

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Кораблебудівний навчально-науковий інститут

Кафедра екології та природоохоронних технологій

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

_____ Трохименко Г.Г

«____» _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему **«ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ МЕТОДУ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ
СУДНОВИХ БАЛАСТНИХ ВОД УЛЬТРАФІОЛЕТОВИМ
ВИПРОМІНЮВАННЯМ»**

Виконала: студентка 4271 групи

_____ ***Загоруйко Д.А.***
(підпис)

Керівник: к.е.н., доцент
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

_____ ***Літвак О.А.***
(підпис)

Миколаїв – 2024

Анотація
до кваліфікаційної роботи «Дослідження особливостей методу знезараження
суднових баластних вод ультрафіолетовим випромінюванням»
студента Загоруйка Данііла Андрійовича

Метою кваліфікаційної роботи є проведення аналізу сучасних методів обробки баластних вод на борту судна та обґрунтування системи управління баластними водами при експлуатації судна змішаного плавання для узгодження з міжнародними стандартами та забезпечення екологічної безпеки.

У першому розділі розглянуто проблеми забруднення водного середовища баластними водами з суден та проаналізовано вимоги Міжнародної Конвенції про контроль та управління судновими баластними водами та осадами.

У другому розділі проведено аналіз методів обробки баластних вод на борту судна. Виконано огляд існуючих систем очистки баластних вод методом фільтрації, обробкою ультрафіолетом та за допомогою хлорування, що розроблені компаніями в різних країнах світу.

Третій розділ присвячено дослідженню основних параметрів системи обробки баластних вод ультрафіолетовим випромінюванням на борту судна змішаного типу – танкера. Розглянуто особливості фізичного процесу ультрафіолетового знезараження води. Подано загальні відомості про судно, на якому передбачено встановлення системи управління баластними водами та обґрунтовано основні характеристики обладнання для забезпечення екологічної безпеки при обробці баластних вод на судні.

Четвертий розділ присвячено питанням охорони праці та заходам техніки безпеки при виконанні робіт на борту судна.

Кваліфікаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків і списку використаних джерел. Основний зміст викладено на 77 сторінках комп'ютерного тексту, у тому числі 28 рисунків, 8 таблиць, список використаних джерел із 67 найменувань.

Ключові слова: баластні води, біологічне забруднення морського середовища, екологічна безпека, інвазивні організми, ультрафіолетове випромінювання, фільтрування, система управління баластними водами, танкер.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

Summary
to the qualification work «Study of features of the method of disinfection of ship ballast water by ultraviolet radiation»
Zahoruiko Daniil

The purpose of the qualification work is to conduct an analysis of modern methods of ballast water treatment on board the ship and to substantiate the ballast water management system during the operation of a mixed navigation vessel in order to comply with international standards and ensure environmental safety.

In the first chapter, the problems of pollution of the water environment by ballast water from ships are considered and the requirements of the International Convention on the Control and Management of Ship Ballast Water and Sediments are analyzed.

In the second chapter, an analysis of ballast water treatment methods on board the ship is carried out. An overview of existing ballast water purification systems by filtration, ultraviolet treatment and chlorination developed by companies in different countries of the world was carried out.

The third chapter is dedicated to the study of the main parameters of the ballast water treatment system with ultraviolet radiation on board a mixed-type vessel - a tanker. The features of the physical process of ultraviolet disinfection of water are considered. General information about the ship, on which the installation of a ballast water management system is provided, and the main characteristics of the equipment to ensure environmental safety during ballast water treatment on the ship are substantiated.

The fourth section is devoted to issues of labor protection and safety measures during work on board the ship.

The qualification work consists of an introduction, four chapters, conclusions and a list of used sources. The main content is laid out on 77 pages of computer text, including 28 figures, 8 tables, a list of used sources with 67 titles.

Key words: ballast water, biological pollution of the marine environment, environmental safety, invasive organisms, ultraviolet radiation, filtration, ballast water management system, tanker.

					183.4271.04.KP	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА БАЛАСТНИМИ ВОДАМИ З СУДЕН	7
1.1 Призначення баластної системи на судні	7
1.2 Біологічне забруднення водного середовища при баластуванні судна	11
1.3 Вимоги Конвенції про контроль та управління судновими баластними водами та осадами.....	19
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ОБРОБКИ БАЛАСТНИХ ВОД НА СУДНАХ	24
2.1 Аналіз існуючих методів обробки баластних вод на борту судна.....	24
2.2 Огляд систем очистки баластних вод методом фільтрації та обробкою ультрафіолетом або ультразвуком.....	39
2.3 Огляд систем очистки баластних вод методом фільтрації та хлорування.....	43
РОЗДІЛ 3 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ОБРОБКИ СУДНОВИХ БАЛАСТНИХ ВОД УЛЬТРАФІОЛЕТОВИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ.....	49
3.1 Фізичний процес ультрафіолетового знезараження.....	49
3.2 Загальні відомості про судно, на якому передбачено встановлення системи управління баластними водами.....	53
3.3 Розрахунок параметрів установки ультрафіолетового опромінення для знезараження баластних вод	56
3.4 Характеристика обраної системи управління баластними водами на борту досліджуваного судна в контексті забезпечення екологічної безпеки	58
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	68
4.1 Загальні положення.....	68
4.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при виконанні робіт на борту судна.....	70
4.3 Вимоги техніки безпеки при виконанні робіт на борту судна.....	71
ВИСНОВКИ	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	78

ВСТУП

Актуальність теми. В даний час однією з важливих проблем забезпечення екологічної безпеки є проблема запобігання перенесення чужорідних мікроорганізмів і рослин в неприродні для їх проживання акваторії баластними водами суден. Такий вид забруднення, на відміну інших, несе незворотний характер, що є загрозою для біологічного різноманіття різних екологічних систем. У міру збільшення трафіку в морському та річковому судноплавстві значення перенесення інвазійних мікроорганізмів збільшується. Таким чином будь-яке судно є потенційно небезпечним джерелом екологічної небезпеки. Ця проблема часом загрожує повним вимиранням різних видів флори та фауни. З метою забезпечення екологічної безпеки Міжнародною морською організацією була розроблена «Міжнародна Конвенція про контроль баластових вод і осадів та управління ними», відповідно до якої країни, які прийняли цей документ, зобов'язуються забезпечувати безпеку перевезення баласту відповідно прийнятих стандартів.

Щороку судна перевозять приблизно 10-12 млрд баластової води. Таке переміщення суднового баласту з одних морських і річкових басейнів в інші призводить до неконтрольованого розмноження чужорідних видів тварин і рослинних організмів, що витісняють місцеві організми зі свого середовища проживання, порушуючи тим самим природний екологічний баланс системи тієї чи іншої акваторії. Це «біологічне забруднення» часом призводить до найсерйознішим екологічним, економічним і соціальних наслідків. Таким чином, обробка та моніторинг баластових вод судів є на сьогоднішній день єдиним актуальним вирішенням даної екологічної проблеми.

Метою кваліфікаційної роботи є проведення аналізу сучасних методів обробки баластних вод на борту судна та обґрунтування системи управління баластними водами при експлуатації судна змішаного плавання для узгодження з міжнародними стандартами та забезпечення екологічної безпеки.

Об'єктом дослідження є система управління баластними водами для

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

забезпечення екологічної безпеки на судах змішаного (річка-море) плавання.

Предметом дослідження є процес знезараження баластної води із використанням методу ультрафіолетового випромінювання.

Для досягнення мети виконувались такі **завдання**:

- вивчити основні аспекти баластування суден та виникнення біологічного забруднення водного середовища;
- проаналізувати вимоги Міжнародної конвенції «Про контроль суднових баластних вод й осадів та управління ними»;
- провести аналіз сучасних методів обробки баластних вод на борту судна та визначити їх переваги і недоліки;
- дослідити передові технології та обладнання систем очистки баластних вод різними методами, що розроблені компаніями різних країн світу;
- вивчити фізичний процес знезараження баластних вод ультрафіолетовим випромінюванням;
- виконати розрахунок та обґрунтувати вибір системи управління баластними водами на борту судна змішаного плавання (танкера);
- визначити основні параметри системи обробки суднових баластних вод ультрафіолетовим випромінюванням на борту судна з урахуванням вимог екологічної безпеки та обґрунтувати її переваги;
- навести основні положення охорони праці та техніки безпеки при виконанні робіт на борту судна.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

РОЗДІЛ 1

ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА БАЛАСТНИМИ ВОДАМИ З СУДЕН

1.1 Призначення баластної системи на судні

Баластні системи слугують для надання судну необхідних морехідних і експлуатаційних якостей шляхом зміни осадки, крену і диференту. Приймання баласту (перед виходом у море) призводить до збільшення осадки, що, зі свого боку, підвищує остійність судна і знижує вітрове навантаження, покращуючи керованість (рис. 1.1).

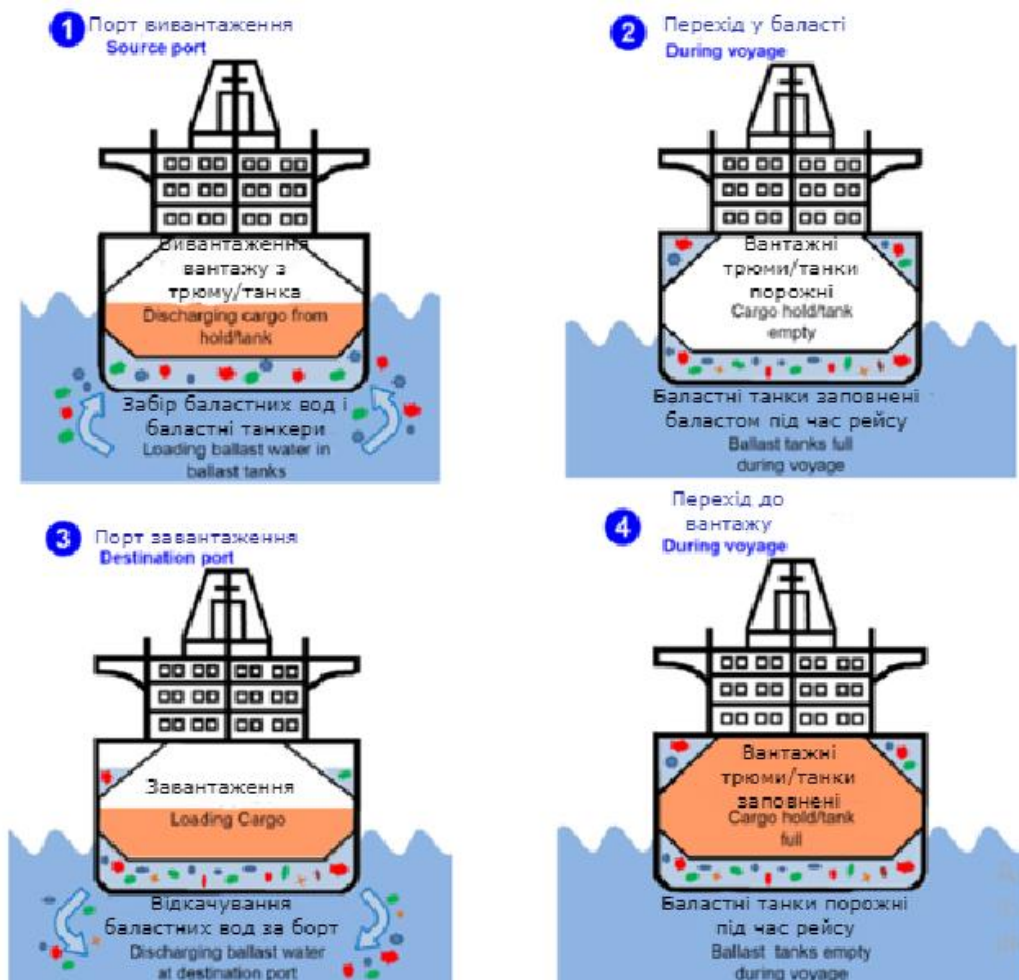


Рис. 1.1. Поперечний переріз судна, що показує баластні танки і цикл баластної води

Як баласт використовують забортну воду. Технологія перевезення вантажів морським транспортом передбачає наявність на борту судна певної кількості забортної води (від декількох сотень літрів до ста тисяч тон, залежно від типу судна та його розміру). Це необхідно для того, щоб за відсутності на борту вантажу забезпечити стійкість судна і його осадку, а також достатнє заглиблення гвинта і керма судна, необхідне для їх ефективного використання. Таким чином, досягається забезпечення керованості судна та його безпеки. Деякі типи суден (наприклад, контейнеровози) вимагають постійного наявності досить великих кількостей баласту регулювання посадки судна (крену і диферента) у процесі рейсу. Розподіл баласту всередині судна залежить від його конструкції, розмірів та міцності судна.

На сучасних суднах, що перевозять більшість видів вантажів, є баластні танки, де міститься вода для забезпечення відповідної ваги, рівноваги і стабільності. Баласт впливає на осадку судна, його остійність у поздовжньому і поперечному напрямках, а також, на диферент. Коли судно розвантажується, баластні танки наповнюють водою для збереження необхідних морехідних якостей. Коли ж проводиться навантаження, вода з баластного танка судна видаляється. Водяний баласт є незамінним для безпечної та ефективної експлуатації сучасного морського транспорту, забезпечуючи остійність суден.

Для його прийому і видалення служить баластна система. На морських суднах баластна система виконується за централізованим принципом. Від клапанних коробок, розташованих у машинному відділенні, в кожен баластну цистерну проведена окрема труба, якою проводиться як наповнення, так і осушення цистерн. Тому в баластній системі застосовується арматура запірного типу, що допускає рух рідини в обох напрямках.

Баластна система складається з цистерн (відсіків) для водяного баласту; насосів і трубопроводів для його приймання та викачування; вимірювальних труб або інших засобів для контролю кількості прийнятого баласту; повітряних труб для забезпечення входу повітря до баластних цистерн і виходу з них.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Баластні цистерни прагнуть розташовувати якнайнижче, що сприяє підвищенню остійності судна і полегшує їхнє наповнення (у разі розташування цистерн нижче ватерлінії вони можуть бути наповнені самопливом).

Баластні танки розміщують у міждонному просторі, ахтерпіку і форпіку. Вони обладнуються вимірювальними трубами, повітряними трубами, засобами дистанційного контролю рівня, приймальними відростками з розтрубами. Для доступу всередину танка є горловини (як правило, по дві на танк). Вимірювальні труби розташовують над найглибшими місцями цистерн і виводять на відкриту палубу в місця, зручні для проведення замірів. Приймальні відростки в баластних танках встановлюють на днище лопатками, розташованими по колу всмоктувального розтруба.

Баластний трубопровід роблять зі сталевих оцинкованих труб діаметром 50 - 200 мм. Їхній відмітний знак - одне широке кільце зеленого кольору. Труби баластної системи проводять усередині подвійного дна. Приймачі баластного трубопроводу встановлюють у найнижчому місці цистерни. Щоб знизити положення приймача, кінець приймальної труби забезпечується дзвоноподібним розтрубом.

Забортну воду в баластну систему приймають через кінгстон, встановлений на днищі або скулі судна в районі машинного відділення. Кінгстон являє собою клапан або клінкет, один фланець якого закріплений до зовнішньої обшивки судна. У місці встановлення кінгстона обшивка має забортний отвір, закритий решіткою. Для продування решітки до кінгстона підведені трубопроводи водяної пожежної магістралі і свіжої пари.

Баластну систему має обслуговувати принаймні один насос. Як баластний може бути використаний осушувальний або пожежний насос, якщо в баластних танках не передбачено зберігання запасів рідкого палива.

Баластна система у всіх випадках повинна забезпечувати швидке приймання і видалення баласту. Для справної дії системи баластні відсіки завжди мають бути чистими. Під час постановки судна в док приймальні

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

кінгстони оглядають і очищають. Якщо несправний баластний трубопровід, вихід судна в плавання забороняється.

Приймання та осушення баластних танків проводиться через один і той самий трубопровід. Для цього клапани клапанних коробок системи мають бути запірного типу. Клапанні коробки являють собою кілька клапанів, розташованих в одному корпусі.

Якщо паливні цистерни систематично використовуються як баластні цистерни, то застосування резервного насоса охолоджувальної води або пожежного насоса як баластного, так само як і баластного насоса як резервного охолоджувального або пожежного насоса, не допускається.

Насоси, що застосовуються для відкачування баластної води з цистерн подвійного дна, мають бути самовсмоктувальними.

На пасажирських судах баластні цистерни не повинні, як правило, призначатися для перевезення палива. Можливі відступи від цієї вимоги за умови наявності сепараторів або інших пристосувань, є предметом спеціального розгляду Регістром.

Встановлено, що в забортній воді, яка використовується як баласт, можуть міститися шкідливі для людини або природного середовища водні організми. Вони перевозяться на великі відстані і зберігають здатність до життєдіяльності навіть при великих морських переходах. Це може бути причиною виникнення інфекцій у тому порту, де відбувається скидання баласту, нанесення шкоди коралам, рибальству, аквакультурним фермам та іншим сферам діяльності. Оскільки баластування суден є нині невід'ємною частиною морських перевезень і уникнути цього процесу неможливо, то основним шляхом припинення поширення небажаних мікроорганізмів є запобігання їхньому скиданню із суден у портах.

Насамперед рекомендується використовувати для баластування чисту воду, в тих місцях, де шкідливих мікроорганізмів не виявлено. При цьому слід враховувати, що на їхній розвиток впливає температура, солоність морської води, ступінь освітленості та деякі інші фактори. Інформацію про місця, де

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

рекомендується приймати баласт, а також про ті райони, де виявлено шкідливі мікроорганізми, має надавати місцевий агент. Під час приймання баласту судну слід вживати певних запобіжних заходів – уникати приймання баласту на мілководді або в тих місцях, де суднові гвинти можуть піднімати мул із дна.

Крім того, слід проводити зміну баласту у відкритому морі та на глибокій воді, оскільки відкриті океанські та морські води містять незначну кількість мікроорганізмів, які можуть швидко адаптуватися до нових умов прибережних вод (у місці скидання баласту) і, як правило, гинуть. При цьому слід уникати скидання баласту, не викликаного необхідністю.

Обов'язковими правилами передбачена процедура зміни баласту у відкритому морі (або інша аналогічна процедура) для суден далекого плавання. Однак слід пам'ятати, що на першому місці мають стояти інтереси безпеки судна, тому не слід проводити зміну баласту, якщо це небезпечно для судна.

Кожен член екіпажу судна має бути ознайомлений з усіма аспектами проведення баластних операцій (зміна баласту у відкритому морі, правилами скидання, очищення танків від опадів).

1.2 Біологічне забруднення водного середовища при баластуванні судна

У минулому, протягом тисячоліть, численні водні види вільно переміщалися Світовим океаном природним шляхом – за допомогою океанічних течій, зміні кліматичних умов, поверхневих вітрів над океаном або просто будучи прикріпленими до колод і т.п. Єдиним бар'єром на шляху їхнього поширення були природні біологічні та природні фактори: температура, солоність води, суша та природні хижаки. Діяльність людини значною мірою сприяла розповсюдженню цих біологічних видів. Це відбувалося з того часу, як водні рослини та тварини почали «їздити» на корпусах та обладнанні суден, особливо з 80-х років. XIX ст. – з тих пір, коли кораблі вперше почали використовувати як баласт воду (поряд з твердим баластом, наприклад, піском або камінням).

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Баластні води – це вода із зваженою в ній органічною та мінеральною речовиною. Прийом баласту є невід'ємною частиною забезпечення безпеки мореплавання судна.

Основними «регіонами-донорами» баластових вод судів змішаного плавання є Середземне, Чорне, Азовське, Балтійське моря. Для оцінки складу та забруднення баластової води, прийнятої в «регіонах-донорах» на борт суден змішаного плавання та скиданої в акваторії портів України було виконано аналіз літератури, а також опрацьовано інформацію багаторічних спостережень еколабораторій портів Одеса, Чорноморськ, Керч тощо. Відомості про фізико-хімічні властивості та склад забруднень баластної води наведено у табл.1.1.

