

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ**

# **ВОДНИЙ ТРАНСПОРТ**

**Збірник наукових праць**

**випуск 3(34)**

**Київ  
2021**

**Водний транспорт.** Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. – К.: ДУІТ, 2021. – Випуск 3(34). – 182 с. <https://doi.org/10.33298/2226-8553/2021.3.34>

У збірнику публікуються матеріали, що відображають наукову й методичну роботу викладачів і аспірантів Державного університету інфраструктури та технологій, фахівців підприємств і організацій водного транспорту.

Більшість публікацій присвячена проблемам галузі експлуатації засобів водного транспорту, зокрема, розглядаються питання інфраструктури, технологій та організації транспортних процесів, впровадження сучасних технологій, математичного моделювання, екологічної безпеки, економічних аспектів діяльності річкового та морського транспорту й якісної підготовки фахівців з даного напрямку.

Збірник має чотири тематичні розділи: «Судноводіння та енергетика суден», «Методика навчання», «Інформаційні технології», «Екологічна безпека».

Засновник: Державний університет інфраструктури та технологій

Адреса редакції: вул. Кирилівська, 9, Київ, Україна, 04071

Телефон: +38(044) 482-51-38; +38(050) 398-47-96

E-mail редакції: [duit@duit.edu.ua](mailto:duit@duit.edu.ua); інформаційний сайт: <http://vt.duit.edu.ua>

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор.

**Головний редактор** – доктор технічних наук, професор Тимошук О.М.

#### **Редакційна колегія:**

Богом'я В.І., заслужений винахідник України, д.т.н., професор (заступник головного редактора, ДУІТ); Єлезаров О.П., к.ю.н., доцент (ДУІТ); Сьомін О.А., к.т.н (ДУІТ); Горобченко О.М., д.т.н., професор (ДУІТ); Дубинець О.І., д.т.н., професор (ДУІТ); Фомін О.В., д.т.н., професор (ДУІТ); Ганношина І.М., к.т.н., доцент (ДУІТ); Скляренко І.Ю., к.пед.н., доцент (ДУІТ); Сагін С.В., д.т.н., професор (Одеська національна морська академія); Сербін С.І., д.т.н., професор (Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв); Соломенцев О.В., д.т.н., професор (Національний авіаційний університет, Київ); Варбанець Р.А., д.т.н., професор (Одеський національний морський університет); Тихонов І.В., д.т.н., с.н.с., к.д.п. (ДУІТ); Кравченко Ю.В., д.т.н., професор (Київський національний університет імені Т.Г. Шевченко); Оніщенко О.А. д.т.н., професор (Одеська національна морська академія); Шаріфов З. З., д.т.н., професор (Азербайджанська морська державна академія); Гафаров А. М., д.т.н., професор (Міністерство з надзвичайних ситуацій Азербайджана); Мамедов А.Т., д.т.н., професор (Азербайджанський технічний університет); Прієднієкс В. Р., д.т.н., професор (Латвійська морська академія); Діасамідзе М. Р., д.т.н., професор (Батумська державна морська академія).

*Відповідальний секретар редколегії – Левченко О.В. к.е.н., доцент (ДУІТ)*

**Підписано до друку за рекомендацією Вченої ради Державного університету інфраструктури та технологій (протокол № 4 від 14 грудня 2021 р.)**

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 23216-13056ПР від 23.02.2018 р.

Збірник включено до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б», спеціальності – 271, 275), у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата з технічних наук (Наказ Міністерства освіти і науки України від 28.12.2019 № 1643).

