантажної системи танкера. За рахунок використання мікроконтролера можливо задавати та програмувати алгоритми роботи системи охолодження та більш точно відрегулювати температурні діапазони роботи системи на різних режимах:

- прогрів системи;
- нормальний режим роботи гідравлічної системи без потреби в охолодженні;
- нормальний режим роботи з робочою системою охолодження штатним теплообмінним апаратом та частотним регулюванням циркуляції охолоджуючої рідини;
- нормальний режим роботи разом з системою охолодження штатним та додатковим теплообмінним апаратами і з частотним регулюванням циркуляції охолоджуючої рідини;
- аварійний режим роботи системи охолодження гідравлічної рідини.

Встановлений частотний перетворювач (ЧП) дозволить більш точно та в широкому діапазоні робочих температур підтримувати заданий температурний режим системи охолодження для гідравлічної рідини вантажної системи танкера. Частотний перетворювач має дискретні і аналогові виходи для підключення датчиків тиску, температури, приладів вимірювання витрати, віддалених пристроїв управління і контролю, аварійної сигналізації і так далі. Обробка даних відбувається в блоці управління на базі мікропроцесора. Схема управління ЧП генерує сигнали на зміну продуктивності, включення або відключення насосних агрегатів згідно заданої програми і зміни технологічних параметрів в системі охолодження.

Регулюванням частоти обертання насоса його робочі параметри приводяться у відповідність з режимом роботи системи охолодження. Щоб змінити частоту обертання насоса, необхідний регульований електропривод. Значення частоти обертання насоса, з якою він повинен працювати в той чи інший момент часу, визначається системою автоматичного управління насосною установкою. Необхідне значення частоти обертання встановлюється в залежності від багатьох факторів. До них відносяться: витрата рідини в системі охолодження, значення статичного і динамічного протитиску, кількість паралельно працюючих насосів і насосних установок, які подають рідину в систему охолодження, і так далі.

При падінні тиску, частотний регулятор формує сигнал на включення насосних агрегатів. Запуск відбувається в плавному режимі, що запобігає гідроудару.

При наростанні тиску, сигнал з датчика надходить на ЧП, який плавно змінює швидкість обертання приводного двигуна і знижує продуктивність насосів. Така

схема може включати додаткові насосні агрегати при пікових значеннях водоспоживання системи охолодження.

Комплектування електродвигунів насосних агрегатів частотними перетворювачами забезпечує:

- Плавне включення і зупинку насосів, що знижує ймовірність гідравлічних ударів у системі.
- Спрощення автоматичного регулювання із зворотним зв'язком по напору, тиску, іншим параметрам мережі. Аналогові виходи витратомірів і манометрів можна підключати безпосередньо до частотного перетворювача.
- Захист насосних агрегатів від «сухого ходу» перевантажень.
- Відключення електродвигунів при перегріванні обмоток, обриві однієї або декількох фаз, скачках напруги та інших аваріях.
- Збільшення терміну служби мережі системи охолодження за рахунок точної підтримки необхідного тиску, зниження навантаження на трубопроводи.
- Зниження шуму при експлуатації насосних агрегатів.

Після виконання модернізації системи охолодження гідравлічної вантажної системи «Frato» на судні, необхідно визначитись, за яким алгоритмом буде працювати система охолодження гідравлічної рідини.

Для цього необхідно прописати (запрограмувати) в контролер діапазони температур, за яких:

- циркуляційний насос системи охолодження почне працювати;
- термостат на теплообмінний апарат почне відкриватися або закриватися в штатному виконанні системи;
- встановити частоту обертання циркуляційного насоса системи охолодження в залежності від температури гідравлічної рідини (масла);
- запрограмувати термостат на додатковому теплообмінному апараті для його відкриття та закриття.