Таблиця 1.1. Фізико-хімічні властивості, склад домішок та біологічне забруднення баластної води

№	Параметр	Значення та одиниці виміру
1	Солоність	(1...35) ‰
2	Температура	(6...30) °C
3	Завислі речовини	(3,0...11,0) мг/л
4	Водневий показник (pH)	7,5...8,5
5	Біологічне забруднення (E. coli)	(5...1380) КОЕ/100 мл
6	Нафтопродукти	(0,3...5,0) мг/л
7	Залізо загальне	(0,28...3,0) мг/л

Звичайно, в забортній воді можуть бути різні живі істоти – від бактерій і дрібних водоростей до моллюсків, медуз і навіть невеликих риб, тобто все, що може проникнути на судно через забірники баластової води і насосну систему. Крім того, в забортній воді, що використовується як баласт, можуть бути шкідливі для людини або природного середовища водні організми. За приблизними оцінками щодня у всьому світі може транспортуватися з баластною водою не менше 7000, або навіть 10 000 різних видів морських живих істот (табл. 1.2, рис. 1.2).

Таблиця 1.2. Характеристика небезпечних видів водних та патогенних організмів

Назва	Вплив	Розповсюджений у	Занесений до
Холера – <i>Vibrio cholera</i> (різні штами)	Заражає питну воду, викликаючи захворювання людини з такими симптомами, як діарея та блювота.	Широкі діапазони розповсюдження різних штамів	Південна Америка, Мексиканська затока і інші області
Планктонний рачок церкопагіс – <i>Cercopagis pengoi</i>	Розмножується, утворюючи великі популяції, які домінують у зоопланктонних спільнотах і засмічують рибальські мережі, що має відповідні економічні наслідки.	Чорне і Каспійське моря	Балтійське море, Великі американські озера (Great Lakes)
Водорість Ундарія периста – <i>Undaria pinnatifida</i>	Витісняє місцеві водорості та інші морські живі організми. Змінює морське середовище існування та харчові мережі, що може вплинути на комерційні запаси молюсків.	Північна Азія	Південна Австралія, Нова Зеландія, Тихоокеанське узбережжя США, Європа та Аргентина
Північноамериканський гребневик – <i>Mnemiopsis leidyi</i>	Надмірно живиться запасами зоопланктону та може спричинити їх виснаження, змінюючи морську харчову мережу та спричиняючи голодування місцевих видів, що призводить до краху місцевого рибальства.	Східне узбережжя Америки	Чорне, Азовське та Каспійське моря
Китайський мохнаторукий краб – <i>Eriocheir sinensis</i>	Загрожує місцевій рибальській промисловості, розрізаючи сіті та виловлюючи місцеву рибу. Може також витіснити місцеві види до точки зникнення та завдати шкоди екосистемам, підриваючи дно річок і спричиняючи ерозію.	Північна Азія	Західна Європа, Балтійське море та північноамериканське тихоокеанське узбережжя
Дрейсена річкова – <i>Dreissena polymorpha</i>	Витісняє місцеві види. Утворює щільні біотопи на твердих поверхнях, що має особливо серйозні наслідки для промислової охолоджувальної води, оскільки види можуть блокувати водозабори або цілі системи трубопроводів.	Чорне, Азовське і Каспійське моря	Балтійське море та Північна Америка

Назва	Вплив	Розповсюджений у	Занесений до
Бичок-кругляк – <i>Neogobius melanostomus</i>	Конкурує за їжу та середовище існування з місцевими рибами, включаючи промислово важливі види, а також полює на їхню ікру та молодь. Дуже адаптивний, здатний швидко розмножуватися та поширюватися.	Чорне, Азовське і Каспійське моря	Балтійське море та Північна Америка
Північна тихоокеанська морська зірка – <i>Asterias amurensis</i>	Полює на інших морських істот, зокрема на молюсків, становлячи серйозну загрозу для морських екосистем і промислового рибальства.	Японія	Австралія
Європейський зелений краб – <i>Carcinus maenus</i>	Полює на інших ракоподібних, витісняючи місцеві види крабів. Серйозно впливає на рибальство та аквакультуру та може змінити біорізноманіття екосистем.	Європа та Північна Африка	США, Мексика, Південна Америка, Японія, Південна Африка та Австралія
Токсичні водорості (синьо-зелені водорості) Цианобактерії	Може утворювати шкідливе цвітіння водоростей, яке виснажує запаси поживних речовин та/або кисню. Також виділяє токсини, які накопичуються в молюсках, спричиняючи важкі та навіть смертельні захворювання при споживанні людьми. Інші наслідки включають забруднення берегової лінії, що негативно впливає на туризм і рибальство.	Різні види з широким розповсюдженням	Деякі види були перенесені в нові райони в баластній воді суден



Холерний вібріон



Північноамериканський
гребневик



Китайський
мохнаторукий краб



Церкопагіс



Ундарія периста



Дрейсена річкова



Бичок-кругляк



Морська зірка



Європейський зелений краб



Токсичні водорості

Рис. 1.2. Найбільш небезпечні види водних та патогенних організмів

Інтенсивність морського судноплавства, що стрімко зростає, за останні 10 років загострила цю проблему до краю. Сьогодні водяний баласт вважається головним фактором, відповідальним за переміщення щодня не менше 7000, а то й 10

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

000 різних біологічних видів морських мікробів, рослин і тварин по всій планеті. Це визнано однією з чотирьох основних загроз для Світового океану.

Три інші загрози:

- наземні джерела забруднення моря;
- надмірний вилов риби та інших промислових живих організмів моря;
- фізичне забруднення або руйнування морського середовища проживання.

Ці вторгнення за останні 50 років різко збільшилися, як за своєю частотою і розмірами, так і за шкодою, що завдається. Це відбувається значною мірою через збільшення обсягу морських перевезень, кількості водяного баласту, що перевозиться Світовим океаном суднами, а також збільшення швидкості суден, що сприяє кращому виживанню водних біологічних видів, що транспортуються. Судна перевозять понад 97% усіх товарів, що транспортуються світом. Підраховано, що щороку приблизно 91 000 суден перевозять світом як баласт близько 10 млрд тон води. Кожне судно, залежно від його розмірів та призначення, може нести від кількох сотень літрів до понад 130 000 т водяного баласту. В процесі прийняття водяного баласту і подальшого його скидання в нових природних умовах деякі водні біологічні види здатні засновувати нові популяції за межами їх природного проживання і потенційно загрожувати природним біологічним видам цієї території, а також завдавати великої шкоди навколишньому середовищу, створювати загрозу людині та у багатьох випадках підривати економіку.

Нижче наведено кілька прикладів негативного впливу розповсюдження інвазивних морських організмів в результаті процесів баластування.

1. Вселення північноамериканського гребневика *Mnemiopsis leidyi* у Чорне море напочатку 1980-х рр. призвело до зниження запасів хамси. Проникнення в 1982 році гребневика *Mnemiopsis leidyi* в Азовському і Чорному морях нанесло рибному промислу збиток, оцінений в 230-350 мільйонів доларів на рік. *Mnemiopsis leidyi* толерантний до малих перепадів солоності та температури води, цей вид завдав велику шкоду, пожираючи як зоопланктон, так і ікру місцевих риб. Результатом, крім іншого, стала евтрофікація зазначених водойм. Це призвело до того, що до 1989 року кількість їжі для риб скоротилася в 30 разів у порівнянні з періодом 1978-1988 років, що стало однією з причин «хамсової кризи».

2. Вселення молюска *Dreissena polymorpha* з Дніпро-Бузького лиману у Великі озера США напочатку 90-х років. XX ст. спричинило економічні втрати від

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

біологічного обростання систем відведення надлишкового тепла на промислових підприємствах.

3. У Новій Зеландії була закрита вся галузь марикультури, зайнята розведенням молюсків і ракоподібних, через токсичні мікроводорості-динофлагелляти, що ними вселилися, викликали у людей отруєння.

4. Злив баластових вод із суден Чорного, Азовського, Каспійського морів в портах Балтійського моря призвів до інвазії у води Балтійського моря понад 20 видів безхребетних, і тепер нанесений чужорідними морськими організмами, що натуралізувалися в навколишнє середовище, збитки ліквідувати.

5. Європейський береговий краб *Carcinus maenas* – місцевий вид у Європі та Північній Африці, був інтродукований у США, Австралію та Південну Африку. Краб *Carcinus maenas* є ненажерливим хижаком, у деяких місцях, куди він був вселений, викликав спад інших видів крабів і двостулкових молюсків. Цей вид включено до Global Invasive Species Database (ISSG) – світовий список 100 найбільш шкідливих видів.

За останнє десятиліття міжнародне морське співтовариство за сприяння Міжнародної морської організації (ІМО) зробило низку кроків, спрямованих на подолання цієї проблеми (що поки виявилось неможливим), або спроби мінімізувати можливий ризик. Важливим чинником, що відрізняє агресивні морські біологічні види від інших форм забруднення Світового океану, і те, що тільки вони обґрунтовуються новому місці, позбутися цих чужорідних прибульців вже неможливо. Ще одним важливим фактором є те, що сьогодні не існує ефективного вирішення цієї проблеми. Однак існують способи зведення до мінімуму вказаного ризику за допомогою кращого керування водяним баластом [3].

Незважаючи на те, що кількість водяного баласту, що носить різними суднами, дуже відрізняється, прийнято вважати, що об'єм водяного баласту не має значення, тому що дослідження показали, що навіть у 1 м³ баластової води може міститися до 50 000 різновидів зоопланктону. або 10 млн клітин фітопланктону, які потенційно можуть акліматизуватися та стати шкідливими видами в іншій частині планети. Отже, очевидно, що:

- 1) судна відіграють важливу роль у розвитку світової торгівлі;
- 2) судна повинні використовувати водяний баласт для забезпечення ефективної та безпечної роботи;

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

3) водяний баласт може бути потенційним засобом переміщення шкідливих водних організмів та патогенів.

Судновий баласт може бути забруднений нафтопродуктами, може бути перевищена гранично допустима концентрація загального заліза або завислих речовин внаслідок невиконання встановлених правил баластування та невиконання вимог до експлуатації баластових танків. Все це може призвести до таких непоправних негативних наслідків для морського середовища, як біологічні інвазії чужорідних типів (що поглинають нативні) організмів та забруднення екосистем Світового океану [4].

Транспортування чужорідних морських організмів на морських суднах є не тільки великою біологічною проблемою, але й проблемою безпеки мореплавання, рибальства та рибництва, сільського господарства, а, зрештою, величезною економічною та екологічною проблемою.

Таким чином, з погляду охорони довкілля скидання баластних вод зазвичай створює дві основні проблеми - можливе скидання нафти або небезпечних речовин, які можуть міститися в баластних водах, і перенесення водних організмів, які можуть бути занесені в баластні танки і потім скинуті у воду під час операцій з баластними водами. Це вважається однією з найбільш серйозних загроз морським екосистемам у всьому світі.

До числа рекомендованих заходів щодо запобігання, мінімізації та ліквідації наслідків впливу баластних вод належать:

- попередження або обмеження скидання нафти або небезпечних речовин, які можуть міститися у відпрацьованих баластних водах, згідно з відповідними міжнародними правилами та вказівками щодо управління баластними водами, які стосуються танків ізольованого баласту та промивання резервуарів сировою нафтою, а також до ведення письмового обліку операцій із вантажем і баластом;

- якщо для закачування баласту на нафтових танкерах використовують вантажні танки, до заповнення вантажних танків нафтою нафтовмісні баластні води мають бути перекачані на берегові приймальні споруди;

- щоб уникнути перенесення заносних видів та інфекцій, слід керуватися відповідними міжнародними правилами та вказівками з управління баластними водами, зокрема:

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

- виконувати план управління баластними водами й опадами, включно з веденням журналу операцій з баластними водами на суднах, що здійснюють рейси між різними морськими регіонами з баластом на борту;
- якщо це безпечно, робити заміну баласту на глибоководних ділянках, у відкритому морі та якомога далі від берега;
- уникати забору морських організмів разом із баластною водою (наприклад, не допускати приймання баласту в темний час доби, на дуже мілководних ділянках, у разі, коли гребні гвинти можуть збовтувати опади, або в інших районах, визначених місцевою владою);
- регулярно проводити промивання баластних танків і відправляти промивну воду на берегові приймальні споруди.

1.3 Вимоги Конвенції про контроль та управління судновими баластними водами та опадами

Питання запобігання забруднення вод Світового океану стали вирішуватися в 1960-і роки в рамках Міжнародної морської організації (ІМО) при Організації Об'єднаних Націй. На міжнародних конференціях удосконалювалися правові основи охорони морського середовища від забруднення, що знайшло відображення в Міжнародній конвенції щодо запобігання забрудненню моря з суден (МАРПОЛ-73/78). Конвенція послужила стимулом для реалізації технічного рішення індикації та ранжирування джерел забруднення, розробки та впровадження установок і систем очищення і знезараження стічних вод на судах.

У 1991 р. ІМО розробила «Керівництво щодо запобігання внесення небезпечних і патогенних водних організмів в результаті скидання з суден водяного баласту і опадів», резолюція 50. Документ доповнений в 1992 . – резолюція А774.

У 1997 р. Асамблея міжнародної морської організації прийняла резолюцію А.868 «Керівництво з контролю водяного баласту суден і управління ним для зведення до мінімуму переносу шкідливих водних і патогенних мікроорганізмів», встановивши механізм заміни баластної води в морі і процедури контролю руху суден.

У 2004 р. Міжнародна морська організація (ІМО) прийняла «Конвенцію з контролю та управління баластними водами та опадами». Цей документ остаточно

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

набрав чинності 8 вересня 2017 року. Таким чином, усі країни, які ратифікують цю Конвенцію, повинні вжити заходів для запобігання забруднення баластовими водами способом заміни або обробки суднового баласту. Судна, що плавають під прапором країни, що прийняла Конвенцію, повинні мати на борту судна спеціальні системи очищення суднового баласту, схвалені Міжнародною морською організацією (ІМО), за винятком судів, які використовують спосіб скидання баласту на відстані 200 миль від берега або приймальні споруди. Конвенція містить два основні стандарти: D-1 – стандарт, що регулює заміну баластових вод, та стандарт D-2 – стандарт, що регулює якість баластових вод. Тепер країни, які виконують зобов'язання цієї Конвенції, повинні керуватися стандартами D-1 і D-2 як під час експлуатації, так і при будівництві нових суден.

Нова Конвенція (BWConvention, 2004) доповнює існуючу Міжнародну конвенцію по запобіганню забрудненню з суден 1973 р. зміненою протоколом 1978 року (МАРПОЛ 73/78).

Конвенцією запроваджено поняття «управління баластовими водами», що означає різні процеси (механічні, фізичні, хімічні, біологічні та інших.) видалення, знешкодження небезпечних організмів у баластних водах і опадах чи запобігання їх прийому чи скидання; судна, що знаходяться в експлуатації, в обов'язковому порядку повинні оснащуватися системами управління баластними водами, що здійснюють їх знешкодження [5]. Положення Конвенції, про яку повідомила Міжнародна морська організація (ІМО), поширюються на всі судна, які мають право плавання під прапором сторони, за винятком суден, які не спроектовані або не побудовані для перевезення баластових вод, або експлуатуються у водах під юрисдикцією цієї сторони, якщо не вирішено інше.

Стандарти управління баластними водами, зокрема правило D1, наказують заміну баласту у відкритому морі над глибинами не менше 200 м і на відстані не менше 200 миль від берега з ефективністю заміни баластових вод, що становить не менше 95% обсягу. Зміна баласту у відкритому морі розглядається як тимчасовий захід. Остаточна мета полягає в тому, щоб створити безпечні, ефективні та економні системи знезараження баластної води для усунення екологічної загрози. Значення показників необхідної якості знешкодження представлені правилом D2, згідно з яким після процедур знешкодження в 1 м³ води повинно міститися менше 10 життєздатних організмів, мінімальний діаметр яких дорівнює або перевищує 50 мкм,

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

а середня кількість організмів, мінімальний діаметр яких знаходиться в інтервалі 10–50 мкм, має бути менше значення 10 життєздатних організмів на 1 см³. Крім того, висуваються відповідні вимоги до чисельності мікроорганізмів бактеріальної природи:

- холерний вібріон – < 1 КУО (колоніє утворююча одиниця) в 100 мл або в 1 г зоопланктону;
- кишкова паличка – < 250 КУО у 100 мл;
- кишкових ентерококів – < 100 КУО у 100 мл (рис. 1.3).

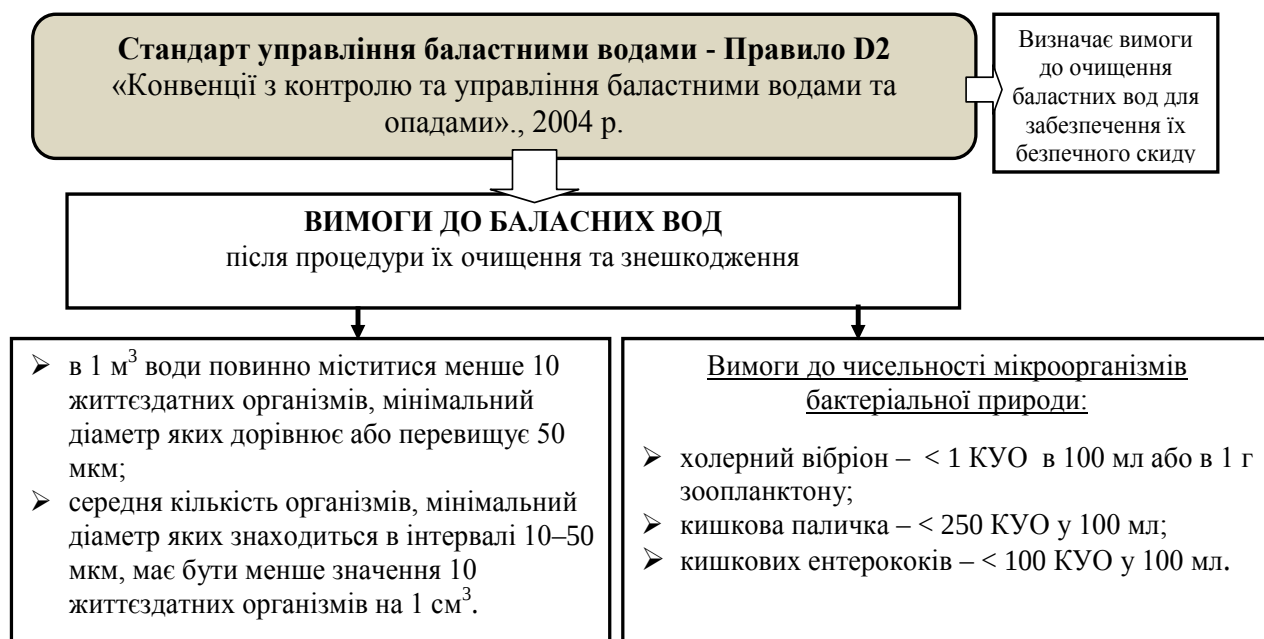


Рис. 1.3. Вимоги Правила D2 «Конвенції з контролю та управління баластними водами та опадами»

Підвищені вимоги до очищення баластових вод ведуть до подорожчання морських і річкових перевезень, різко збільшується ставка фрахту тонни вантажу, що перевозиться. У зв'язку з цим сьогодні гостро постає завдання підвищення якості очищення та зниження її вартості.

Аналіз систем очищення (знезараження) баластових вод доводить, що економія на установці обробки баластових вод обходиться судновласникам дорожче, тому що надалі потрібно здійснити тестування системи на суші, під контролем експертів, а також приставів країни, до якої судно прибуває. Все це потрібно для

придбання сертифіката ІМО, без якого судно можуть не пропустити в порт, що згодом спричинить великі втрати.

З 8 вересня 2017 року, дати набрання чинності Міжнародною конвенцією про контроль суднових баластних вод й осадів та управління ними (BWM 2004), судна, що заходять у порти країн, які ратифікували цей документ, стають об'єктами підвищеної уваги з боку інспекторів контролю державою порту (PSC). Станом на вересень 2020 року 79 країн ратифікували Конвенцію BWM.

Держави - ратифіканти BWM 2004 мають забезпечувати виконання вимог цієї Конвенції суднами, що заходять до їх портів, незалежно від того, чи є держава прапора судна учасником BWM 2004, чи ні. Уповноважені особи PSC можуть перевірити судно щодо наявності у судна дійсного Міжнародного свідоцтва про управління баластними водами, яке видає адміністрація держави прапора, провести перевірку журналу операцій з баластними водами та відібрати проби суднових баластних вод.

Згідно з положеннями Конвенції, якщо на судні немає дійсного свідоцтва або є явні підстави вважати, що:

а) стан судна або його устаткування не відповідає у значній мірі відомостям, що містяться у свідоцтві, або

б) капітан або екіпаж не знає основних суднових процедур, які стосуються управління баластними водами, або не виконують таких процедур, інспектор PSC може провести ретельну перевірку та має вжити «таких заходів, які забезпечують, щоб судно не скидало баластних вод доти, доки воно не зможе зробити це, не створюючи загрози шкоди навколишньому середовищу, здоров'ю людини, майну або ресурсам».