## ЗМІСТ

### СУДНОВОДІННЯ ТА ЕНЕРГЕТИКА СУДЕН

<b>Давидов В.С., Доронін В.В., Сп'ян О.М., Алєйніков М.В.</b> Комплексний підхід до забезпечення навігаційної безпеки плавання великогабаритних контейнеровозів на циркуляції в мілководних районах.....	5
<b>Тараненко С.В., Кириченко О.С., Колесник В.В., Костюченко В.І., Пріступа С.В., Пастух О.В., Голубєва С.М.</b> Моделювання стаціонарного теплового поля струмопровідних шин судових ГРЩ.....	13
<b>Бажак О.В., Урум Н.С., Іваненко В.М., Федунів В.М.</b> Забезпечення протипожежної безпеки на морському транспорті.....	22
<b>Сорока В.В.</b> Контроль та оцінювання стану підшипників судового валопроводу.....	31
<b>Майданевич С. Б., Тимощук О.М.</b> Суб'єкти та принципи міжнародного морського права.....	39
<b>Майданевич С.Б., Ганношина І.М., Зазірний А.А.</b> Концептуально-теоретичні засади міжнародного морського права.....	48
<b>Шапіро Г.В., Горалік Є.Т.</b> Моделі та метод формалізації навігаційної обстановки для автоматизації процесів судноводіння.....	57
<b>Бойко А. Д., Горалік Є.Т.</b> Розробка математичної моделі сумарних витрат на впровадження заходів для запобігання і ліквідації очікуваного збитку від аварійних морських подій.....	67
<b>Гаценко Л.В., Федотов Е.Г.</b> Метод синтезу вимірювальних сигналів на основі трикутної час-імпульсної модуляції для контролю технічного стану радіоелектронних систем засобів водного транспорту.....	73
<b>Левченко О. В.</b> Синтез варіантів дій судноводія у небезпечних ситуаціях з урахуванням часових та ресурсних обмежень у судових СППР.....	89
<b>Постніков Є.Є.</b> Модель динаміки плавучої буксируємої платформи на хвилюванні.....	99

### МЕТОДИКА НАВЧАННЯ

<b>Отич О.М.</b> Основні форми професійного розвитку науково-педагогічних працівників в Україні.....	107
<b>Сокол А.О.</b> Вплив тривалості рейсу на психоемоційний стан членів екіпажу судна.....	153

<b>Лопатюк С.П., Серова Т.О.</b> Сучасні тенденції екологічної освіти.....	<b>123</b>
<b>Іваненко В.М., Федунів В.М.</b> Методика оцінювання адекватності поведінкових реакцій судноводія при несенні вахти.....	<b>129</b>
<b>ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ</b>	
<b>Павленко М. А., Фльора А. С., Коломієць Д. Л., Семенюк М. О.</b> Метод управління навантаженням на критичні вузли бездротових мереж.....	<b>138</b>
<b>Бажак О. В.</b> Удосконалення методу оцінки показників надійності обладнання засобів водного транспорту.....	<b>148</b>
<b>Завітаєв В.Л.</b> Методи розміщення максимальної кількості вантажу на суховантажних суднах.....	<b>160</b>
<b>Завітаєв В.Л., Горалік Є.Т., Федотов В.Г.</b> Забезпечення допустимого температурного рівня форсованих суднових дизелів з використанням наноматеріалів.....	<b>167</b>
<b>АВТОРИ ВИПУСКУ</b> .....	<b>178</b>
<b>ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ</b> .....	<b>180</b>

*Давидов В.С., Доронін В.В., Спіян О.М., Алсйніков М.В.*

## КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВІГАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ПЛАВАННЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ КОНТЕЙНЕРОВИЗІВ НА ЦИРКУЛЯЦІЇ В МІЛКОВОДНИХ РАЙОНАХ

*Пріоритетним завданням при плаванні великогабаритних суден є забезпечення навігаційної безпеки плавання в мілководних районах прибережної зони при здійсненні циркуляції. У статті сформульовано об'єктивні причини, що впливають на безпеку плавання великогабаритних контейнеровозів на циркуляції в мілководних районах прибережної зони, які ведуть до збільшення аварійних морських пригод, пов'язаних з посадками на мілину і торканням ґрунту, навалами на гідротехнічні споруди та інші судна.*

*Проведений аналіз виявив недостатній комплексний підхід до спільного обліку конструктивних, морехідних, гідрометеорологічних та гідрологічних факторів і їх впливу на управління великогабаритними суднами та переміщення їх по запланованій безпечній траєкторії руху. Досліджено питання гідродинамічної взаємодії судна та ґрунту, експлуатаційної стійкості судна на курсі, зміни параметрів циркуляції на мілководді.*

*Проаналізовано математичні залежності, за допомогою яких можна розрахувати окремі безпечні параметри плавання на мілководді у вигляді глибин, швидкостей, зміни радіусів циркуляції. Виявлено практично недосліджені фактори, які впливають на безпеку плавання великогабаритних контейнеровозів на циркуляції в мілководних районах прибережної зони.*

*Зроблено висновок, що використання діючих методів з метою забезпечення безпеки плавання на мілководді є вагомим засобом, але не охоплює всього комплексу заходів безпеки, які необхідно застосовувати для утримання судна на запланованій траєкторії руху. Перелік різнорідних факторів, що впливають на безпеку плавання великогабаритних суден, наведених в аналізі останніх досліджень і публікацій у цій статті, вимагає проведення подальших досліджень для їх комплексного обліку при плаванні у мілководних районах прибережної зони.*