За рахунок цього можливо зменшити теплове навантаження на теплообмінний апарат та з'явиться можливість налаштування роботи циркуляційного насоса системи охолодження на економічний режим, це становить 75...80% від номінального режиму роботи. Дана система дозволяє регулювати температуру гідравлічної рідини (масла) за рахунок частотного регулювання циркуляційного насоса, а також за рахунок дроселювання за допомогою електротермостатів. Значення параметрів роботи можна прив'язати як до відсоткового навантаження на циркуляційний насос при досягненні сталого температурного режиму, так і до відсоткового навантаження на теплообмінні апарати, це дозволить застосовувати систему охолодження в аварійному режимі при виході з ладу частотного перетворювача. Приклад алгоритму функціонування системи охолодження гідравлічної рідини (масла) вантажної системи «Frato» на танкері наведено на рис. 3.

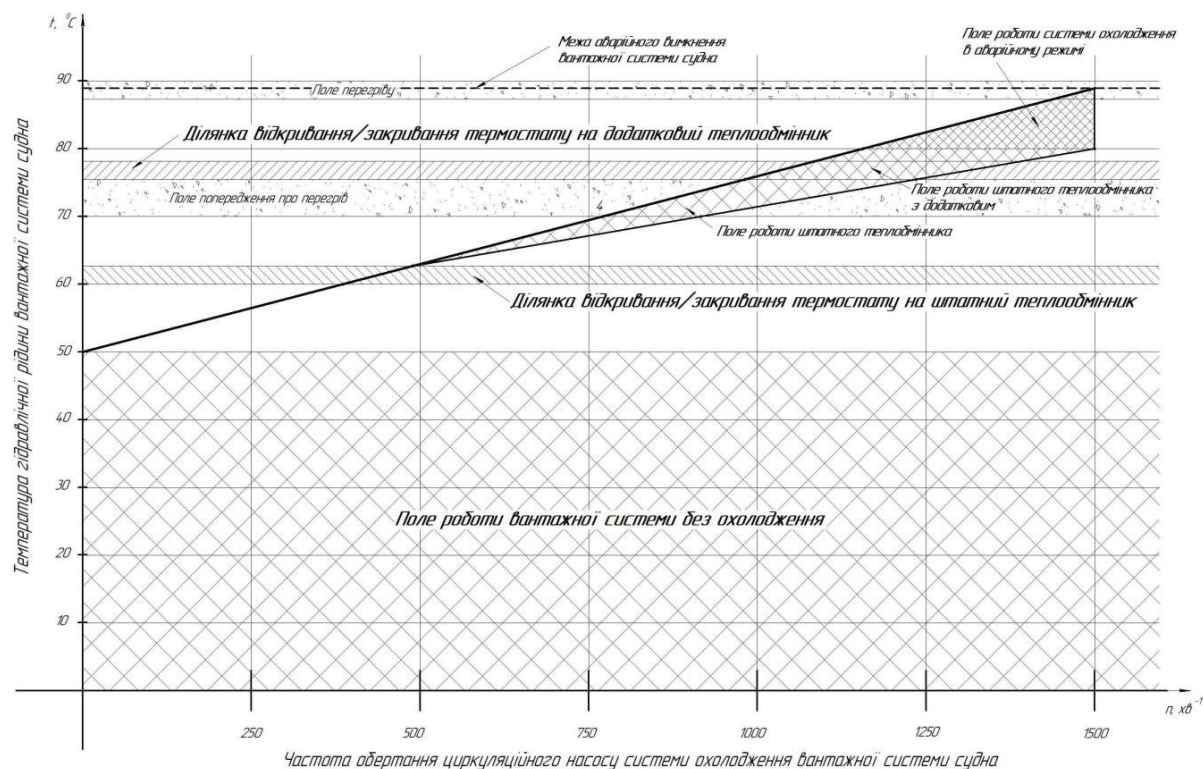


Рис. 3 – Алгоритм функціонування системи охолодження гідравлічної рідини вантажної системи «Framo»

При використанні вантажної системи в умовах тропічного клімату, температура забортної води може перевищувати допустимі межі та вантажна система автоматично вимикається при досягненні температури гідравлічної рідини 90°C.

модернізації можливе подовження (збільшення міжсервісних інтервалів технічного обслуговування) роботи елементів системи як вантажної, так і системи охолодження гідравлічного масла, та підвищення безпеки використання вантажної системи.