«Міністерство інфраструктури проводить відповідну підготовчу роботу щодо ратифікації Україною Міжнародної конвенції про контроль суднових баластних вод й осадів та управління ними Мінінфраструктури теж розглядає можливість встановлення добровільного інспекційного режиму для суден під прапором України, що перевозять вантажі до держав-ратифікантів BWM 2004» [24].

В даний час в Україні діють такі нормативні документи щодо запобігання забрудненню моря:

- Державні санітарні правила і норми скидання з суден стічних, забруднених нафтою, баластних вод і сміття. Додаток IV до Конвенції МАРПОЛ 73/78;

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

- Державні санітарні правила для морських суден України (постанова Міністерства охорони здоров'я України, Держсанепідслужби України від 20.12.2000 № 57);

- Санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення (Постанова Кабінету Міністрів України від 25 березня 1999 р. № 465) ;

- Правила охорони внутрішніх морських вод і територіального моря України від забруднення та засмічення (постанова Кабінету міністрів України від 29 лютого 1996 р. № 269).

Оскільки засмічення акваторій баластними водами, які скидаються з суден, набуло масштабів серйозної світової екологічної проблеми, то для її вирішення потрібно якомога активніше впроваджувати сучасні системи обробки баластних вод. Баластні води повинні особливо скрупульозно піддаватися фільтрації через постійний обмін біологічних організмів і опадів під час вантажних операцій, корозійну агресивність морської води, і великими обсягами залежно від габаритів судна.

«Відсутність системи управління баластними водами на борту судна істотно знижує конкурентоспроможність флоту, обмежуючи район їхньої роботи. Такі судна не допускаються в порти держав, які ратифікували Конвенцію. Або, якщо у них і є формальне право працювати без системи, то буде діяти заборона на скидання баласту у внутрішніх водах. А це означає істотне зниження корисної вантажопідйомності судна і, як наслідок, зниження економічної ефективності їх експлуатації. Необхідність впровадження систем управління баластними водами залишається обов'язковим для судновласників, проте питання щодо вибору способу очищення, визначення типу системи та проекту їх встановлення на борту, потребують ретельного вивчення та обґрунтування» [19].

Очевидним є той факт, що для конструктивного розв'язання проблем забезпечення екологічної безпеки баластових вод потрібні не тільки взаємно узгоджені міжнародні заходи всіх світових держав, а й ефективні дії кожної країни на національному рівні, чого можливо досягти лише за умови фундаментальної зміни системи екологічного виховання та екологічної освіти.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ОБРОБКИ БАЛАСТНИХ ВОД НА СУДНАХ

2.1 Аналіз існуючих методів обробки баластних вод на борту судна

На ринку доступно безліч технологій для очищення водяного баласту на суднах. Однак такі обмеження, як наявність місця, вартість впровадження та рівень екологічності, відіграють важливу роль у використанні певного типу системи очищення баластних вод.

Під час вибору системи обробки баластних вод необхідно враховувати такі основні критерії:

- ефективність знешкодження організмів у баластних водах;
- забезпечення охорони навколишнього середовища;
- безпека для екіпажу та судна;
- оптимальне співвідношення вартості до ефективності використання;
- простота встановлення та експлуатації;
- можливість встановлення систем з урахуванням архітектурно-конструктивних обмежень (наявність місця на борту судна).

Раніше основним способом захисту морського середовища від подібних забруднень була заміна баластових вод у нейтральних водах, перед заходом у порт, не менше 95% обсягу старого баласту на новий. У результаті цей спосіб був визнаний ІМО неефективним задля запобігання перенесення інвазивних мікроорганізмів. На даний момент найбільш актуальним способом обробки води є очищення баластової води на борту судна з використанням механічних, фізичних та хімічних методів. Згідно з прийнятою Конвенцією, всі судна повинні мати на борту спеціалізовані системи очищення суднового баласту, крім суден, які спочатку не були сконструйовані для прийняття рідкого баласту. Дане обладнання має бути сертифіковано та схвалено Міжнародною морською організацією (ІМО), класифікаційними товариствами та владою прапора. Проте виникає питання раціонального вибору судовласником відповідних систем

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

обробки для суден, оскільки слід підібрати найбільш безпечну систему як для запобігання забрудненню моря, так і для безпеки судна і членів екіпажу.

З метою контролю якості баластних вод на судах та видалення, знешкодження патогенних організмів можливе використання різних фізичних, хімічних, механічних та біологічних процесів окремо або в комплексі.

Для суден, не обладнаних відповідними системами видалення, знезараження патогенних організмів, згідно з Конвенцією, можлива заміна баластових вод на віддаленні 200 морських миль від найближчого берега, де глибина моря не менше 200 м. Лише у виняткових випадках допускається зближення не менше 50 морських миль берега при глибині моря не менше 200 м. Заміна баластових вод при цьому має бути не менше 95% від обсягу баластової води на судні; можна використовувати метод прокачування забортною водою триразового обсягу баластової системи.

Існує інший варіант – заміна баластових вод водами із океану. Тут виникає безліч ризиків – залежність як від погодних умов, так і від кваліфікації персоналу при роботі з баластною системою.

Найбільш економічним на даний момент для судновласників є варіант монтажу на судні автономної системи знезараження (обробки, очищення) баластових вод, схвалених ІМО в момент прийняття на борт та/або відкачування за борт. Усі судна, що мають баластові системи, підпадають під дію Конвенції і повинні мати плани управління баластними водами та журнали для записів усіх операцій з баластовими водами.

Порт, який приймає судна, зобов'язаний здійснювати їх перевірки відповідно до існуючих процедур (відповідно до вимог Конвенції).

Сучасні системи обробки судового баласту є сукупністю різних технічних складових, що включають роботу кількох основних блоків: механічної фільтрації та дезінфекції (рис. 2.1). Досвід експлуатації свідчить, що з найбільшим ефектом знезараження баластових вод відбувається, коли перед блоком знезараження передбачають блок фільтрації, де здійснюється видалення частинок і морських мікроорганізмів розміром 10-50 мкм.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

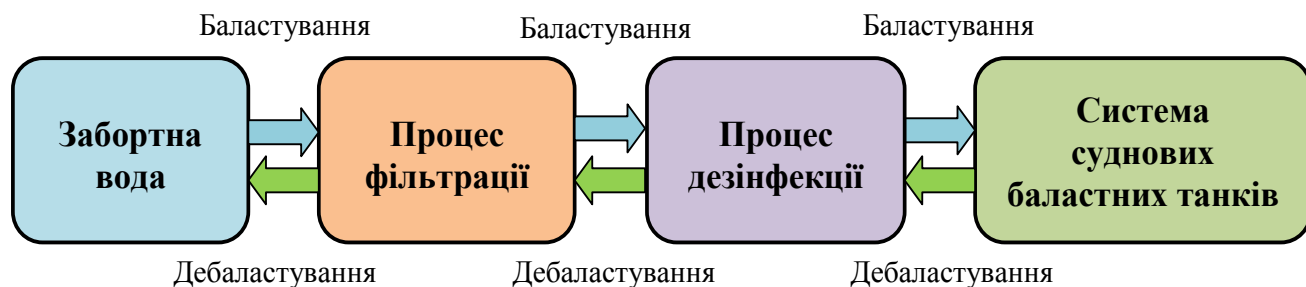


Рис. 2.1. Цикл обробки баластних вод

Фільтрація – (від лат. "Filtratio" проціджування) процес відокремлення твердих частинок від рідин шляхом пропускання їх через спеціальний фільтр. Фільтрація не тільки є перешкодою для проникнення організмів розміром понад 50 μm , а й допомагає зменшити нашаровування відкладень у баластних цистернах, а це, своєю чергою, є вигідним для судноплавних компаній, адже дає змогу зменшити витрати в галузі обслуговування та очищення баластних цистерн.

Дезінфекція – (від лат. "Des" – проти та "Infectio" – зараження) – це комплекс заходів, спрямованих на знищення мікроорганізмів (патогенних та умовно-патогенних) на шляху їх передачі від джерела інфекції до здорового організму або екосистеми.

На рис. 2.2 наведено класифікацію наявних способів обробки водяного баласту на борту судна.

Системи з фізичним методом обробки баластових вод щонайменше впливають на довкілля. Найбільш поширені методи знезараження баластових вод – це використання:

1. Ультрафіолетового опромінення;
2. Обробка озоном;
3. Електрики та/або електрохімічних методів;
4. Комбінації двох чи більше методів;
5. Введення хімічних речовин (біоцидна система).



Рис. 2.2. Класифікація методів обробки баластних вод

Механічна фільтрація являє собою попереднє очищення за допомогою різних фільтрів і мультигідроциклонів, яка не дозволяє потрапляти і осідати баластових танках морським організмам і рослинам. Пропускна здатність таких фільтрів зазвичай не перевищує 50 мкм. Проаналізувавши доступні на ринку системи обробки баласту, схвалені ІМО, можна зробити висновок про те, що в комплексі механічної фільтрації переважаючою технологією очищення є використання фільтрів за рахунок їхньої швидкої роботи, розмірів та простоти їх експлуатації та заміни.

Наступним етапом обробки виділяється сегмент дезінфекції, що включає обробку баласту, який служить для остаточного знищення мікробів та вірусів, а також знешкодження рослин за допомогою різних способів: обробки ультрафіолетом, електролізу, озонування, хлорування тощо.

Такі способи дезінфекції, як використання фізичного методу обробки ультрафіолетовими хвилями або хімічного методу хлорування, є найбільш затребуваними і розповсюдженими (рис. 2.3).

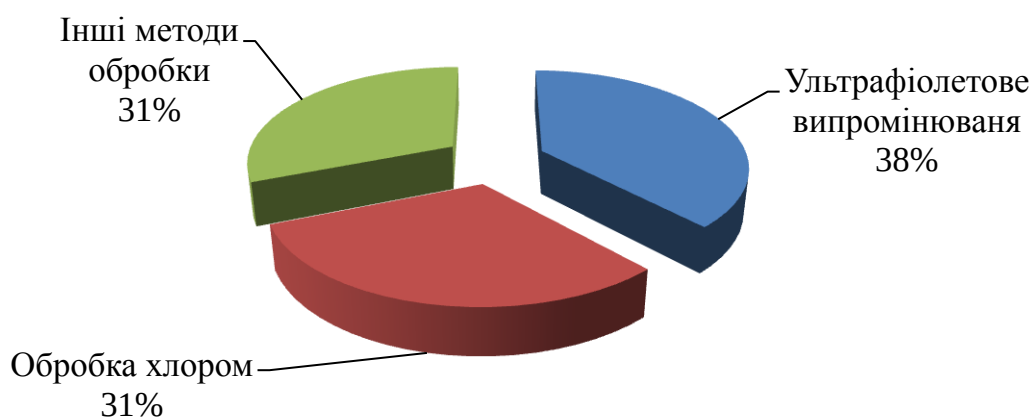


Рис. 2.3. Найбільш затребувані методи обробки баластних вод

Наразі існує низка схвалених класифікаційними товариствами, що входять до Міжнародної асоціації класифікаційних товариств, моделей систем управління баластними водами. Ці системи управління баластними водами розподілилися за принципами дії так: системи мікрофільтрації; системи з ультрафіолетовою обробкою; системи електролізу попутного потоку; системи електролізу повного потоку, системи біоцидного типу та інші. Наведемо докладніший опис принципу дії деяких типів систем управління баластними водами.

Типова система очищення баластної води на судах використовує дві або більше технології разом, щоб гарантувати, що оброблена баластна вода відповідає стандартам ІМО.

Системи фільтрації. Системи механічного поділу або фільтрації використовуються для відділення морських організмів і зважених твердих матеріалів від баластної води з використанням систем осадження або поверхневої фільтрації. Зважені/відфільтровані тверді речовини і стічні води (зворотне промивання) в процесі фільтрації або скидають у зону забору баласту, або піддають подальшій обробці на борту суден перед скиданням.

Для фільтрації баластної води здебільшого використовується таке обладнання.

Сита/диски. Сита (фіксовані або рухомі) або диски використовуються для ефективного видалення зважених твердих частинок із баластної води за допомогою автоматичного зворотного промивання. Вони надзвичайно екологічно безпечні, оскільки не вимагають використання токсичних хімікатів у баластній воді. Сітчаста фільтрація ефективна для видалення зважених твердих частинок більшого розміру, але не дуже зручна для видалення частинок і організмів меншого розміру. Хоча такі фільтри дуже ефективні під час видалення більшості зважених твердих частинок і організмів із баластної води, їх самих недостатньо для очищення баластної води відповідно до стандартів ІМО.

Гідроциклон: Гідроциклон є ефективним обладнанням для відокремлення зважених часток із баластної води. Високошвидкісна відцентрова сила використовується для обертання води і відділення твердих частинок. Оскільки гідроциклон не має рухомої частини, його легко встановлювати, експлуатувати та обслуговувати на борту судна. Оскільки робота гідроциклонів сильно залежить від маси і щільності частинок, вони не можуть видалити більш дрібні організми з баластної води.

Установки ультрафіолетового очищення. Бактерицидне УФ випромінювання переважно в спектральному діапазоні 205-315 нанометрів (нм) спричиняє димеризацію тиміну (одного зі складових ДНК, що забезпечує її захист від ультрафіолету) в молекулах ДНК. Такі зміни в ДНК організмів сповільнюють темпи їхнього розвитку і розмноження, і ведуть до вимирання. Для забезпечення ефективного впливу УФ променів на оброблювану воду, остання має бути максимально освітлена від колоїдних і зважених часток. Для цього потрібна установка попередньої фільтрації з чистотою 50 мкм. Цей метод успішно використовується в усьому світі для цілей фільтрації води і ефективний проти широкого кола організмів. Водночас домогтися повного знезараження за допомогою УФ випромінювання не завжди можливо – деякі бактерії, гриби і пріони – стійкі до цього типу обробки.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Установки обробки баластних вод хлорвмісними агентами.

Активний хлор давно відомий як одна з найагресивніших дезінфікуючих речовин. Хлорування (обробка хлором) води має виражену бактерицидну післядію у зв'язку з тим, що активний хлор не розпадається в обробленій воді та продовжує свою дію з плином часу.

Установки обробки баластних вод, що застосовують метод хлорування, поділяються також за принципом застосування активної речовини на установки з привнесеною активною речовиною та установки, що виробляють активну речовину з використовуваних середовищ.

Установки з привнесеною активною речовиною вимагають періодичного додавання у видаткову ємність активної речовини із запасів, що зберігаються в базі або перевозяться безпосередньо на судні. Поповнення видаткової ємності здійснюється відповідно до інструкцій виробника екіпажем із дотриманням правил роботи з небезпечними хімічними речовинами.

Очевидним недоліком такого типу установок є їхня нездатність працювати за відсутності хімічних реагентів, тобто в разі тривалого рейсу або логістичної помилки під час завантаження судна в порту, система обробки баластних вод стає повністю непрацездатною. Також, з огляду на високу токсичність хлору і його небезпеку в разі потрапляння в дихальні шляхи, слизові оболонки і шкірні покриви людини під час зберігання і поповнення активної речовини, необхідно дотримуватися високих заходів безпеки.

Хлор зберігає бактерицидну активність у воді, оскільки мало в ній розчинний. Щоб не допустити потрапляння високих концентрацій активного хлору у води Світового Океану, на установках обробки баластних вод, які працюють на хлорі, необхідно також передбачити запас дехлорувальної речовини, що перевозиться. Зазвичай для цих цілей використовують сульфід натрію Na_2SO_3 . Таким чином, для забезпечення роботи установки необхідно зберігати на судні два типи реагентів, причому відсутність будь-якого з них виключає можливість роботи установки.

Принципову схему системи управління баластними водами з обробкою води хлорвмісними речовинами наведено на рис. 2.4.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30



Рис. 2.4. Принципова схема системи управління баластними водами з хлоруванням

Також існують системи, в яких активний хлор витягують безпосередньо з робочого середовища – баластної води, яку приймають на борт. Хлор виділяється із солей NaCl , розчинених у морській воді у вигляді гіпохлориту NaOCl . Основною діючою речовиною в гіпохлориті натрію (хлорній воді, аноліті) є хлорноватиста кислота (HClO) – окислювач, що має найсильніші бактерицидні властивості. Основним способом отримання гіпохлориту з морської води є метод електролізу (рис. 2.5).

Щоб забезпечити ефективність роботи електролізера, що входить до складу установки обробки баластних вод, в дану систему, так само як і в систему з УФ опроміненням, необхідно вводити фільтр з чистотою фільтрації 50 мкм. Складнощі, що виникають в обслуговуванні такого обладнання, вже описувалися вище. Також залишається і проблема видалення активного хлору з води після обробки. Отримання дехлоратора з морської води неможливе, тому для цього типу установок він залишається перевезеним хімічним реагентом, без якого функціонування цієї системи баластних вод є неприпустимим.



Рис. 2.5. Принципова схема установки обробки баластних вод, яка використовує гіпохлорит натрію, що виділяється з морської води

Обробка хлором відбувається при прийомі баласту в систему проточним способом. Хлор на судні одержують внаслідок протікання процесу електролізу. Час згубної дії не перевищує чотирьох годин. При цьому даний спосіб хімічної обробки має такий істотний недолік, як поява корозії металу, що, у свою чергу, через високу концентрацію може призвести до руйнування металевих танків баластної системи судна. Застосування хімікатів викликає низку проблем: ризик для здоров'я екіпажу, корозія елементів баластної системи, забруднення довкілля внаслідок скидання БВ, необхідність запасів реагентів на борту.

Додатковим мінусом установки, що працює на гіпохлориті, що виділяється, є неможливість роботи за солоності води менше ніж 10‰. Цей фактор мало впливає на експлуатацію морських суден, але є суттєвим для річкових і суден класу «річка-море».

У технології обробки баластних вод гіпохлоритом існує можливість вилучення знезаражувальної речовини безпосередньо із забортної води, і не настільки значна залежність ефективності електролізу від прозорості води. З іншого боку, зберігання запасу реагентів і їх постійна дозакупка для забезпечення роботи системи не є оптимальною умовою експлуатації виробу. Також у системах, що використовують хлор як дезінфектор, необхідний постійний контроль кількості залишкового хлору, що скидається назад в океан.

Описані установки обробки баластних вод набули широкого поширення в усьому світі. Вони пропонуються безліччю компаній у різних варіантах, компонуваннях і комплектація.

Обробка озоном. Система управління баластними водами може ґрунтуватися на використанні дезінфікуючого агента, який виробляється безпосередньо в установці без застосування хімічних реагентів, які вносяться, і після використання розкладався б у морській воді без додаткового втручання. Речовиною, що задовольняє цим вимогам, є озон. Озон (хімічна формула O_3) - це найсильніший окислювач, який знищує всі відомі мікроорганізми, віруси, бактерії, гриби, водорості, їхні спори і цисти найпростіших. До озону не може розвинути стійкість. Озон діє в 300-3000 разів швидше, ніж будь-які інші

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

дезінфектори [2]. Після впливу озон розкладається, виділяючи диоксиген O_2 , не чинячи негативного впливу на навколишнє середовище.

Окислювальні властивості озону нині широко використовують у медицині. Він покращує метаболізм білків, жирів і вуглеводів, транспорт кисню в крові, периферичний кровообіг, стимулює імунітет, сприяє виробленню біологічно активних речовин. Озон широко використовується з метою дезінфекції приміщень, одягу, матеріалів. В озонотерапії практикується внутрішньовенне введення озону під час лікування ракових захворювань.

У високих концентраціях озон токсичний для людини, але, оскільки він хімічно нестійкий, отримати отруєння озоном отримати майже неможливо - у природних умовах газ розкладається за дуже короткий час.

З урахуванням самостійного розкладання озону в природних умовах, принцип оброблення баластних вод озоном було взято за основу під час проектування нової установки.

Обробка озоном працює за таким принципом: в озонаторі під час проходження електричного струму через розрядний простір із повітрям відбувається розряд коронного типу, внаслідок чого з кисню, що міститься в повітрі, утворюється озон.

Установка передбачає отримання озону в суднових умовах з повітря, що подається повітропроводами системи вентиляції судна. Отриманий таким чином озон інжектуються в контактну буферну ємність для рівномірного розподілу, а потім - в основний потік баластних вод. У баластному танку судна відбувається процес обробки та дезінфекції води, а також поступове мимовільне розкладання озону.

Обробка ультразвуком. Обробка ультразвуком. Система ультразвукової обробки баластних вод довела свою ефективність у знищенні бактерій, планктону і більших організмів. Ультразвукова дезінфекція баластної води - це фізична обробка, яка дає змогу уникнути дозування будь-яких сильних і дорогих активних хімічних речовин у баластну воду. Це забезпечує ідеальну екологічну прийнятність у поєднанні з високою біологічною ефективністю щодо

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

руйнування та інактивації рослинних і тваринних організмів і мікроорганізмів у баластній воді. Кавітаційні сили вбивають невеликі водні організми та мікроорганізми. У кількох дослідженнях уже доведено, що ультразвук досягає високого рівня біологічної ефективності на дрейсені річковій, нематодах, бактеріях і вірусах [60].

Ультразвукові прилади високої потужності (високої інтенсивності) вимагають меншого часу впливу на смертність, що дає змогу обробляти більш високі швидкості потоку. Такі ультразвукові системи можуть використовуватися для баластування і дебаластингу. Ультразвукові хвилі високої потужності генерують кавітацію бульбашок у рідинах, які призводять до інтенсивних сил зсуву і високого стресу. Коли інтенсивні ультразвукові хвилі з'єднуються з рідинами, звукові хвилі, що поширюються в рідкі носії, призводять до чергування циклів високого тиску та низького тиску, зі швидкістю залежно від частоти. Під час циклу низького тиску (фази розрефракції) високоінтенсивні ультразвукові хвилі створюють невеликі вакуумні бульбашки або порожнечі в рідині. Коли бульбашки досягають об'єму, за якого вони більше не можуть поглинати енергію, вони сильно руйнуються під час циклу високого тиску (фаза стиснення). Це явище називається кавітація. Під час імплзії дуже високі температури (близько 5000 К) і тиску (близько 2000 атм) досягаються локально. Імплзія кавітаційної бульбашки також призводить до рідинних струменів зі швидкістю до 280 м/с. Ця високоенергетична генерація і руйнування бульбашок призводить до гідродинамічних зсувних зусиль і ультразвукових коливань, які ламають і руйнують клітинні стінки організмів - ефективно вбиваючи їх. Що стосується його прийнятності для довкілля, то не існує відомих або очікуваних екологічних проблем, пов'язаних із технологією ультразвуку.

Обробка магнітним полем. Під час обробки магнітним полем використовується технологія коагуляції. Магнітний порошок змішується з коагулянтами і додається в баластну воду. Це призводить до утворення магнітних пластівців, до яких входять морські організми. Магнітні диски використовуються для відділення цих магнітних пластівців від води.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Деоксигенація. Як випливає з назви, метод деоксигенації баластної обробки передбачає продування/видалення кисню з цистерн баластної води, щоб організми задихнулися. Зазвичай це робиться шляхом нагнітання азоту або будь-якого іншого інертного газу в простір над рівнем води в баластних цистернах. Зазвичай інертному газу потрібно близько 2-4 днів, щоб задушити мікроорганізми. Таким чином, цей метод зазвичай не підходить для суден з коротким часом переходу. Ба більше, такі типи систем можна використовувати на суднах з ідеально герметизованими баластними цистернами. Якщо на кораблі вже встановлено систему інертного газу, то для системи деоксигенації не буде потрібно більше місця на борту корабля.

Термічна обробка. Ця обробка включає в себе нагрівання баластної води до температури, за якої гинуть організми. Для нагріву водяного баласту в цистернах може використовуватися окрема система опалення, або баластна вода може використовуватися для охолодження суднового двигуна, таким чином знезаражуючи організми від тепла, отриманого від двигуна. Однак така обробка може зайняти багато часу, перш ніж мікроорганізми стануть неактивними, а також посилить корозію резервуарів.

Проаналізувавши доступні на ринку системи обробки баласту, схвалені ІМО, можна зробити наступний висновок про те, що в комплексі механічної фільтрації переважною технологією очищення є використання фільтрів завдяки їхній швидкій роботі, розмірам і простоті їхньої експлуатації та заміни. Також слід ще зазначити, що такі способи дезінфекції, як використання фізичного методу обробки ультрафіолетовими хвилями або хімічного методу хлорування, є наразі найбільш затребуваними. Порівняльний аналіз деяких методів наведено в табл. 2.1.

Фізичний метод обробки баластових вод ультрафіолетовим випромінюванням використовуються в наступних розробках: «GloEn-Patrol™ Ballast», «Resource Ballast Technologies», «Desmi», «HydeMarine», «AquaTriComb». Хімічний метод обробки баластових вод процесом хлорування використовується такими розробниками: Hyundai Heavy Industries, Blue Ocean Shield, Ecochlor; «OceanSaver»; «RWO» (табл. 2.2).

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Таблиця 2.1. Порівняльна характеристика деяких методів обробки баластних вод

Технологія обробки	Характеристика процесу	Коли і як відбувається обробка	Час дії	Корозійна дія
Обробка хлором	Хлор і бром, які є біоцидами, отримують шляхом електролізу на борту судна. Перед скиданням баластні води нейтралізують сульфатом натрію	При прийомі проточним способом, нейтралізація при скиданні	Декілька годин	Висока концентрація викликає корозію сталевих елементів
Обробка хімічними реагентами	Баластні води змішують зі спеціальними хімічними речовинами в строго дозованої концентрації для знищення живих організмів. Протягом часу хімічні реагенти розщеплюються, відсутня необхідність в нейтралізації баласту	При прийомі в процесі проходження через ежектор (проточний спосіб)	24 год	Висока концентрація викликає корозію сталевих елементів
Фільтрація і ультрафіолетове опромінення	Фільтрація прийнятої заборотної води зазвичай відбувається в самоочищаються фільтри з пропускною здатністю до 50 мкм. Баласт опромінюється ультрафіолетовими променями, що призводить до утворення гідроксильних радикалів, що знищують бактерії і мікроорганізми	При прийомі для фільтрації та УФ опромінення, при скиданні для УФ обробки	Декілька годин	Не впливає
Деокси-генація	На борту судна в трубі Вентурі відбувається змішування інертного газу і баластної води (проточному спосіб) або барботування в баластних танках (об'ємний спосіб). Це призводить до видалення кисню і зниження рН води, як наслідок, до загибелі мікроорганізмів. Для нормального протікання процесу повітря замінюється інертним газом у вільному просторі баластних танків	При прийомі для одних систем (проточний спосіб) і в баластних танках для інших (об'ємний спосіб)	4-6 дні	Відносно низький корозійний ефект
Озонування	Озон отримують на борту судна, він діє як біоцид. Подача озону в змішувальний ежектор відбувається в процесі перекачування баластними насосами при прийомі або скиданні заборотної води. Часто комбінується з фільтрацією або іншими методами обробки	При прийомі для одних систем і при скиданні для інших	до 15 год	Обмежений вплив, тому що у вільному стані озон існує недовго. При обробці перед скиданням вплив відсутній.

Таблиця 2.2. Системи очистки баластних вод з різними типами станцій та застосовані в них технології обробки

Назва установки	Країна-виробник	Технологія обробки баластних вод, що застосовується			
		Центрифугування	Фільтрація	Знезараження	Додатковий метод
Peraclean Ocean* (стаціонарна)	Німеччина	Гідроциклон	+	Пероксид водню	—
Electro-Clean*	Корея	—	+	—	Електроліз
Special Pipe Ballast Water System*	Японія	—	+	Озонування	
EctoSys*	Швеція	—	+	—	Електро-хімічна обробка
PureBallast System*	Швеція	Центробіжний сепаратор	+	Озонування	—
NK Ballast Water Treatment System*	Корея	—	+	Озонування	—
Hitachi Ballast Water Purification*	Японія	—	+	—	Коагуляція+сепарація
Resource Ballast Technologies*	ПАР	—	+	УФ-випромінювання	Кавітація
GloEn-Patrol PANASIA *	Корея	—	+	УФ-випромінювання	—
OceanSaver Ballast Water*	Норвегія	—	+	Хлорування	Електроліз
TG Ballastcleaner* (стаціонарна)	Японія	—	+	Хлорування/фторування	Кавітація
Greenship Sedinox*	Нідерланди	Мультициклон	—	—	Електроліз
Ecochlor*	США	—	+	Хлорування	Електроліз
Blue Ocean Shield*	Китай	—	+	Хлорування	—
Hyundai Heavy Industries*	Корея	—	+	Хлорування	Електроліз
Alfa Laval PureBallast	Швеція	—	+	УФ-випромінювання	—
AquaTriComb*	Німеччина	—	+	УФ-випромінювання	—
SEDNA	Німеччина	Гідроциклон	+	Біореагент	—
Greenship Sedinox	Нідерланди	—	+	Озонування	—
Hyde Marine	Німеччина	—	+	УФ-випромінювання	—
Desmi ocean guard	Фінляндія	—	+	УФ-випромінювання	—
RWO	Німеччина	—	+	Хлорування+бромовання	Обробка в вихровому шарі

* Ті, що мають схвалення ІМО

Очевидно, що система управління баластними водами насамперед буде необхідна суднам, які здійснюють міжнародні рейси, мають необмежений район плавання, що зумовлює зміну температури, вологості повітря та солоності води, що призводить до обмеження використання деяких типів систем управління баластними водами.

Слід вказати як критерій вибору системи автономність і дальність плавання за запасами палива, мастила, інших ресурсів.

Для роботи більшості систем управління баластними подами потрібні такі робочі середовища:

- електрична енергія змінного струму з необхідною для СУБВ потужністю з напругою 400 В, 230 В і частотою струму 50/60 Гц (залежить від суднової електростанції);

- електрична енергія постійного струму для роботи системи автоматичного управління з напругою 24 В;

- прісна вода для водяного охолодження шаф управління системою з робочим тиском: від 1 до 10 кг/см² і мінімальною витратою: 1,0 м³/год;

- забортна охолоджувальна вода для реакторів УФ-випромінювання з робочим тиском до 6 кг/см² і мінімальною витратою 10 м³/год на кожен реактор;

- стиснене повітря з тиском від 5,5 до 8 кг/см².

Для розміщення обладнання системи управління баластними водами визначають місце на вільній площі в насосному, баластному або машинному відділенні судна з урахуванням необхідного місця для обслуговування і ремонту.

Враховуються вимоги до необхідного напору баластної води, розміщення та ухилу трубопроводів системи.

Для підключення обладнання системи управління баластними водами та її систем потрібно оцінити можливі місця підключення до суднових систем, з необхідним доступом до них для проведення ремонту. Оцінюється кількість необхідної арматури, довжини трубопроводів, електричних кабелів, кабелів управління та інших допоміжних елементів для підключення обладнання.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

2.2 Огляд систем очистки баластних вод методом фільтрації та обробкою ультрафіолетом або ультразвуком

Методы обработки ультрафиолетовым облучением и фильтрование получили большое распространение за счет их максимальной безопасности для членов экипажа судна и судовых конструкций, высокой производительности и возможности интегрирования на суда смешанного района плавания при небольшой занимаемой площади и потребляемой мощности, без значительных конструктивных воздействий на корпус и судовые системы судна. Ниже выполнен аналитический обзор некоторых систем управления балластными водами разных производителей

Обладнання GloEn-Patrol™ концерну PANASIA являє собою комбіновану систему очищення баластних вод, що поєднує переваги фільтрації та УФ-опромінення, яка забезпечує найбільш екологічно сприятливе й оптимально спроектоване рішення для встановлення та експлуатації на судах будь-якого типу.

Використовуючи технологію 100% фізичного очищення, GloEn-Patrol™ ефективно дезінфікує шкідливі мікроорганізми і патогенне середовище в баластній воді без утворення будь-яких токсичних речовин під час закачування і скидання баластних вод. Фільтр не тільки видаляє мікроорганізми розміром понад 50 мкм, а й також сприяє зниженню утворення осаду в баластних танках, що є великою перевагою для судноплавних компаній з погляду зниження вартості техобслуговування та очищення баластних танків від осаду. Елемент, що фільтрує, відсіває опади і мікроорганізми розміром понад 50 мкм, а мікроорганізми розміром менше 50 мкм дезінфікуються УФ опроміненням.

Принцип роботи установки обробки баластних вод:

I. Вода баластним насосом подається на фільтр, де очищається механічним способом від твердих частинок і зоопланктону. Використовуються 2 типи фільтрів: фільтр високого тиску - компактний автоматичний фільтр із розміром

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

вічка 40 мікрон - і дисковий фільтр низького тиску з розміром вічка 10 мікрон. Фільтр низького тиску займає в 5 разів більше місця, ніж фільтр високого тиску.

II. Вода проходить через УФ-опромінювачі, що генерують озон і фотолітичне світло, яке пригнічує частинки, водорості, фіто- і зоопланктон.

III. Після вода проходить через ежектор, де змішується з озоном, який знищує флору і фауну.

IV. Вода надходить у баластні танки (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Системи обробки баласту GloEn-Patrol концерну PANASIA

ERMA FIRST BWMS – це вдосконалена модульна система, що відповідає усім вимогам встановлення як для суден новобудов, так і на існуючі судна. Продуктивність системи від 50 до 3000 м³/год. Основними компонентами системи є: високоякісний фільтр зворотного промивання та електролітичний осередок, який здійснює очищення в будь-яких умовах. Автоматичний фільтр з функцією самоочищення має номінальну фільтрацію в 40 мікрон.

ERMA FIRST FIT – перша система управління баластними водами із вбудованим штучним інтелектом на базі платформ METIS Cyber Technology. Вона пропонує користувачам віддалений моніторинг роботи BWMS у режимі реального часу. Унікальна функція машинного навчання надає користувачеві важливу інформацію і дає змогу ухвалювати критичні рішення до початку будь-яких операцій з баластування/дебаластування. Система також дає змогу готувати звітну документацію з контролю стану порту.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

На першому етапі забору баластної води відбувається фільтрація за допомогою автоматичного фільтра 40 мікрон з функцією самоочищення. Далі баластна вода надходить в електролізні осередки, де відбувається дезінфекція за допомогою утворення вільного хлору, утворення 4-6 мг/л вільного хлору з солоної води. ERMA FIRST поєднує в собі просунуту вдосконалену технологію, за якої втрати тиску становлять менше ніж 0.5BAR, середнє споживання електроенергії становить 1,8 кВт на 100м³/год очищеної води. Також система сертифікована для роботи в морській, річковій, прісній воді з солоністю до 0,9 промілей. А також очищення відбувається тільки під час баластування (рис.2.7).



Рис. 2.7. Модульна система ERMA FIRST BWMS компанії ELVI MARINE LTD

Компанія Hyde Marine BWTS (США) пропонує рішення, засноване на відділенні твердих частинок і обробці води ультрафіолетовим випромінюванням. Система **Хайд Гардіан (HYDE GUARDIAN)** використовує штатні баластні насоси і трубопроводи. Розроблено і стандартні системи продуктивністю від 60 м³/год до 1500 м³/год, а також спеціальні системи продуктивністю до 6000 м³/год. Система включає необхідну попередню обробку для видалення твердих частинок і великих водних організмів. Для більш дрібних баластних систем і пристроїв, де потрібне краще видалення великих частинок, Хайд-фільтр є економічним і практичним. УФ-випромінювання руйнує або інактивує біологічні організми, включно із зоопланктоном, водоростями, бактеріями і патогенними

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

мікроорганізмами з баластної води, не впливаючи на експлуатацію судна. Під час дебаластування судна баластна вода також піддається УФ-обробці (рис. 2.8).



Рис. 2.8. Розташування на судні системи Хайд Гардіан

Гнучкий, модульний дизайн обладнання Хайд Гардіан дає змогу монтувати системи навіть у дуже обмежених просторах машинних відділень наявних суден. Устаткування може постачатися малогабаритними модулями і легко вписуватися в обмежений простір. Системи Хайд розраховані на незначну втрату тиску, і їхня робота забезпечується наявними баластними насосами. Помірне споживання електроенергії УФ установками здебільшого дають змогу їх застосування на наявних суднах без значних змін і переобладнання електричних систем. Це обладнання легко впроваджується в наявні суднові системи і виключає необхідність великих витрат, зокрема виведення судна з експлуатації, постановку судна в док. Всі монтажні роботи можуть бути виконані в процесі комерційної експлуатації судна.

Ультразвукове обладнання Hielscher спеціалізується на проєктуванні та виробництві високопотужного ультразвукового обладнання промислового класу для встановлення в складних умовах. Забруднення, висока вологість і грубе навколишнє середовище не зашкодить промисловим ультразвуковим пристроям (серія UIP). Ці пристрої великої потужності призначені для постійної роботи (24 години/7днів). Шафи поставляються попередньо сконфігурованими і прості в

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

установці і запуску. Ультразвукова система має бути під'єднана тільки до подавальної труби з баластної водяної бачки (джерело живлення) і джерела живлення. Різні розміри ультразвукових пристроїв з ультразвуковою здатністю 500w, 1 кВт, 1.5 кВт, 2 кВт, 4 кВт, 10 кВт, а також 16 кВт, які можна встановити як єдине ціле або як кластер, забезпечують ідеальну конфігурацію і продуктивність. Дослідження технологій комбінованого лікування показали, що ультразвук працює дуже синергетично в поєднанні з іншими методами дезінфекції баластної води, такими як озон, хлорування, УФ-світло, температура або підвищений тиск. Завдяки простоті установки і низьким вимогам до простору ультразвукове обладнання ідеально підходить для модернізації та поліпшення наявних систем нейтралізації баластних вод (рис. 2.9).

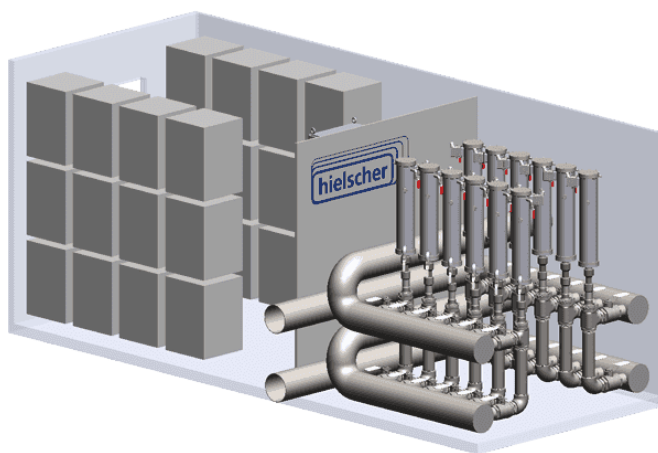


Рис. 2.9. Ультразвуковий кластер із потужністю процесу 120 кВт Hielscher

Переваги ультразвукової нейтралізації баластних вод: відсутність хімічних реагентів; не шкодить навколишньому середовищу; ефективний метод, що має синергетичні ефекти; низькі витрати; безпечна і проста робота; надійний і надійний; масштабований до будь-якого розміру.

2.3 Огляд систем очистки баластних вод методом фільтрації та хлоруванням

«Ecochlor Series 75» – це модель американської компанії Ecochlor, розроблена для обробки заборотної води за допомогою системи фільтрів і діоксидом хлору. Перша стадія обробки складається з системи двох фільтрів

середнього та грубого очищення 100 мкм і 50 мкм відповідно. Далі в спеціальній змішувальній вакуумній камері утворюється діоксид хлору, після чого у воду, що пройшла попередню фільтрацію, подається діоксид хлору. Ця модель – одна з невеликих систем, призначена для обробки води хлором із пропускною спроможністю 400 м³/год (рис. 2.10).

Однак за рахунок об'єму танків для обробки води площею 1,5 м² і камери для отримання діоксиду хлору площею 1,3 м² можна зробити висновок, що такі системи є ще великогабаритними для суден річка - море плавання. Встановлення такої системи на судна річка-море практично можливе, але актуальнішим типом систем є системи з технологією оброблення ультрафіолетом, які займають приблизно в 1,5-2 рази менше площі, водночас не поступаючись системам із хлором у продуктивності та безпеці



Рис.2.10. Система очистки баластних вод методом фільтрації и хлорування
«Ecochlor Series 75»

Кожна з проаналізованих систем відповідає вимогам Конвенції та схвалена ІМО, а також може бути використана для обробки баластних вод на судах річка - море плавання. Будь-яка установка очищення повинна відповідати вимогам Конвенції та мати основне й остаточне схвалення ІМО . Обираючи систему для будь-якого типу судна, слід звернути увагу на такі критерії: продуктивність, габаритні показники та вплив на морське середовище і здоров'я екіпажу.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Критерій продуктивності є одним з основоположних під час вибору системи для суден з великою залежністю від баласту (наприклад, танкери і балкери, які часто виконують свої морські переходи в баласті і без вантажу).