Висновки

Основною метою даної роботи є аналіз експлуатаційних режимів роботи вантажної системи танкеру «MAERSK BERING». Була приділена увага демонстрації операцій щодо підвищення ефективності експлуатації гідравлічної вантажної системи за рахунок модернізації системи охолодження гідравлічної рідини (масла) вантажної системи «FRAMO», встановленої на танкері для перевезення нафти та продуктів хімічної промисловості. Запропоновано встановлення додаткового теплообмінного апарату, терморегуляційного термостату та підключення частотного регулятора (програмованого мікроконтролеру) до відцентрового циркуляційного насоса забортної води, який подає воду на теплообмінний апарат системи охолодження гідравлічної вантажної системи. Вважаємо доцільною дану модернізацію, так як вона є комплексною модернізацією системи охолодження гідравлічної рідини вантажної системи танкеру, яка забезпечує надійну роботу системи при граничних температурах забортної води більше ніж 32°C і дозволяє працювати гідравлічній вантажній системі не заходячи до аварійних режимів роботи. Також за рахунок використання даної

Перелік використаних джерел

- [1] Габрієлова Т.Ю., Литвиненко С.Л., Баннов О.В. Організація та технологія доставки спеціальних категорій вантажів: підручник. К.: Видавничий дім «Кондор», 2018. 416 с.
- [2] Гідравлічні вантажні системи танкерів. URL: <https://scribd.com/document/713372505> (дата звернення: 02.03.2025).
- [3] Oil Companies International Marine Forum (OCIMF). Guidelines for Offshore Tanker Operations. 1st ed. 2018. 250 p.
- [4] Правила класифікації та побудови морських суден : у 3 т. К. : Регістр судноплавства України, 2022. Т. 3. 630 с.
- [5] Armitage P. Crude Oil Tanker Basics – The Theory and Practice of Crude Oil Cargo Operations. Witherby Seamanship International Ltd, 2009. 192 p.
- [6] Framo Marine Solutions. URL: <https://www.framo.com/marine/> (дата звернення: 10.12.2024).
- [7] Framo Hydraulic Cargo Pumping System On Ships. URL: <https://scribd.com/document/353409348/Framo->

[Hydraulic-Cargo-Pumping-System-on-Ships](#) (дата звернення: 13.01.2025).

- [8] Kamel M., Al Shehhi K. VOC Recovery System for Crude Oil Tanker Loading. Proceedings of the Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference ADIPEC, Abu Dhabi, UAE, October 31–November 3, 2022. DOI: <https://doi.org/10.2118/210906-MS>.
- [9] Омельчук А.А., Колібанов О.К., Поливода В.В. Дослідження можливості застосування

електроприводу для модернізації вантажної системи танкера. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2019. № 1(68). С. 19–24.

[10] Egorov G.V., Egorov A.G. Basic designing principles of river-sea cargo vessels construction. *Суднобудування та морська інфраструктура*. 2014. Вип. 2(2). С. 48–62.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF OPERATION OF THE CARGO SYSTEM OF AN OIL TANKER VESSEL

Pohorletskyi D.S.	PhD (Engineering), associate professor, Kherson State Maritime Academy, Kherson, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1256-8053 , e-mail: dimon150582@gmail.com ;
Gritsuk I.V.	D.Sc. (Engineering), professor, Kherson State Maritime Academy, Kherson, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7065-6820 , e-mail: gritsuk_iv@ukr.net ;
Khudiakov I.V.	PhD (Engineering), associate professor, Kherson State Maritime Academy, Kherson, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8900-7879 , e-mail: igor.khudiakov563@gmail.com ;
Samarin O.E.	PhD (Engineering), associate professor, Kherson State Maritime Academy, Kherson, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6304-0777 ;
Nosov P.S.	PhD (Engineering), associate professor, Kherson State Maritime Academy, Kherson, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5067-9766