Наразі існують системи продуктивністю понад 10000 м³/год, необхідна потужність яких може сягати до 200 кВт на 1000 м³/год продуктивності, що, своєю чергою, є енерговитратним процесом і може потребувати встановлення додаткових дизель-генераторів. У разі суден річка - море слід зазначити, що завдяки своїм невеликим розмірам баласту, необхідного для підтримання достатньої остійності, буде менше, ніж на морських судах, отже, для цього типу суден достатнім буде встановлення подібних систем.

Зіставляючи різні системи обробки, необхідно звернути увагу на можливий негативний вплив на здоров'я членів екіпажу. Екіпаж повинен мати відповідну підготовку для обслуговування подібних систем. На судні мають дотримуватися вимог пожежної безпеки і бути відпрацьовані дії в разі витoku хімічних речовин із систем обробки баласту.

На додаток до Конвенції ІМО було розроблено «Керівництво щодо забезпечення безпечного використання та зберігання хімічних речовин і препаратів, що використовуються під час обробки баластних вод, і виконувалося розроблення процедур безпеки щодо зниження ризиків для судна та екіпажу в результаті процесу обробки».

Електролітична система компанії NAVALISTA. Системи УФ-фільтрів не завжди можуть працювати в складних умовах, не накладаючи обмежень на роботу судна з вантажами. Це означає, що якщо цільове УФ-випромінювання не досягається після максимально допустимого зниження витрати або УФ-випромінювання, згадане в типовому дозволі системи, не досягається, то управління системою не може розв'язати таку задачу і буде відключено. Системи електро-хлорування не мають цього головного недоліку. Ці системи можуть збільшити солоність води, що поглинається, додаючи морську воду або підвищуючи температуру води за допомогою нагрівача в разі бокового електролізу СОБВ. Сучасні системи досягають першого з використанням

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

інтелектуального управління і без необхідності нагрівання, оскільки можуть працювати до -2°C температури подачі електроліту.

Під час баластування вода проходить через фільтр, де організми й опади (діаметром понад 40 мкм) відокремлюються і далі скидаються за борт. Відфільтрована вода надходить в електролітичну комірку. З хлоридів води в процесі електролізу утворюється вільний хлор у дуже низькій концентрації (близько 4-6 мг/л). Потім оброблена вода надходить у баластні резервуари (рис. 2.11, рис. 2.12).

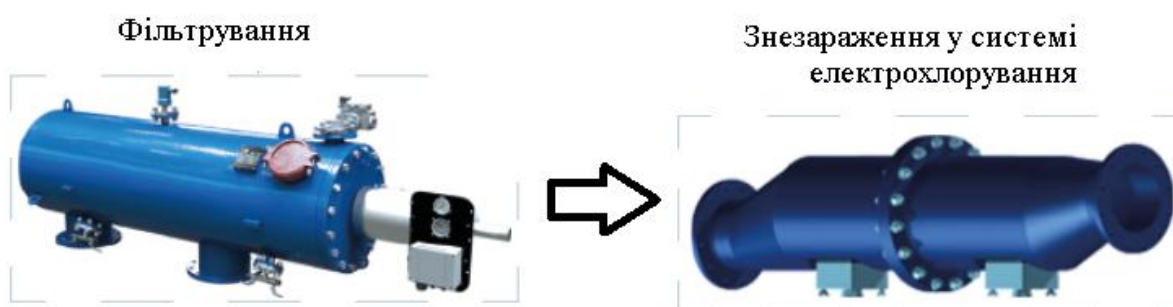


Рис. 2.11. Етапи електролітичної системи обробки баластних вод NAVALISTA



Рис. 2.12. Загальний вигляд системи очистки балластных вод компании NAVALISTA

Під час дебаластування система слідкуватиме лише за залишковими оксидантами і за потреби втручатиметься далі. Основні етапи системи (фільтрація та дезінфекція) проходять в обхід. Датчик загального залишкового окислювача (TRO) бере пробу залишкового хлору на розвантажувальній лінії. Якщо він перевищує 0,1 мг/л, то для дозування нейтралізуючої речовини

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

(бісульфіт натрію) працює дозуючий насос. Успішність нейтралізації вільного хлору підтверджується другим датчиком TRO, встановленим на дальньому кінці лінії скидання баласту.

CleanBallast RWO (Німеччина). Ця система має два ступені очищення: механічне очищення за допомогою дискових фільтрів; електрохімічна дезінфекція. Модульна система дає змогу розміщувати модулі як горизонтально, так і вертикально, навіть трикутником. Є варіанти контейнерного розміщення на палубі (рис. 2.13).



Рис. 2.13. Розташування системи CleanBallast RWO на судні

Переваги системи Clean Ballast:

- ефективна і швидка обробка баластної води навіть за високої концентрації опадів;
- проста автоматична експлуатація, яка не потребує спеціальних інструментів або підготовки;
- перевірена технологія DiskFilter;
- безперебійне приймання баласту під час зворотного промивання або в разі зниження тиску;
- низьке споживання енергії 0,006 - 0,06 кВт-год/м³;
- можливість обробки води з низьким ступенем мінералізації;
- мінімальна площа розміщення <1 м² (500 м³/год).

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Система TeamTec OceanSaver AS. Принцип дії – фільтрація та електродіаліз попутного потоку. Система не має обмежень за солоністю і температурою оброблюваної води, але натомість висуває вимоги до температури попутної води, що подається на хлорінатор, – температура має бути понад 17°C і солоність вища за 20 одиниць практичної солоності. Це може вимагати підігріву води, що подається, а також змішування із запасеною заздалегідь солоною водою. Необхідно зазначити, що енергоспоживання системи, що працює за такою технологією, безпосередньо залежить від солоності води, що подається, – що нижча солоність, то вище енергоспоживання. Попутний потік отримують шляхом відбору частини баластної води після фільтра (у різних системах по-різному, але приблизно це становить 1% продуктивності системи). Система не має обмеження за часом утримання води – це досягається за рахунок процесу нейтралізації під час дебаластування шляхом додавання хімії (очевидно, що запас такої хімії необхідно мати на борту, її витрати теоретично залежать від тривалості баластного рейсу, чим довший рейс, тим нижча витрата, це також можна застосувати до подібних систем, розглянутих далі).

Система Sunrui (Китай). Принцип дії – фільтрація та електроліз попутного потоку. Система не має обмежень за солоністю, температурою та часом утримання води на тих самих умовах, як і попередня система. Однак має поліпшені показники для води, що подається на хлорінатор, – температура вище 5°C і солоність понад 15 одиниць практичної солоності.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

РОЗДІЛ 3

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ОБРОБКИ СУДНОВИХ БАЛАСТНИХ ВОД УЛЬТРАФІОЛЕТОВИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

3.1 Фізичний процес ультрафіолетового знезараження

Технологія ультрафіолетового знезараження заснована на бактерицидній дії УФ випромінювання. Ультрафіолетове випромінювання – електромагнітне випромінювання, що займає діапазон між рентгенівським і видимим випромінюванням (діапазон довжин хвиль від 100 до 400 нм). Розрізняють кілька ділянок спектра ультрафіолетового випромінювання, що мають різний біологічний вплив: УФ-А (315-400 нм), УФ-В (280-315 нм), УФ-С (200-280 нм), вакуумний УФ (100-200 нм). Ультрафіолет у спектрі електромагнітного випромінювання представлений на рис. 3.1.

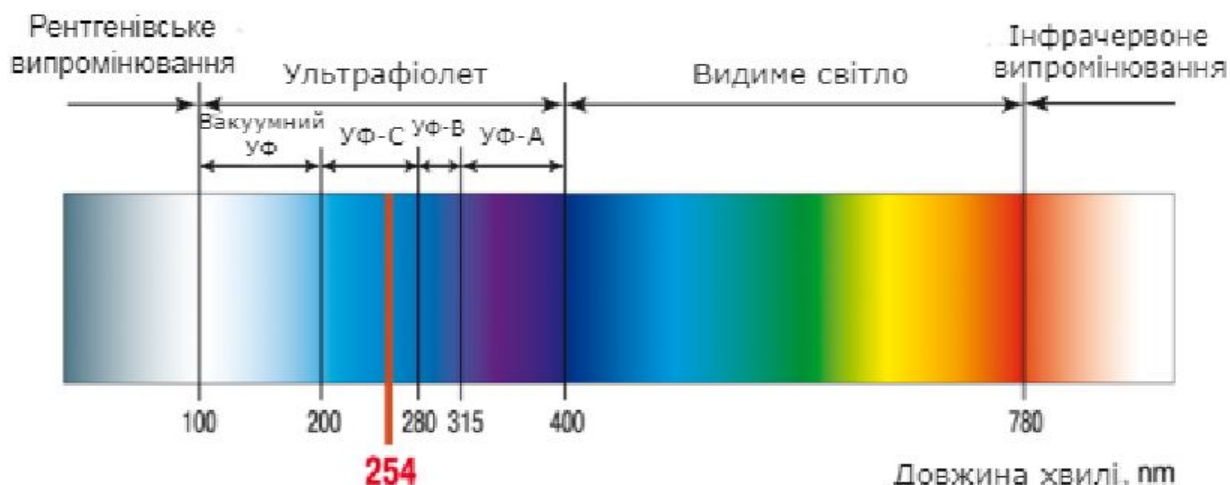


Рис. 3.1. Ультрафіолет у спектрі електромагнітного випромінювання

Реакція живої мікробної клітини на ультрафіолетове випромінювання не однакова для різних довжин хвиль. Залежність бактерицидної ефективності від довжини хвилі випромінювання іноді називають спектром дії.

З усього УФ діапазону ділянку УФ-С часто називають бактерицидною через її високу знезаражувальну ефективність щодо бактерій і вірусів. Максимум бактерицидної чутливості мікроорганізмів припадає на довжину хвилі 254-265 нм.

УФ випромінювання – це фізичний метод знезараження, що ґрунтується на фотохімічних реакціях, які призводять до незворотних ушкоджень ДНК і РНК мікроорганізмів (рис. 3.2). У результаті мікроорганізм втрачає здатність до розмноження (інактивується).

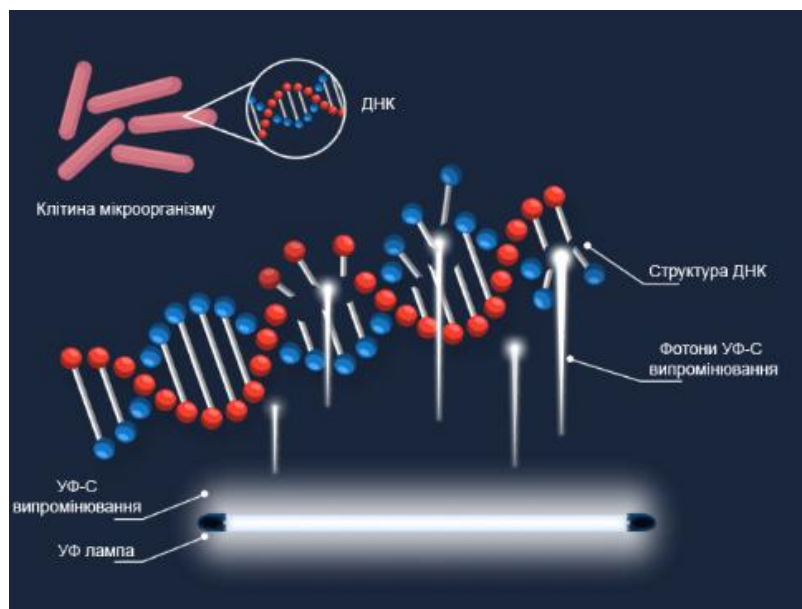


Рис. 3.2. Механізм ультрафіолетового знезараження мікроорганізмів

На рис. 3.3 наведено криву залежності відносної спектральної бактерицидної ефективності $S(\lambda)_{\text{отн}}$ від довжини хвилі випромінювання λ .

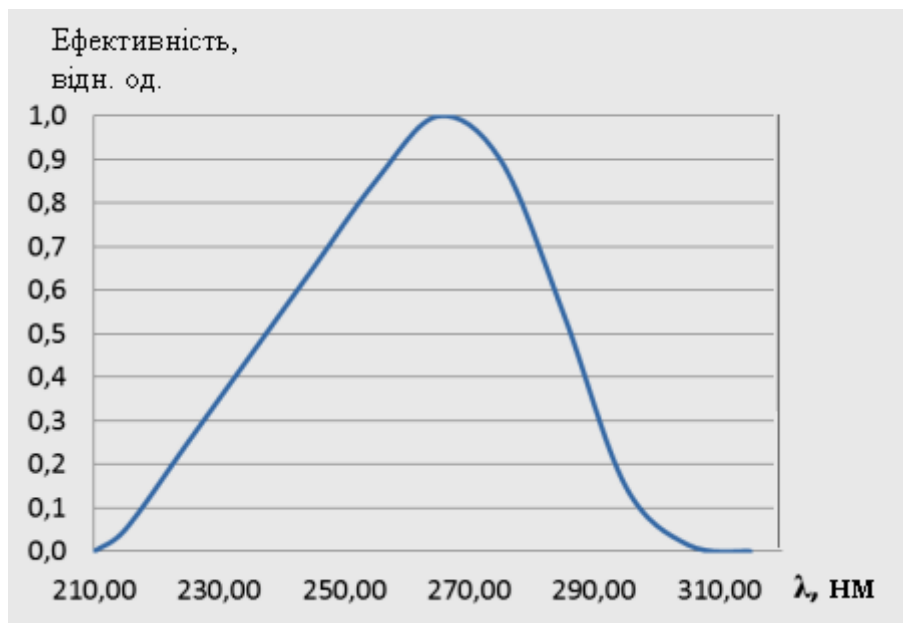


Рис. 3.3. Крива відносної спектральної бактерицидної ефективності ультрафіолетового випромінювання

Встановлено, що хід кривої відносної спектральної бактерицидної ефективності для різних видів мікроорганізмів практично однаковий.

Більш чутливими до впливу ультрафіолетового випромінювання є віруси і бактерії у вегетативній формі (палички, коки). Менш чутливі гриби і найпростіші мікроорганізми. Найбільшу стійкість мають спорові форми бактерій. Для того, щоб зруйнувати мікроорганізм, УФ квант повинен поглинутися ДНК, РНК або білком, що знаходиться всередині мікроорганізму. Зазвичай грам-позитивну бактерію з товстою капсулою протоплазми набагато складніше знищити, ніж грам-негативну бактерію з тонкою капсулою. У більшості випадків, мікроорганізми за ступенем опірності до УФ розташовуються таким чином: вегетативні бактерії < віруси < бактеріальні спори < цисти < найпростіші. Порівняльна чутливість різних видів мікроорганізмів до ультрафіолетового опромінення представлена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Порівняльна чутливість різних видів мікроорганізмів до ультрафіолетового опромінення

№ п/п	Вид мікроорганізмів	Доза опромінення, необхідна для інактивації 99,9 %, (мДж/см ²)
1	Shigella flexneri	5,2
2	Shigella dysenteriae	8,8
3	Salmonella paratyphi	6,1
4	Salmonella typhi	7,5
5	Proteus vulgaris	7,8
6	Stahylococcus aureus	7,8
7	Escherichia coli	6,0
8	Virus poliomyelitis	6,0
9	Vibrio cholerae	6,5
10	Salmonella enteritidis	7,6
11	Mycobacterium tuberculosis	10,0
12	Pseudomonas aeruginosa	10,5
13	Virus hepatitis A	11,0

Мікроорганізми належать до кумулятивних фотобіологічних приймачів, отже, результат взаємодії ультрафіолетового бактерицидного випромінювання і мікроорганізму залежить від його виду та бактерицидної дози. Для об'ємної бактерицидної дози, Дж/м³.

Результативність опромінення мікроорганізмів або бактерицидну ефективність оцінюють у відсотках як відношення числа загинувших мікроорганізмів $R_{\text{заг}}$ до їх початкового числа до опромінення $R_{\text{поч}}$ за формулою:

$$S = (R_{\text{заг}} / R_{\text{поч}}) \cdot 100, \%$$

Відомо, що УФ випромінювання поглинається водою і розчиненими в ній речовинами. При цьому інтенсивність падає в міру проникнення променя в глиб рідини. Ефективність знезараження залежить від коефіцієнта пропускання УФ випромінювання водою на довжині хвилі 254 нм, а також від концентрації забруднювальних речовин. Коефіцієнт пропускання визначає середню інтенсивність УФ випромінювання в камері знезараження УФ установок. Коефіцієнт пропускання визначає частку УФ випромінювання з довжиною хвилі 254 нм, що пропускається шаром води завтовшки в 1 см, і становить від 40 до 70% для очищених стічних вод і від 50 до 80 % для доочищених стічних вод. Чим більший коефіцієнт пропускання, тим більша середня інтенсивність УФ випромінювання, а отже, більша доза УФ опромінення – вищий ефект знезараження. За підвищеної концентрації завислих речовин можливе зниження ефекту знезараження, що вимагає збільшення дози опромінення для забезпечення необхідних показників.

Найбільший вплив на коефіцієнт поглинання чинить кольоровість води, її каламутність і вміст заліза (колоїдне залізо, завислі речовини), так як колоїди і завислі речовини значно розсіюють ультрафіолетове випромінювання і корисна енергія витрачається не скільки на знезараження, скільки на нагрівання цих часток.

Жорсткість, хлориди, сульфати, аміак, нітрити й нітрати у звичайних концентраціях практично не впливають на поглинання бактерицидної радіації.

Конструктивно ультрафіолетові лампи виконуються як колби, заповненої інертним газом з домішкою ртуті. З боків колби впаюються тугоплавкі

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

електроди, на які подається напруга живлення приладу. Під дією цієї напруги в колбі починається розряд, що тліє, який змушує атоми ртуті випускати ультрафіолет у всіх спектрах УФ діапазону (рис. 3.4).

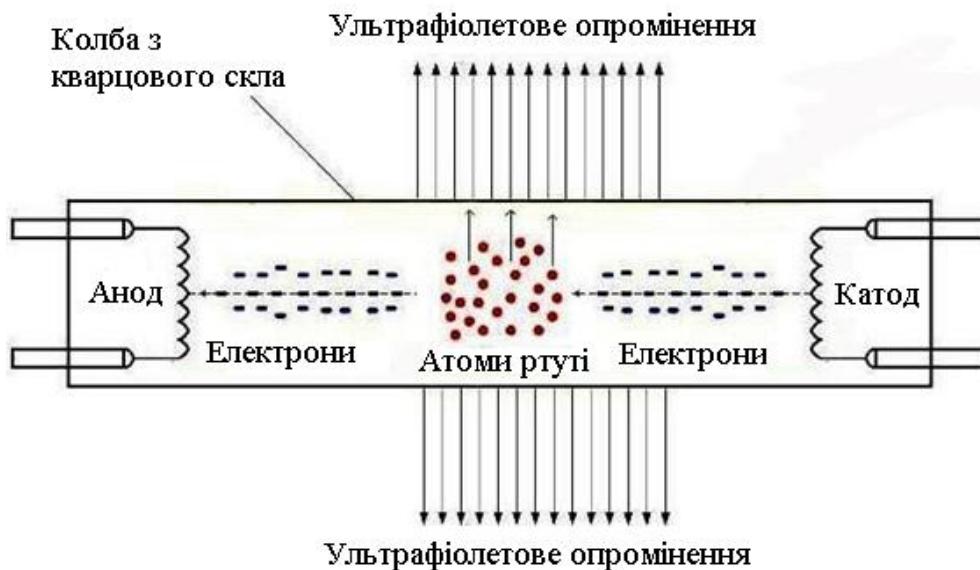


Рис. 3.4. Будова і принцип дії ультрафіолетової лампи

Коли ультрафіолетова лампа активується і збуджується, ртуть досягає своєї найвищої точки при 254 нм, 310 нм і 365 нм, генеруючи ультрафіолетове випромінювання від 200 до 400 нм.

Трубка ультрафіолетової лампи виготовляється з кварцового скла, оскільки це єдиний матеріал, який пропускає ультрафіолетове світло і може витримувати високу температуру від 6 до 800°C. УФ-трубка може трохи розширюватися і має високу температуру плавлення (1100°C).

Усі лампи ультрафіолетового світла є газорозрядними і повинні вмикатися в мережу через спеціальний пускорегулюючий пристрій. В іншому випадку тліючий розряд у колбі миттєво перейде в некерований дуговий.

3.2 Загальні відомості про судно, на якому передбачено встановлення системи управління баластними водами

Розглянемо вибір системи управління баластними водами для судна проєкту RST27 – танкера-продуктовоза морського та змішаного типу (річка - море) плавання для перевезення наливом сирої нафти і нафтопродуктів, зокрема

бензину, без обмеження за температурою спалаху, із забезпеченням перевезення вантажу з підтриманням температури $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$. На судні забезпечується одночасне перевезення двох різних сортів вантажу. Креслення загального вигляду судна проєкту RST27, розробленого Морським інженерним бюро м. Одеса, представлено на рис. 3.5, зовнішній вигляд на рис. 3.5. Основні характеристики судна для вибору системи управління баластними водами наведено в табл. 3.2. Судна цього проєкту будували на Херсонському суднобудівному заводі в 2011-2013 роках.

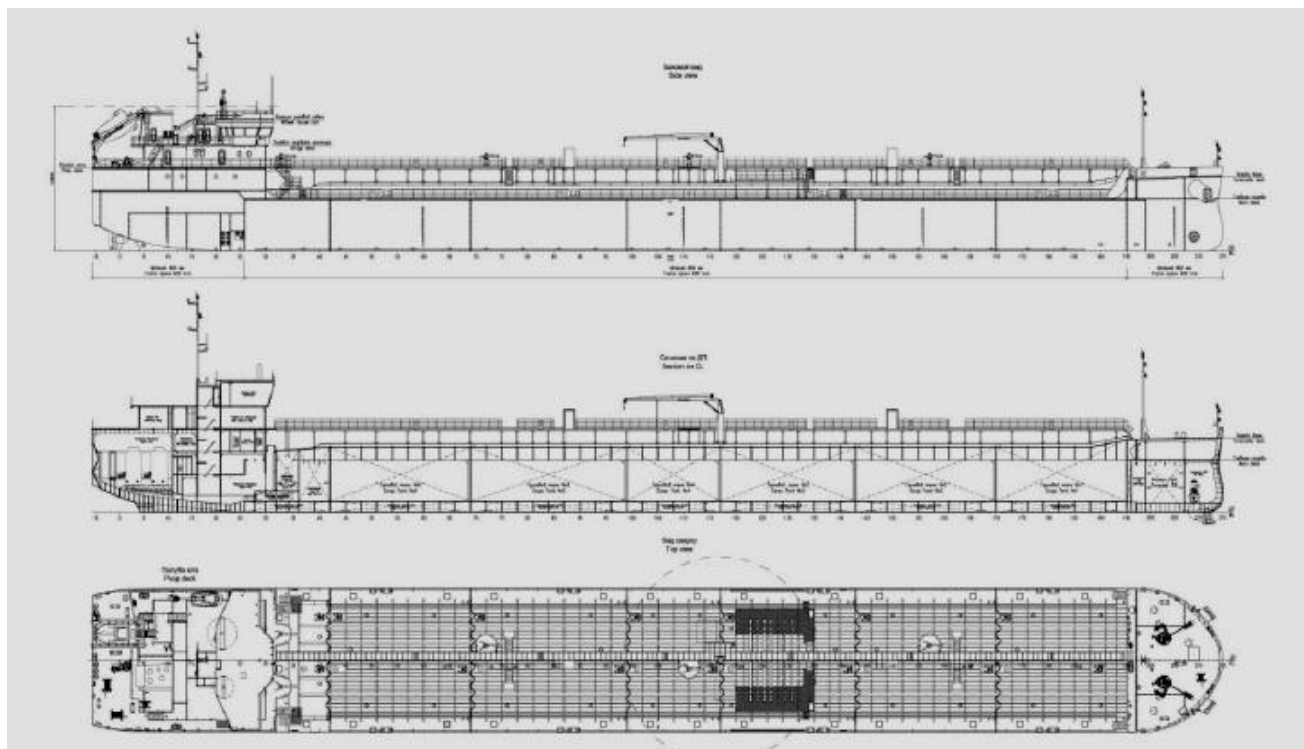


Рис. 3.5. Креслення загального вигляду судна проєкту RST27 [13]

Для суден типу «річка – море» завдяки невеликим об'ємам баластних танків, які використовуються для підтримання достатньої остійності та мореплавства, габарити і маса системи управління баластними водами будуть меншими, ніж на морських судах, але вони матимуть досить високу продуктивність. При цьому, така установка на судах типу «річка – море» необхідна, оскільки заміна баластних вод за 200 миль від берега часто неможлива з огляду на їхню невелику автономність і обмеження районів плавання. Сучасні системи управління баластними водами продуктивністю до $400\text{ м}^3/\text{год}$ можуть займати площу від $0,8\text{ м}^2$ до 15 м^2 . Менша площа характерна

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

для систем обробки баластної води ультрафіолетом, і вони займають у 1,5-2 рази менше площі, ніж системи з обробкою води хлором, за однакової продуктивності.

Таблиця 3.2. Основні характеристики судна для вибору системи управління баластними водами

№ з/п	Найменування характеристики	Значення
1	Тип судна	Танкер
2	Водотоннажність	9483 т
	Головні розміри судна:	
3	довжина	140,85 м
4	ширина	16,70 м
5	висота борту	6,0 м
6	осадка (у морі/в річці)	4,20 м/3,60 м
7	Продуктивність баластного насоса № 1	400 м ³ /год
8	Продуктивність баластного насоса № 2	400 м ³ /год
9	Кількість баластних насосів	2 шт.
10	Сумарна продуктивність баластних насосів	800 м ³ /год
11	Вільна потужність у режимі «ходової»	62 кВт
12	Вільна потужність у режимі «маневровий»	232 кВт
13	Наявність місця для розміщення елементів системи	У машинному відділенні

Для танкерів важливим є можливість встановлення елементів системи в небезпечних зонах, тому вони повинні мати вибухозахищене виконання і відповідний сертифікат. Для забезпечення нормальної роботи системи може знадобитися від 10 до 200 кВт потужності електричної енергії, тому необхідно врахувати вільні ресурси суднової електростанції. Основна обробка баластних вод відбувається під час вивантаження вантажу, що перевозиться, а для вантажних і баластних насосів на танкері часто застосовують електродвигуни, тому може бути ризик нестачі вільної електричної потужності.

Таким чином, за сукупністю експлуатаційних і техніко-економічних причин найкращі методи знешкодження водяного баласту – механічний (фільтрація) і метод фізичного впливу (короткохвильове ультрафіолетове

випромінювання). На відміну від методу електрохімічного знешкодження, в основі якого лежить електроліз морської води та утворення сполук хлору, що володіють бактерицидною дією, використання короткохвильового ультрафіолетового опромінення для цієї мети можливе не тільки в морських, а й у прісних водах.

3.3 Розрахунок параметрів установки ультрафіолетового опромінення для знезараження баластних вод

Основним завданням при виборі УФ обладнання є визначення ефективної дози УФ випромінювання, достатньої для знезараження баластних вод до необхідних нормативами мікробіологічних показників якості. Розробка УФ систем великої продуктивності вимагає комплексного наукового і технологічного підходу до розробки і впровадження методу УФ знезараження вод. Вибір установки ультрафіолетового знезараження залежить від значення показника – УФ-дози опромінення.

До подачі до ультрафіолетового реактора баластна вода за якістю повинна відповідати таким вимогам:

- БСК – до 10 мгО₂/л;
- ГСК – до 50 мгО₂/л;
- завислі речовини – до 30 мг/л;
- залізо загальне – до 1 мг/л;
- нафтопродукти – до 0,2 мг/л.
- кольоровість – не більше 50 град;
- каламутність – до 1 мг/л.

Сумарна продуктивність баластних насосів на танкері проекту RST27 становить $Q_p = 800 \text{ м}^3/\text{год}$ (розрахункова витрата знезаражуваної баластної води).

Розрахунок починається з знаходження сумарної потрібної бактерицидної потужності випромінювачів, що вимірюється в Вт. Розрахунковий бактерицидний потік розраховується за формулою [17, 32]:

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$F_{бак} = - \frac{Q_p \cdot \alpha \cdot k \cdot \lg\left(\frac{P}{P_0}\right)}{1563,4 \cdot \eta_n \cdot \eta_0}, Bm$$

де Q_p – розрахункова витрата знезаражуваної води, м³/год;

α – коефіцієнт поглинання води, що опромінюється см⁻¹, для обробленої на фільтрі баластної води $\alpha = 0,3$ см⁻¹[32];

k – коефіцієнт опірності опромінюваних бактерій, що приймається рівним 2500 мкВт·с/см²;

P_0 – кількість бактерій в 1 л води, максимальне розрахункове забруднення вихідної води, що приймається при рівні коли-індексу $P_0 = 1000$ од./л;

P – кількість бактерій після опромінення, приймаємо $P = 3$ од/л;

η_n – коефіцієнт використання бактерицидного потоку, для установок із зануреним джерелом занурення 0,9;

η_0 – коефіцієнт використання бактерицидного випромінювання, що залежить від товщини шару води, її фізико-хімічних властивостей та конструктивного типу установки, що дорівнює 0,9.

$$F_{бак} = - \frac{800 \cdot 0,3 \cdot 2500 \cdot \lg\left(\frac{3}{1000}\right)}{1563,4 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 1195,4 Bm.$$

Визначаємо необхідну кількість ультрафіолетових ламп за формулою

$$n = \frac{F_{бак}}{F_l},$$

де F_l – номінальний бактерицидний потік однієї ультрафіолетової лампи, приймаємо $F_l = 75$ Вт [17].

$$n = \frac{1195,4}{75} = 15,9 \approx 16.$$

Прийmemo число ультрафіолетових ламп однієї установки $n = 16$ штук.

Необхідний об'єм УФ-установки визначаємо за формулою:

$$V_{уст} = Q_p \cdot t, м^3,$$

де t – орієнтовний час перебування води в ультрафіолетовій установці, приймаємо $t = 2,2 \cdot 10^{-4}$ год [32].

$$V_{уст} = 800 \cdot 2,2 \cdot 10^{-4} = 0,176 м^3 = 176 л.$$

Витрату бактерицидного потоку для процесу ультрафіолетового випромінювання в УФ-реакторі визначаємо за формулою:

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$E = n \cdot \frac{F_{\lambda}}{Q_p}, \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{м}^3.$$

$$E = 16 \cdot \frac{75}{800} = 1,5 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{м}^3.$$

Приймаємо орієнтовні розміри установки ультрафіолетового випромінювання.

Висота реактора, визначається з урахуванням того, що обрані 16 штук УФ-ламп будуть розміщені у 7 рядів:

$$H = 0,2 \text{ м} \cdot 7 = 1,4 \text{ м} = 1400 \text{ мм}$$

Ширина каналу повинна бути трохи менша довжини лампи, яка дорівнює 0,91 м:

$$B = 0,88 \text{ м}.$$

Довжину каналу обираємо згідно рекомендацій [32]:

$$L = 1000 \dots 1050 \text{ мм}.$$

При проектуванні систем знезаражування необхідно передбачати дозу УФ-випромінювання з урахуванням динаміки зростання стійкості мікроорганізмів до данного виду обробки. Тому доза ультрафіолетового випромінювання для обробки баластних вод повинна становити не менше 100-200 мДж/см² [31, 53].

3.4 Характеристика обраної системи управління баластними водами на борту досліджуваного судна в контексті забезпечення екологічної безпеки

Враховуючи проведені розрахунки для встановлення на танкері системи управління баластними водами обираємо варіант обладнання шведської компанії Alfa Laval «PureBallast 3 Ex».

Третє покоління Alfa Laval PureBallast – це автоматизоване вбудоване рішення для біологічної дезінфекції баластної води. Працюючи без хімікатів, обладнання поєднує початкову фільтрацію з розширеною формою УФ-обробки для видалення організмів відповідно до встановлених обмежень.

Основним компонентом модульної системи є посилений УФ-реактор, в якому відбувається дезінфекційна обробка. Спеціальна конструкція корпусу лампи з синтетичного кварцу реактора підтримує передачу більш широкого спектру довжин хвиль, забезпечуючи більше ультрафіолетового світла під час

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

дезінфекції. У поєднанні з внутрішньою конструкцією реактора це забезпечує оптимальне дозування УФ-променів і низьке споживання енергії. PureBallast 3 Ex це система окремих компонентів, призначена для простого встановлення за принципом «підключи і працюй», де простір життєво важливий. Система забезпечує економію місця до 20% порівняно з ідентичним обладнанням інших компаній.

PureBallast 3 Ex, схвалений ІМО та Береговою охороною США (USCG), призначений для управління баластними водами в будь-якій солоності води – прісній, солонуватій і морській – і доступний для потоків баласних вод 250-3000 м³/год.

Завдяки вдосконаленій УФ-технології та можливостям збільшення потужності, PureBallast 3 Ex забезпечує неперевершену ефективність біологічної дезінфекції у воді з низьким рівнем прозорості. Під час роботи у водах, які регулюються ІМО, можлива повна обробка потоку, де коефіцієнт пропускання ультрафіолетового випромінювання становить лише 42%.

Переваги PureBallast 3 Ex наступні:

- чудова продуктивність при будь-якій солоності води. PureBallast 3 Ex забезпечує неперевершену ефективність біологічної дезінфекції у воді будь-якої солоності: прісній, солонуватій і морській. Це включає воду в рідкій формі при низьких температурах. Крім того, система відмінно працює в умовах низької прозорості води. Під час роботи у водах, регульованих ІМО, він працює при повному потоці, де коефіцієнт пропускання ультрафіолетового випромінювання становить лише 42%;

- простота використання. Обладнання автоматизоване, повністю закрите і повністю інтегроване із системою водяного баласту. Екіпаж судна можуть витратити свій час і зусилля на інші обов'язки;

- ефективне управління живленням. Автоматичне керування живленням мінімізує споживання енергії у водах, які регулюються ІМО, в тому числі коли системи, сертифіковані USCG, працюють за межами Сполучених Штатів. Завдяки цій функції PureBallast 3 Ex у більшості ситуацій працює лише на 50% від своєї потенційної робочої потужності. Потім він може наростити максимальну потужність для найскладніших вод;

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

- гнучка конструкція з мінімізованою площею. PureBallast 3 Ex – це вбудована система, в якій основні компоненти (фільтр і реактор) вбудовані в трубу баластної води. Діаметр реактора, зокрема, лише трохи більший, ніж діаметр самого трубопроводу. Оскільки PureBallast 3 Ex поставляється у вигляді окремих компонентів, він забезпечує найвищу можливу гнучкість і економію місця. Це робить його відповіддю на труднощі встановлення, особливо в модернізації та інших ситуаціях, коли простір життєво важливий;

- робота без використання хімічних речовин. PureBallast 3 Ex відповідає вимогам біологічної дезінфекції без додавання солі або хімікатів, навіть якщо працює в прісній воді. Дозування не потрібне, і немає резервуарів або систем вентиляції, необхідних для управління витратними матеріалами та залишками;

- повна підтримка по всьому світу. Альфа Лаваль є глобальним постачальником і досвідченим партнером у сфері управління баластними водами, що пропонує повний спектр рішень як для суден, що будуються, так і для модернізації. Судноверфі та інжинірингові компанії можуть розраховувати на чітку та ретельну документацію, а також на експертні консультації. Судновласники мають доступ до широкомасштабної підтримки власності, включаючи повний спектр спеціалізованих послуг і угод для економічного спокою.

Біологічне знезараження баластних вод включає початкову стадію фільтрації, а потім посилену УФ-обробку в спеціально розробленому реакторі. Обидві ступені інтегровані в трубу баластної води як вбудовані компоненти (рис. 3,6, рис. 3.7).

Фільтр використовується під час баластних операцій, щоб заблокувати надходження більших організмів і зменшити кількість осаду в баластних танках. Під час дебаласту фільтр очищується за допомогою автоматичної зворотної промивки, використовуючи невелику частину системного потоку. Це не тільки покращує ефективність зворотного промивання, але й підвищує загальну ефективність фільтра за рахунок збільшення продуктивності. У поєднанні з реактором ефективна конструкція кошикового фільтра дозволяє обробляти прісну, солонувату та морську воду в умовах з низьким пропусканням УФ-променів.

					183.4271.04.KP	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

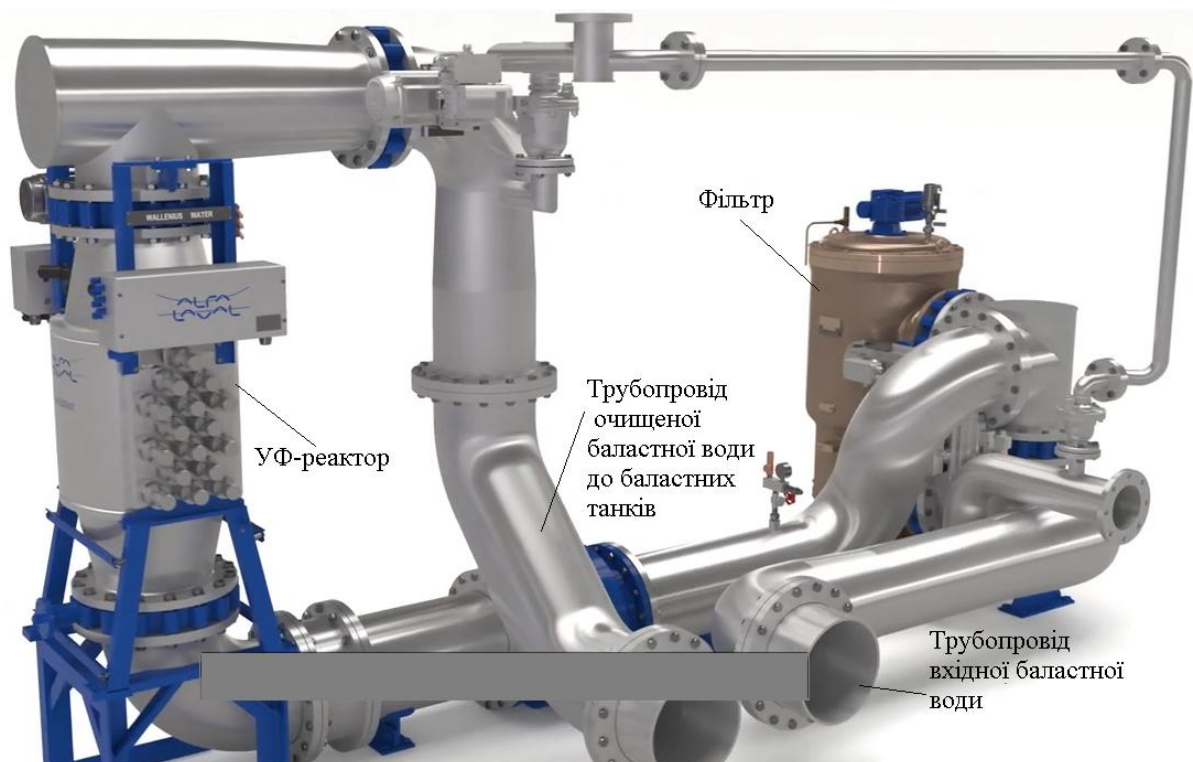


Рис. 3.6. Зовнішній вигляд системи PureBallast 3 Ex

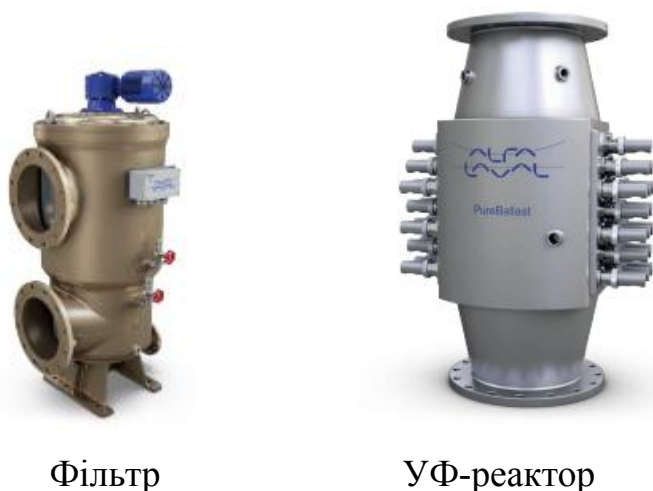


Рис. 3.7. Фільтр і УФ-реактор системи PureBallast 3 Ex

УФ-реактор. Стадія посиленої УФ-обробки відбувається в реакторі, який має оптимізовану для потоку внутрішню частину, що забезпечує високу турбулентність і концентрацію дози ультрафіолетового випромінювання. У лампах реактора використовуються спеціально розроблені гільзи для ламп із синтетичного кварцу. Вони підтримують передачу більш широкого спектру довжин хвиль, таким чином забезпечуючи більше ультрафіолетового світла під

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

час дезінфекції. Датчики температури та рівня всередині реактора забезпечують його безпеку. Конструкція реактора, яка спирається на технологію очищення води Wallenius, спеціально розроблена для морських застосувань. Конструкція реактора виконана з супераустиєнічної нержавіючої сталі, що забезпечує тривалий термін служби без корозії.