The article discusses the issues of operation and increasing the efficiency of the tanker cargo system, which receives, pumps and removes petroleum products from the vessel. Attention is paid to the tanker cargo system, the widespread hydraulic cargo installation FRAMO manufactured by Frank Mohn Fusa A/S, Norway. The structure of this system, its features of operation are considered, attention is paid to considering possible malfunctions of the Framo hydraulic cargo system arising during operation in different climatic conditions. This hydraulic cargo system is quite widespread on certain types of vessels, but has some disadvantages, like all hydraulic systems of sea vessels. A possible disadvantage of the design of this system is that it hangs on special mounts and, if the tank is not completely filled, it can easily collapse when moving while pitching with cargo. Given the structural complexity of the FRAMO hydraulic system, the possibility of its repair by the crew on the vessel during the voyage is practically excluded. This system is temperature-dependent on the environment and the system may fail due to overheating of the hydraulic fluid, elevated temperatures of the hydraulic oil (above 60 °C) accelerate the aging process of the oil, contributing to the processes of oxidation and oxidative polymerization with the release and precipitation of organic acids and asphalt resinous substances. As a result of oxidative processes, corrosive wear of hydraulic units and premature failure of filter elements occurs. To improve the temperature state of the hydraulic system, it is proposed to install an additional heat exchanger and connect a frequency regulator (programmable microcontroller) to the centrifugal circulation pump of the sea water, which supplies water to the heat exchanger of the cooling system of the hydraulic cargo system. The possibility of upgrading the hydraulic fluid cooling system of the cargo system «FRAMO» is substantiated and the features of the operating modes of the upgraded cooling system are described.

Keywords: oil tanker, cargo system, hydraulic oil, heat exchanger, operating conditions.

References

- [1] Т.Іу. Habrielova, S.L. Lytvynenko, and O.V. Bannov, *Orhanizatsiia ta tekhnolohiia dostavky spetsialnykh katehorii vantziv: pidruchnyk* [Organization and technology of delivery of special categories of cargo: textbook]. Kyiv, Ukraine: Condor Publishing House, 2018. (Ukr.)
- [2] Гідравлічні вантажні системи танкерів. [Online]. Available: <https://scribd.com/document/713372505>. Accessed on: March 2, 2025.
- [3] Oil Companies International Marine Forum (OCIMF), *Guidelines for Offshore Tanker Operations*, 1st ed., 2018.
- [4] *Pravyla klasyfikatsii ta pobudovy morskyykh suden* [Rules for the classification and use of maritime vessels], Shipping Register of Ukraine, Kyiv, Ukraine, 2022, vol. 3. (Ukr.)

- [5] P. Armitage, *Crude Oil Tanker Basics – The Theory and Practice of Crude Oil Cargo Operations*. Witherby Seamanship International Ltd, 2009.
- [6] Framo Marine Solutions. [Online]. Available: <https://www.framo.com/marine/>. Accessed on: December 10, 2024.
- [7] Framo Hydraulic Cargo Pumping System On Ships. [Online]. Available: <https://scribd.com/document/353409348/Framo-Hydraulic-Cargo-Pumping-System-on-Ships>. Accessed on: January 13, 2025.
- [8] M. Kamel, and K. Al Shehhi, «VOC Recovery System for Crude Oil Tanker Loading», in Proc. of the Abu Dhabi Int. Petroleum Exhibition and Conf. ADIPEC, Abu Dhabi, UAE, 2022. DOI: <https://doi.org/10.2118/210906-MS>.
- [9] A.K. Kolebanov, V.V. Polyvoda, A.A. Omelchuk, «Doslidzhennia mozhlyvosti zastosuvannia elektropriyvodu dlia modernizatsii vantazhnoi systemy tankera» [«Research of the possibility of application of electric drive for modernization of the tanker cargo system»], *Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu – Visnyk of Kherson National Technical University*, № 1(68), pp. 19-24, 2019. (Ukr.)
- [10] G.V. Egorov, and A.G. Egorov, «Basic designing principles of river-sea cargo vessels construction», *Sudno-buduvannia ta morskia infrastruktura – Shipbuilding & Marine Infrastructure*, vol. 2(2), pp. 48-62, 2014.

Стаття надійшла 23.04.2025

Стаття прийнята 15.05.2025

Стаття опублікована 30.06.2025

Цитуйте цю статтю як: Підвищення ефективності експлуатації вантажної системи нафтоналивного судна / Д.С. Погорлецький та ін. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки*. 2025. Вип. 50. С. 218–225. DOI: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.50.2025.336400>.