До додаткових компонентів системи, які можна гнучко розмістити для оптимального дизайну, відносяться: шафи приводу ламп, компактний пристрій очищення на місці (CIP), шафа керування (рис. 3.8).



Рис. 3.8. Додаткові компоненти системи PureBallast 3 Ex:

а – шафа приводу ламп; *б* – компактний пристрій очищення на місці (CIP); *в* – шафа керування

Шафа приводу ламп. Ультрафіолетові лампи поставляються в комплекті живлення від шафи приводу ламп, пов'язаної з реактором. Шафа фізично відокремлена від реактора і може бути розміщена на відстані до 150 м. Це економить місце в машинному відділенні та спрощує конструкцію систем PureBallast 3 Ex.

Компактний пристрій очищення ультрафіолетових ламп на місці (CIP). Ефективність ультрафіолетових ламп може знижуватися з часом в результаті забруднення робочої поверхні. На кварцових трубках ламп накопичуються відкладення карбонату кальцію та іонів металів, це блокує деякі види УФ-випромінювання та знижує якість обробки. Тому такі системи потребують регулярного обслуговування та очищення. В системі PureBallast 3 Ex ефективність ультрафіолетової лампи забезпечується циклом CIP, який

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

використовує нетоксичний і біологічно розкладаний миючий розчин для видалення будь-яких шкідливих накопичень. Таке накопичення не можна видалити, протираючи, оскільки це також може подрпати поверхню рукава.

Шафа керування. Шафа керування PureBallast 3 Ex оснащена графічним сенсорним інтерфейсом, який простий та інтуїтивно зрозумілий у використанні. Операцію можна запустити або зупинити одним дотиком. Система керування також може бути інтегрована з бортовими системами автоматизації через Modbus, що забезпечує доступ до всіх функцій через інтегровану суднову систему керування судном.

Допоміжне обладнання. Доступний широкий спектр допоміжного обладнання для підтримки інтеграції на будь-яке судноу, включаючи зворотні насоси, точки відбору проб, блоки клапанів і панелі дистанційного керування.

Етапи технології очищення баластних вод системою PureBallast наступні.

Баластування. Процес очищення баластних вод повністю автоматизований. Після запуску система проходить коротку послідовність запуску. Коли починається баластування, баластна вода, що надходить, спочатку проходить через ступінь фільтра, який видаляє будь-які більші організми та частинки, що покращує якість води для очищення. Ступінь фільтра корисна для роботи в каламутних прибережних водах і прісній воді.

Після фільтрації баластна вода продовжує проходити через ступінь УФ-реактора, де вона дезінфікується за допомогою посиленого ультрафіолетового випромінювання перед надходженням у баластні танки.

Після завершення баластування фільтр промивається свіжою водою, а для реактора запускається цикл очищення на місці (CIP). Цикл CIP слід виконати протягом 30 годин. Рееактор промивається свіжою водою на початку циклу CIP і заповнюється свіжою водою після його завершення.

Дебаластування. Процес дебаластування по суті такий самий, як і процес баластування. Однак під час видалення баласту етап фільтра пропускається, оскільки вода вже відфільтрована. Після виходу з баластних цистерн баластна вода, що виходить, проходить через УФ-реактор, щоб усунути будь-яке повторне зростання мікроорганізмів, яке могло статися під час транспортування.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Після знезараження до встановлених меж очищена баластна вода скидається в приймальну воду на місці дебаласту. Під час баластування та дебаластування використовується та сама послідовність запуску та зупинки, включаючи СІР.

Таким чином згідно основних характеристик танкера проекту RST27 (див. табл. 3.2) з продуктивністю баластних насосів 800 м³/год обрано систему управління баластними водами PureBallast 3 Ex з технічними показниками, які наведені в табл. 3.3, табл. 3.4.

Таблиця 3.3. Технічні характеристики систему управління баластними водами PureBallast 3 Ex для танкера проекту RST27

№ з/п	Показник	Значення показника
1	Продуктивність (витрата баласта)	1000 м ³ /год
2	Кількість УФ-ламп в реакторі	16 шт
3	Номінальний бактерицидний потік однієї УФ-лампи	75 Вт
4	Швидкість потоку води через УФ-камеру	0,5-3 м/с
5	Споживання енергії всієї системи	52 кВт (100 кВт при повному розгоні*)
6	Робочий тиск	Макс. 6 бар (опціонально до 10 бар)

* Споживання електроенергії можна збільшити для роботи з низькою прозорою водою з низьким пропусканням УФ.

Таблиця 3.4. Масогабаритні характеристики обладнання

Назва обладнання	Розміри (довжина × ширина × висота), мм	Маса, кг	Об'єм, л
УФ-реактор 1000 м ³ /год	1030×950×1500	400	190
Шафа приводу лампи	1350×610×2000	400	—
Компактний пристрій очищення УФ-ламп на місці СІР	740×870×1800	155	Max 250
Шафа управління	650×310×1100	50	
Фільтр 1000 м ³ /год	765×786×1753	1020	370

Внутрішня конструкція реактора повинна рівномірно розподіляти високі рівні УФ-випромінювання і створювати високу турбулентність у воді, що

проходить через нього, щоб забезпечити вплив концентрованої дози на всі організми. Доза опромінення ультрафіолетом комбінується потужністю ламп, відстанню між колбами з лампами та часом витримки. Швидкість потоку води, що проходить через ультрафіолетову камеру – не більше 0,5-3,0 м/с.

Оскільки досить часто баластні води мають значну каламутність, то коефіцієнт пропускання УФ-випромінювання може знижуватися. При цьому для формування надійної системи обробки використовують захисні трубки для ламп із синтетичного кварцу, які дозволяють передавати більш широкий спектр довжин хвиль та забезпечують високий рівень випромінювання для ефективного знезараження баластної води (рис. 3.9, рис. 3.10, 3.11).

Інтервали технічного обслуговування наступні: перевірка фільтра раз на рік; заміна лампи після 3000 годин роботи (безпечна та проста процедура, яка виконується за лічені хвилини); заміна рідини СІР, як правило, кожні 3-12 місяців.

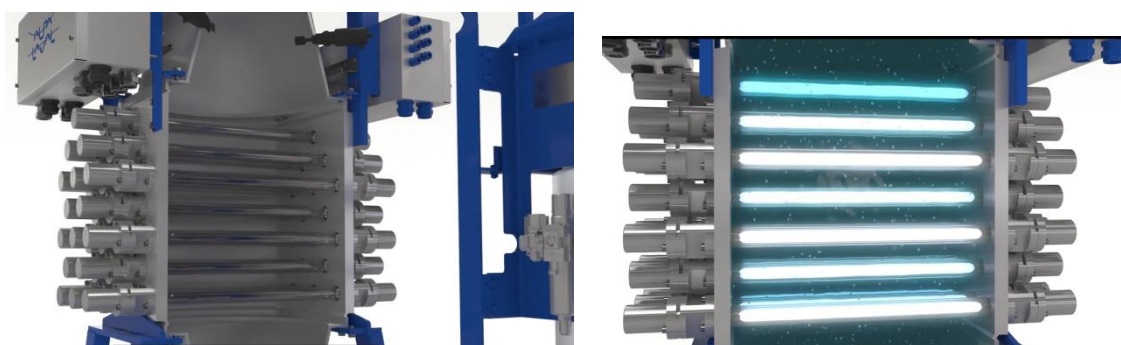


Рис. 3.9. Внутрішня будова і розташування ультрафіолетових ламп в УФ-реакторі системи PureBallast 3 Ex



Рис. 3.10. Ультрафіолетові лампи з кварцевими колбами у складі УФ-реактора

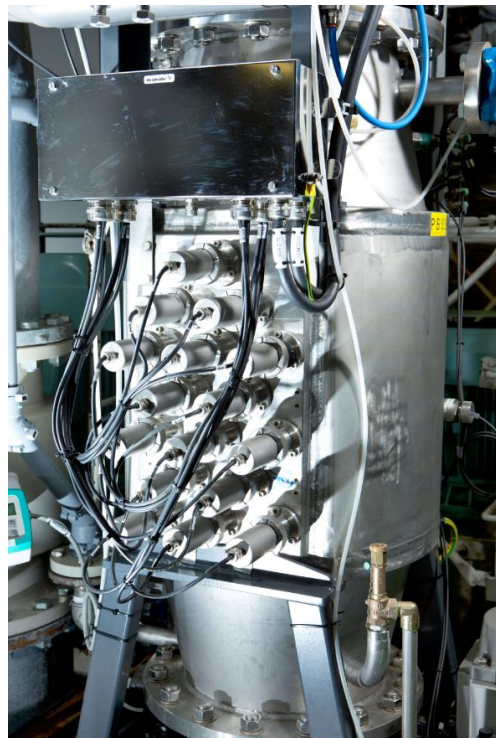


Рис. 3.11. Розміщення на борту судна в машинному відділенні системи управління баластними водами

Таким чином, при розгляді різних методів очистки суднових баластних вод треба відзначити ефективність системи обробки води за допомогою ультрафіолетового випромінювання за рахунок її максимальної безпеки для членів екіпажу та суднових конструкцій, високої продуктивності та можливості інтегрування на судна змішаного району плавання при невеликій площі розміщення, без значних конструктивних впливів на корпус судна та суднові системи. Також перевагами ультрафіолетового знезараження баластних вод є запобігання біологічних інвазій, відсутність негативного впливу хімічних реагентів, забезпечення екологічної безпеки та охорони морського середовища (рис. 3.12). При експлуатації даного обладнання якість знезараження баластних вод повністю відповідає стандарту D2 та вимогам Конвенції BWM 2004 року.

Однак, як і в будь-якій іншій технології очистки води, у процесі дезінфекції рідини ультрафіолетом є і ряд мінусів, які також необхідно брати до уваги при експлуатації таких систем. Недоліки процесу УФ знезараження води такі:

- значне зменшення ефективності методу у разі обробки каламутної та насиченої різними домішками рідини;
- відсутності ефекту «наслідку» – знезаражена вода може бути повторно насичена бактеріями внаслідок недотримання правильної комплексної технології очищення;
- необхідність у періодичному чищенні ртутних ламп від осаду та вапняного нальоту, що виникають при обробці жорсткої та каламутної води;
- необхідність попередньої тонкої фільтрації баластної води.

ПЕРЕВАГИ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРИ ОБРОБЦІ БАЛАСТНИХ ВОД В СИСТЕМІ PureBallast 3 Ex

Систему схвалено Міжнародною морською організацією. якість знезараження баластних вод повністю відповідає стандарту D2 та вимогам Конвенції BWM 2004 року

Екологічно чистий і безпечний процес очищення без участі хімікатів

Відсутність впливу на фізико-хімічні та органолептичні властивості води та повітря, не утворюються побічні продукти, немає небезпеки передозування

Повна обробка баластних вод навіть при коефіцієнті пропускання УФ-випромінювання до 42%

Швидка, енергоефективна технологія, низькі експлуатаційні витрати

Просте керування без застосування хімікатів з повною автоматизацією

Відсутність необхідності транспортування, зберігання та обробки небезпечних матеріалів та відходів

УФ обробка не викликає корозію металів, як це відбувається в системах з хімічною обробкою

УФ установки компактні і не вимагають спеціальних заходів безпеки. Обладнанню потрібно набагато менше місця в порівнянні з обладнанням, на якому використовуються хімічні препарати

Рис. 3.12. Переваги методу ультрафіолетового випромінювання для обробки баластних вод в системі PureBallast 3

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні положення

Охорона праці – це система забезпечення безпеки праці, збереження життя і здоров'я працюючих у процесі всієї їхньої трудової діяльності.

Охорона праці на сьогодні є однією з головних систем на підприємствах різного спрямування будь-яких форм власності. Дотримуючись елементарних правил безпечного виконання робіт і вимог охорони праці, роботодавець може домогтися істотного зниження виробничого травматизму, практично до 95%. Решту відсотка ймовірності складе людський фактор, від якого складно втекти. Саме таке процентне співвідношення випадків травматизму виникають через недотримання вимог охорони праці, як з боку роботодавця, так і з боку працівника.

Охорона праці містить у собі цілий комплекс заходів, що мають нормативно-правове забезпечення. До числа таких заходів належать організаційно-технічні, соціально-економічні, санітарно-гігієнічні та лікувально-профілактичні заходи.

При роботі у сфері охорони праці слід керуватися насамперед Законом України «Про охорону праці». Крім того, Конституцією України, Кодексом законів про працю України, Законом України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування», а також іншими нормативно-правовими актами, що регулюють відносини у сфері охорони праці, а також чинними міжнародними договорами, за згодою Верховної Ради України.

Роботодавець (судновласник) зобов'язаний забезпечити:

- наявність на судні системи управління охороною праці;
- регулярне інспектування робочих місць на судні, від технічного стану яких залежить здоров'я і безпека членів екіпажу;

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

- виявлення, оцінку ризиків, управління ними на судні, інформування про них членів екіпажу судна;
- безпеку членів екіпажу судна під час експлуатації суднового обладнання, інструментів і виконання суднових робіт;
- наявність на судні підготовленої в установленому порядку особи з надання першої медичної допомоги та особи зі здійснення медичного догляду
- догляду відповідно до національних і міжнародних вимог;
- організацію контролю за станом умов праці на робочих місцях, а також за правильним застосуванням членами екіпажу судна засобів індивідуального та колективного захисту;
- здійснення санітарно-побутового та лікувально-профілактичного обслуговування членів екіпажу судна відповідно до вимог охорони праці;
- розгляд пропозицій, що надходять від екіпажу судна про заходи щодо створення безпечних умов праці;
- наявність необхідних документів з охорони праці;
- організацію роботи суднових комітетів (комісій) з охорони праці (за їх наявності);
- розробку технологічних карт або інструкцій з безпечного виконання характерних небезпечних суднових робіт;
- навчання з охорони праці та перевірку знань вимог охорони праці капітана судна, осіб командного складу і членів екіпажу судна.

Особа командного складу, призначена капітаном судна відповідальною за організацію робіт з охорони праці на судні, зобов'язана:

- вести судову документацію системи управління охороною праці;
- спільно з керівниками суднових служб складати заявки на забезпечення членів екіпажу судна спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту;
- брати участь спільно з керівниками суднових служб і членами суднового комітету (комісії) з охорони праці (за його наявності) в перевірках стану охорони праці на робочих місцях членів екіпажу судна;

					183.4271.04.KP	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- брати участь у роботі судового комітету (комісії) з охорони праці;
- брати участь у роботі комісії з розслідування нещасних випадків, оформляти документи з розслідування нещасних випадків.

4.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при виконанні робіт на борту судна

На членів екіпажу судна в процесі виконання судових робіт можуть впливати небезпечні (такі, що спричиняють травми) і шкідливі (такі, що спричиняють захворювання) виробничі фактори. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяють на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

Шкідливими виробничими факторами для здоров'я плавскладу є підвищена або знижена температура повітря робочої зони; високі вологість і швидкість руху повітря; підвищені рівні шуму, вібрацій. До шкідливих виробничих факторів належать також запиленість і загазованість повітря робочої зони; недостатня освітленість робочих місць, проходів і проїздів; підвищена яскравість світла і пульсація світлового потоку.

До небезпечних і шкідливих факторів судового середовища, які можуть негативно впливати на екіпаж судна, належать: хімічні речовини (пил і газ), вібрації та шуми, шкідливі випромінювання, електричний струм, кліматичні впливи довкілля (знижена або підвищена температура, опади тощо).

Тому керівник судових робіт зобов'язаний проінструктувати учасників робіт щодо безпечного їх виконання, забезпечити необхідними пристосуваннями та інструментом, захисними й страхувальними пристроями, ЗІЗ; пересвідчитись у знанні учасниками робіт правил безпеки та вмінні користуватися захисними, страхувальними пристроями.

					183.4271.04.KP	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Вимоги техніки безпеки при виконанні робіт на борту судна

Безпека праці на суднах транспортного, технічного флоту має свої характерні особливості, які полягають у тому, що безпечні умови праці суднового екіпажу залежать як від правильності дій кожного члена, так і від суворого виконання посадових обов'язків усіма членами суднового екіпажу. Тому для забезпечення виробничої безпеки на суднах насамперед має бути звернена увага на комплектування суднових команд.

До роботи на суднах допускаються особи не молодше 18 років, придатні за станом здоров'я і які мають відповідну професійну підготовку, що має бути підтверджено відповідними дипломами та посвідченнями.

Відповідальність за безпеку екіпажу і судна загалом покладено на капітана, а машинної команди і суднової силової установки - на головного механіка судна. Комсклад, проходячи атестацію, складає іспити з виробничої безпеки. Особи, які не склали цього іспиту, до заняття командних посад на суднах не допускаються.

Рядові члени суднового екіпажу, яких направляють знову для роботи на судні, повинні попередньо пройти вступний інструктаж з охорони праці. Після прибуття на судно новий член суднового екіпажу під керівництвом капітана або головного механіка ознайомлюється з характером майбутньої роботи та отримує від них безпосередньо на робочому місці інструктаж з безпечних прийомів праці.

Капітан або механік визначають, у складі якої вахти працюватиме новоприбулий, і встановлюють його обов'язки під час оголошення тривоги «людина за бортом», «пожежної» і «водяної». Після перевірки знань новоприбулий може бути допущений до виконання своїх обов'язків.

Періодично, але не рідше одного разу на рік, судновий екіпаж проходить за 6-10 годинною програмою навчання безпечних методів виконання суднових і забортних робіт з обов'язковим складанням іспиту спеціальною комісією. Усім членам суднового екіпажу зобов'язано: вміти керувати шлюпкою, добре плавати, знати практичні прийоми порятунку потоплюючих.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Справність і придатність до експлуатації корпусу, машин, механізмів, суднових систем і пристроїв та всього суднового устаткування засвідчуються відповідними документами інспекції Регістру і службами суднового господарства (механіко-судновими службами) пароплавства. Для кращого технічного обслуговування і підвищення відповідальності за справний технічний стан усе обладнання на судні закріплюється за певними членами екіпажу, які несуть персональну відповідальність за їхній технічний стан.

Детальну перевірку технічного стану як судна загалом, так і всіх його машин, механізмів, пристроїв, житлових і службових приміщень проводить капітан спільно з головним механіком не рідше ніж один раз на тиждень.

Капітан, а по машинному відділенню спільно з головним механіком, зобов'язаний особисто проводити ретельне розслідування на місці кожного нещасного випадку. Про нещасні випадки складається за встановленою формою акт і надсилається судновласнику. Після з'ясування і вивчення причин кожного нещасного або аварійного випадку капітан і головний механік повинні організувати проведення відповідних заходів, що унеможливляють повторення подібних випадків у майбутньому.

Основними заходами щодо забезпечення безпеки праці екіпажу, що проводяться на судні в період його експлуатації, є:

- утримання судна і суднового обладнання відповідно до вимог безпеки праці та санітарних правил для суден річкового флоту;
- забезпечення суворого виконання вимог, норм, правил та інструкцій з безпеки праці, експлуатації та технічного обслуговування механізмів і пристроїв;
- навчання та інструктаж з безпечних методів і способів праці;
- суворе застосування засобів захисту працюючих від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів і застосування страхувальних засобів.

Усі люди, які перебувають на судні, мають бути захищені від впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників, що загрожують здоров'ю і життю людей (висока температура, електричний струм, отруйні речовини, шум, вібрація, електромагнітні поля та ін.). Усі робочі місця і шляхи сполучення

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

мають бути освітлені відповідно до чинних норм. Необхідно захищати людей від впливу статичної електрики.

Конструкція всіх пристроїв повинна забезпечувати їх безпечне, легке обслуговування, має бути передбачений зручний доступ до обладнання для проведення технічних оглядів, ремонту і технічного обслуговування. Зовнішні частини суднових конструкцій не повинні мати гострих кромek і кутів. Якщо виступаючі частини обладнання звернені до проходу, то необхідно передбачати конструктивні заходи безпеки. Усі конструктивні елементи, вузли, механізми, поверхня яких має високу температуру, крім того, всі частини, що обертаються і рухаються, повинні мати огороження і бути закриті кожухами.

Органи управління всіх пристроїв мають бути сконструйовані так, щоб унеможливити випадкове їх увімкнення. У всіх електричних, гідравлічних та інших механізмах, що мають додатковий ручний привід, також необхідно унеможливити випадкове увімкнення під час роботи механізму або його запуску.

Усі відкриті прорізи, люки мають бути огорожені, леєрні огороження корпусу судна, усіх трапів мають бути безперервними.

Усі види суднових робіт повинні проводити відповідно до Правил охорони праці на суднах морського і річкового флоту, інструкцій з охорони праці для всіх професій рядового складу, інструкцій заводів-виготовлювачів з обслуговування встановлених на судні механізмів, устаткування і пристроїв.

Виконання правил та інструкцій обов'язкове для всіх. Відступ від них допустимий лише у виняткових випадках – аварійні роботи з порятунку судна, людей, надання допомоги судну, яке зазнало лиха, - при цьому мають бути вжиті всі необхідні і можливі заходи безпеки. Під час експлуатації та обслуговування механізмів, крім того, слід керуватися правилами технічної експлуатації та заводськими інструкціями з обслуговування цього механізму.

Кожен член команди має право обслуговувати тільки ті механізми і пристрої, які передбачені для займаної ним посади Статутом служби на суднах внутрішнього водного транспорту, посадовими інструкціями та окремими розпорядженнями капітана і механіка.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Будь-які роботи на судні, перехід з одного робочого місця на інше під час руху виконують тільки з відома і дозволу вахтового начальника, до нього ж слід звернутися в разі будь-якої неясності. У всіх випадках не можна без його дозволу входити в приміщення румпельного пристрою, валовий тунель, спускатися в кофердами, цистерни, подвійне дно. Під час шторму в разі заливання палуби водою всі роботи і переходи по ній допускаються тільки за розпорядженням вахтового начальника або капітана. При цьому мають бути надіті страхувальний жилет і запобіжний пояс зі страховим кінцем.

Правильна організація робочого місця під час суднових робіт забезпечує їхню безпеку, покращує умови праці та підвищує її продуктивність.

Основні вимоги безпеки до робочого місця під час палубних робіт:

- біля місця робіт повинні перебувати тільки люди, які беруть у них участь;
- робоче місце має бути обладнане необхідними захисними і запобіжними пристроями і пристосуваннями;
- робоче місце не можна захаращувати вантажем і речами, слід утримувати його в чистоті та порядку; особливо ретельно необхідно стежити за проходами на палубі;
- палубні механізми не дозволяється захаращувати вантажем та іншими предметами; до них завжди повинні бути вільні підходи, а за необхідності - огорожені майданчики для обслуговування;
- усі відкриті рухомі частини палубних механізмів мають бути закриті міцно укріпленими знімними огороженнями;
- працювати без огорожень забороняється;
- залишати працюючі механізми або обладнання (за винятком автоматичних) без нагляду і вмикати несправні забороняється; у разі виявлення несправності механізм треба негайно зупинити і доповісти про це вахтовому начальнику;
- для роботи на висоті необхідно влаштовувати надійні підмостки, рештування;

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

- користуватися випадковими опорами, ненадійними драбинами забороняється;
- робоче місце і проходи на палубі мають бути добре освітлені природним або штучним світлом;
- палубу, трапи слід утримувати чистими;
- пролите паливо або мастила необхідно негайно витерти насухо.

Особливої уваги потребує огороження небезпечних місць. При тимчасовому знятті поручнів і трапів або при відкритті (для виробничих цілей) горловин, люків та інших небезпечних Місць їх негайно огорожують леєром і позначають чіткими попереджувальними написами. Уночі небезпечні місця яскраво освітлюють. Під час ремонту судна необхідно остерігатися відкритих не закладених місць у палубі. Особливо ретельно потрібно готувати робоче місце в осінньо-зимовий період, у разі обмерзання палуби і трапів.

Члени екіпажу під час заступлення на вахту (перед початком робіт) мають бути проінструктовані вахтовим начальником (керівником робіт). До керування палубними механізмами допускають навчених працівників, які вводять механізми в дію тільки за командою вахтового начальника. Під час роботи потрібно бути гранично уважним, не можна вести сторонні розмови, відволікатися самому і відволікати товаришів.

На суднових роботах члени екіпажу зобов'язані користуватися спецодягом, робочими рукавицями, спецвзуттям і запобіжними пристосуваннями. Одяг має бути застебнутий на всі гудзики, а взуття зашнуроване. При виконанні палубних робіт, переході із судна на судно під час руху необхідно одягнути страхувальний жилет.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

ВИСНОВКИ

1. В умовах активного розвитку судноплавства однією з важливих проблем у сфері охорони морського середовища є біологічне забруднення водних екосистем, яке виникає в результаті перенесення чужорідних видів організмів з судновими баластними водами. У ряді випадків шкода навколишньому середовищу від інвазивних видів значно перевищує негативні наслідки від інших антропогенних впливів.

2. Під час вибору системи обробки баластних вод необхідно враховувати такі основні критерії: ефективність знешкодження організмів у баластних водах; забезпечення охорони навколишнього середовища; безпека для екіпажу та судна; оптимальність співвідношення вартості до ефективності використання; простота встановлення та експлуатації; можливість встановлення систем з урахуванням архітектурно-конструктивних обмежень (наявність місця на борту судна).

3. З метою контролю якості баластних вод на судах, видалення та знешкодження патогенних організмів можливе використання різних фізичних, хімічних, механічних та біологічних методів окремо або в комплексі. Сучасні системи обробки суднового баласту є сукупністю різних технічних складових, що включають роботу кількох основних блоків: механічної фільтрації та дезінфекції. Процес дезінфекції баластних вод для остаточного знищення мікробів та вірусів, а також знешкодження рослин може відбуватися за допомогою різних способів: обробки ультрафіолетом, електролізу, озонування, хлорування тощо або комбінації двох чи більше методів. Такі способи дезінфекції, як використання фізичного методу обробки ультрафіолетовими хвилями або хімічного методу хлорування, є наразі найбільш затребуваними

4. Враховуючі переваги методу обробки баластних вод ультрафіолетом виконано розрахунок та проведено обґрунтування вибору системи управління баластними водами для судна проекту RST27 – танкера-продуктовоза морського та змішаного типу (річка - море) плавання. За сукупністю експлуатаційних і техніко-економічних причин визначено найкращі методи знешкодження

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

водяного баласту – механічний (фільтрація) і метод фізичного впливу (ультрафіолетове випромінювання). Саме використання ультрафіолетового випромінювання для цієї мети можливе не тільки в морських, а й у прісних водах. З урахування сумарної продуктивності баластних насосів на танкері, що становить $Q_p = 800 \text{ м}^3/\text{год}$, розраховано необхідний бактерицидний потік ультрафіолетових ламп, який дорівнює 1194 Вт, та необхідну кількість УФ-ламп – 16 штук.

5. За результатами розрахунків обрано систему управління баластними водами на танкері, а саме обладнання шведської компанії Alfa Laval «PureBallast 3 Ex». Це автоматизоване вбудоване рішення для біологічної дезінфекції баластної води. Система забезпечує економію місця до 20% порівняно з ідентичним обладнанням інших компаній. Обладнання PureBallast 3 Ex схвалено Міжнародною Морською організацією та призначено для управління баластними водами в будь-якій солоності води – прісній, солонуватій і морській. Завдяки вдосконаленій УФ-технології та можливостям збільшення потужності, PureBallast 3 Ex забезпечує високу ефективність дезінфекції баластних вод з низьким рівнем прозорості. Можлива повна обробка потоку, де коефіцієнт пропускання ультрафіолетового випромінювання становить лише 42%. Продуктивність УФ-реактора (витрата баласту) – $1000 \text{ м}^3/\text{год}$.

6. Таким чином, при розгляді різних методів очистки суднових баластних вод треба відзначити ефективність системи обробки води за допомогою ультрафіолетового випромінювання за рахунок її максимальної безпеки для членів екіпажу та суднових конструкцій, високої продуктивності та можливості інтегрування на судна змішаного району плавання при невеликій площі розміщення, без значних конструктивних впливів на корпус судна та суднові системи. Також перевагами ультрафіолетового знезараження баластних вод є запобігання біологічних інвазій, відсутність негативного впливу хімічних реагентів, забезпечення екологічної безпеки та охорони морського середовища. При експлуатації даного обладнання якість знезараження баластних вод повністю відповідає стандарту D2 та вимогам Конвенції BWM 2004 року.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аналіз екологічної складової у міжнародних багатосторонніх конвенціях. Екологія. Право. Людина. URL: <https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2022/11/Zbirnyk1411.pdf>
2. Базова оцінка екологічного стану морського середовища України. URL: https://sea.gov.ua/uploads/Initial_Assesment.pdf.
3. Балобанов О., Пальченко А. Основні заходи та захист морського середовища від забруднення, забезпечені міжнародним та національним законодавством України. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право*. 2021. № 68. С. 253–258.
4. Берлінський М.А., П'ятакова В.Ф. Екологічні аспекти регіональної океанографії: конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2022. 84 с.
5. Волошин А.О. Контроль та управління баластними водами. SWorld – April 2018. The practical significance of modern scientific research, 2018. URL: <https://www.sworld.com.ua/konferua9/21.pdf>.
6. Голінько В.І. Основи охорони праці : підручник. Дніпро: НГУ, 2014. 272 с.
7. Голубятников М. І. Захист водойм від забруднення під час судноплавства / М. І. Голубятников / Одеса: Фенікс, 2009. - 430 с.
8. Горбов В.М., Мітенкова В.С. Аналіз техніко-економічних показників при виборі систем обробки баласту. *Морський та річковий транспорт*. 2014. № 2 (11). С. 28–38.
9. Горбов В.М., Ратушняк І.О., Трушляков Є.І., Чередниченко О.К. Суднова енергетика та Світовий океан : підручник. Миколаїв : НУК, 2007. 596 с.
10. Державні санітарні правила і норми скидання з суден стічних, нафтоутримуючих, баластних вод і сміття у водоймища ДСанПІН 199-97. Наказ міністерства охорони здоров'я України № 199, 09.07.1997. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0199282-97#Text>.
11. Загоруйко Д.А., Літвак О.А. Переваги застосування методу обробки судових баластних вод ультрафіолетовим випромінюванням. *Technologies and strategies for the implementation of scientific achievements: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the IV International Scientific and Theoretical*

					183.4271.04.KP	Арк. 78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Conference, November 10, 2023. Stockholm, Kingdom of Sweden: International Center of Scientific Research. 2023. P. 104-106.

12. Звягінцева Д.С. Судноплавство як фактор забруднення морського середовища. URL: <https://dspace.onua.edu.ua/server/api/core/bitstreams/9c5232c3-43f1-48c7-9929-82e94498874c/content>.
13. Єгоров Г.В., Тонюк В.І. Особливості серії «надповних» танкерів змішаного ріка-море плавання проекту RST27. *Вісник НУК імені адмірала Макарова*. 2013. № 4. URL: <http://evn.nuos.edu.ua/article/view/28195>.
14. Єлізаров О.П. Особливості міжнародно-правової регламентації захисту морського середовища. *Юридична наука*. 2011. № 2. С. 205–210.
15. Карпюк З. Біологічне забруднення морів Світового океану. *Veda A Perspektivy*. 2022. № 8(15). С. 148–160.
16. Конвенція Організації Об'єднаних націй з морського права 1982 року. База даних «Законодавство України». URL: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/896_009.
17. Крамаренко Л. В. Спецкурс по очищенню природних вод. Харків: ХНАМГ, 2010. 122 с.
18. Леонов В.Є., Єрмоленко Я.В. Спосіб знешкодження судових баластних вод Патент України на корисну модель № 99354. 25.05.2015. Бюл. №10.
19. Літвак С.М., Літвак О.А. Природоохоронні аспекти впровадження системи обробки баластних вод на борту судна. *Інновації в суднобудування та океанотехніці*: матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції, 27-28 жовтня 2022 р., Миколаїв. : НУК імені адмірала Макарова, 2022. С. 253–255.
20. Мельник О.М., Волошин А.О., Онищенко О.А., Логінов О.В., Щебрина О.В. Огляд процесу модернізації та оснащення суден системами очищення баластних вод. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2022. № 5. Т. 33(72). С. 299-304.
21. Мельник О.М., Онищенко О.А., Волошин А.О., Калініченко Є.В., Заяц С.В. Огляд основних механізмів управління енергоефективністю та контролю за викидами з морських суден. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2021. № 197. С. 121–129.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

22. Міжнародна конвенція по запобіганню забрудненню з суден 1973 року. База даних «Законодавство України». URL: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/896_009.
23. Міжнародна конвенція про контроль суднових баластних вод й осадів та управління ними 2004 року. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/896_050#Text.
24. Морська природоохоронна стратегія України. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 11.10.2021 № 1240-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1240-2021-%D1%80#top>.
25. Набула чинності Міжнародна конвенція про контроль суднових баластних вод й осадів та управління ними (BWM 2004). 2017. Офіційний сайт Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України. URL: <https://mtu.gov.ua/news/29103.html>.
26. Охорона праці і пожежна безпека. URL: <https://oppb.com.ua/kategoriyi-statey/ohorona-praci>.
27. Охорона праці на судах. URL: https://vuzlit.com/150732/ohorona_pratsi_na_sudnah.
28. Перспективні світові наукові та технологічні напрями досліджень у сфері «Морські ресурси»: монографія. / Т. Кваша, О. Паладченко, І. Молчанова. Київ: УкрІНТЕІ, 2020. 110 с.
29. Порівняльна оцінка енергетичної ефективності способів обробки баластних вод / Горбов В.М., Мітенкова В.С., Тимофеева А.С. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. 2013. № 1 (8). 35–44.
30. Правила охорони внутрішніх морських вод і територіального моря від забруднення та засмічення. Постанова Кабінету Міністрів України від 29.02.1996 № 269 (чинна редакція від 29.01.2020).
31. Семенов А.О., Попов С.В., Сахно Т.В., Тарасенко Д.С. Ультрафіолет: сфери використання та джерела випромінювання. Монографія. Полтава: ПП «Астроя», 2023. 190 с.
32. Технологія та обладнання одержання питної та технічної води: Практикум (Частина 2). / Н.М. Толстопалова, М.І. Літинська, Т.І. Обушенко, І.М. Астрелін, О.В. Сангінова. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 181 с.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

33. Управління баластними водами на судах: навчально-методичний посібник / В.Г. Торський, А. И. Сагайдак, В. І. Любченко. Одеса : Астропринт, 2012. 272 с.
34. Шемшученко Ю.С. Охорона морського середовища. К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2022.URL: <https://esu.com.ua/article-77302>.
35. Ярова А. Відповідальність держав за забруднення морського середовища. *Національний юридичний журнал: теорія і практика*. Грудень 2015. С. 259–264.
36. Alfa Laval PureBallast 3 Compact Flex. URL: https://www.alfalaval.com/globalassets/documents/microsites/pureballast/pdf/2022/pureballast-3-compact-flex-pd-leaflet_en-updated.pdf.
37. Ballast Water Management. International Maritime Organization. URL: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/BallastWaterManagement.aspx>
38. Ballast Water Treatment System Installation Design. NAVALISTA. URL: <https://navalista.com/en/bwts.html>.
39. Ballast Water Treatment. URL: <https://www.zeppelin-ballastwatertreatment.com/index.html>.
40. Ballast Water Record Book. Witherby Publishing Group. 2017.
41. Batista W.R., Fernandes F.C., Lopes C.C., Lopes R.S., Miller W., Ruiz G. Which ballast water management system will you put aboard? *Remn Anxieties Mini-Rev Environ*. 2017. 4(3):54.
42. Costello C., Drake J. M., Lodge D. M. Evaluating an invasive species policy: ballast water exchange in the Great Lakes. *Ecological Applications*. 2007. 17. P.655–662.
43. Cvetković M., Kompare B., Klemenčič K.A. et al. Application of hydrodynamic cavitation in ballast water treatment. *Environmental Science and Pollution Research*., 2015. Vol. 22. № 10. P. 7422–7438.
44. Emerging Ballast Water Management Systems. / Proceedings of the IMO-WMU Research and Development Forum 26–29 January 2010. Malmö, Sweden, 2010. 322 p.
45. Flower J. On continuous-flow techniques for the purging of contaminated water in ballast water tanks . *Journal of Marine Engineering and Technology*. 2002. № A1. P. 37–47.
46. Global Maritime Transport and Ballast Water Management: Issues and Solutions Matej David, Stephan Gollasc 303 с.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

47. HYDE MARINE. URL: <https://www.hydemarine.com/>.
48. How Ballast Water Treatment System Works? URL: <https://www.marineinsight.com/tech/how-ballast-water-treatment-system-works/>.
49. International Maritime Organization. Status of convention. URL: <http://www.imo.org/en/About/Conventions/StatusOfConventions/Pages/Default.aspx>.
50. JFE Ballast Water Management System / Okamoto Yukihiro, Aoki Satoru, Fuchigami Koji / JFE TECHNICAL REPORT. 2011. № 16. 8 p.
51. Jung Y.J., Yoon Y., Pyo T.S. et al. Evaluation of disinfection efficacy and chemical formation using MPUV ballast water treatment system (GloEn-Patrol). *Environ. Technol.* 2012. № 9. P. 1953–1961.
52. Making sense of ballast water management. A guide to international ballast water regulations and compliance alternatives. Alfa Laval. URL: <https://assets.alfalaval.com/documents/p7181fe30/alfa-laval-making-sense-of-ballast-water-management-product-brochure-en-lowres.pdf>.
53. Olsen RO, Hoffmann F, Hess-Erga OK, Larsen A, Thuestad G, Hoell IA. Ultraviolet radiation as a ballast water treatment strategy: Inactivation of phytoplankton measured with flow cytometry. *Mar Pollut Bull.* 2016 Feb 15;103(1-2):270-275.
54. PureBallast 3. Alfa Laval. URL: <https://www.alfalaval.ua/products/process-solutions/ballast-water-treatment-system/pureballast-3/>
55. Quilez B.G., Mc Collin T., Josefsen K.D. et al. On board short-time high temperature heat treatment of ballast water: a field trial under operational conditions. *Mar. Pollut. Bull.* 2008. № 1. P. 127–135.
56. Raunek K. How Ballast Water Treatment System Works? Marine Insight. Marine Technology, June 18, 2021. URL: <https://www.marineinsight.com/tech/how-ballast-water-treatment-system-works/>.
57. Special ballast water exchange requirements in Iranian ports. GREEN4SEA. 2016. URL: <http://www.green4sea.com/special-ballast-water-exchange-requirements-in-iranian-ports/>.
58. Status of ratifications of the Ballast Water Management Convention. *United Nations Treaty Collection.* 2020.

					183.4271.04.KP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

59. Sheehan E. Anti-bacterial silver coatings on orthopaedic metals – an in vitro and animal study / Sheehan E., J McKenna; D Dowling; D McCormack; P Marks; and J M Fitzpatrick. *Journal of Bone and Joint Surgery - British Volume*. 2003. Vol. 85-B, Issue SUPP II. P.141.
60. Technical description of GloEn-Patrol TM Ballast Water Management System / PANASIA CO.,LTD. 2011. 13 p.
61. Ultrasonic Ballast Water Disinfection. Hielscher URL: <https://www.hielscher.com/ultrasonic-ballast-water-disinfection.htm>
62. Understanding ballast water management. Lloyd's Register. 2017.
63. Werschkun B, Höfer T, Greiner M (eds) Emerging risks from ballast water treatment. Federal Institute for risk assessment, 2012. URL: <https://www.bfr.bund.de/cm/350/emerging-risks-from-ballast-water-treatment.pdf>.
64. Wright D.A., Welschmeyer N.A., Peperzak L. Alternative, indirect measures of ballast water treatment efficacy during a shipboard trial: a case study. *Journal of Marine Engineering & Technology*. 2015. Vol. 14. Is. 1. Pp. 1–8.
65. Yongming S., Shuhong S. The study of ships ballast water replacement monitoring at sea based on MCU. *Procedia Environ Sci*. 2012. №12. P. 199–205.
66. Yongxin Song, Kun Dang, Huafang Chi, Delin Guan. Corrosion of marine carbon steel by electrochemically treated ballast water. *Journal of Marine Engineering and Technology*. 2009. № A13. P. 49–55.
67. Zhang Y., Bai M., Chen C. et al. OH Treatment for Killing of Harmful Organisms in Ship's Ballast Water with Medium Salinity Based on Strong Ionization Discharge. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*. 2013. Vol. 33. № 8. P. 751–763.