**Ключові слова:** безпека плавання, великогабаритний контейнеровоз, циркуляція, мілководдя, штучний інтелект.

**Постановка проблеми.** Результати аналізу посадок на мілину і торкання ґрунту, навалів на гідротехнічні споруди та інші судна великогабаритних контейнеровозів в мілководних районах прибережної зони, існуючих прибережних і портових систем безпеки руху суден дозволяють зробити висновок про те, що існуючі методи і способи управління на циркуляції в мілководних районах не в повній мірі вирішують завдання безпечного плавання, насамперед великогабаритних суден.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** з даної тематики в друкованих виданнях і в інтернет ресурсах виявив недостатньо комплексний підхід до спільного обліку конструктивних, морехідних, гідрометеорологічних та гідрологічних факторів і їх впливу на управління великогабаритними суднами та переміщення їх по запланованій безпечній траєкторії руху. У фундаментальних наукових працях досить повно досліджено питання гідродинамічної взаємодії судна та ґрунту, експлуатаційної стійкості судна на курсі, зміни параметрів циркуляції на мілководді. У підручниках та навчальних посібниках наведені математичні залежності, за допомогою яких можна розрахувати окремі безпечні параметри плавання на мілководді у вигляді глибин, швидкостей, зміни радіусів циркуляції. В останніх наукових роботах з цієї тематики [1,2] представлені математичні моделі руху судна на мілководді, у тому числі при змінній глибині.

Водночас залишаються практично недослідженими такі фактори, як:

– вплив на параметри циркуляції сумарного зносу від течій і вітрів при складному рельєфі дна на мілководді і біля берегової межі, які часом у рази збільшують їх вектори швидкостей;

– відхилення фактичної траєкторії руху судна на циркуляції від запланованої за рахунок зміни посадки великогабаритних суден в умовах зміни ефективності керма і гвинтів при їх частковій імерсії (зануренні) при диференті на ніс або руху в баласті, коли судно найбільш схильне до впливу вітру через збільшення його парусності;

– вплив відхилення вектору сили від накопиченого діючого моменту інерції за рахунок підвищеної швидкості від курсу судна, яке може досягати при різких поворотах  $30^\circ - 40^\circ$ , що призводить до дрейфу судна в протилежний бік від траєкторії циркуляції;

– визначення оптимальних швидкостей великогабаритних суден, що мають велику парусність, при плаванні по каналах і фарватерах, що дозволяють дотримуватися керованості суден для утримання їх на осі судового ходу або лінії провідних створів, з урахуванням існуючих обмежень з експлуатації СЕУ на мінімальних режимах роботи та підрулюючих пристроїв.

Вимагають опрацювання та закріплення в системах управління безпекою (СУБ) портів обов'язкові схеми буксирного забезпечення великогабаритних суден залежно від їх габаритів, конструктивних та морехідних якостей, стану в вантажі або баласті, фактичних та прогнозованих гідрометеоумов і течій незалежно від рівня підготовки та досвіду капітанів і лоцманів.

**Мета статті.** Провести аналіз проблем, пов'язаних з посадками на мілину та торканнями ґрунту великогабаритних суден при керуванні ними на циркуляції в мілководних районах, існуючих методів і способів обліку циркуляції в умовах обмежень по глибині та простору для маневру. Розробити пропозиції щодо застосування в штурманській практиці найбільш оптимальної схеми обліку циркуляції на мілководді.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Великогабаритні контейнеровозні судна, що практично не мають обмежень при плаванні у відкритому морі на великих глибинах у будь-яких погодних умовах, при виході на мілководдя прибережної зони та у складних, обумовлених навігаційною обстановкою, умовах стають найбільш уразливими для впливу зовнішніх факторів. Сформована протягом останніх 20 років суднобудівна політика з будівництва великогабаритних суден як найбільш економічних і зростаюча аварійність цих суден [3] вимагає виділення суден довжиною більше 300 м та осадкою близько 15 м і більше в особливу групу суден, для яких необхідне комплексне вирішення завдань забезпечення навігаційної безпеки плавання.

У даний час у світі побудовано понад 20 000 контейнеровозів (рис. 1). За 14 років (2006–2020) побудовано тільки великогабаритних суден більше 400 од. з наступними характеристиками:  $L = 397-400$  м,  $B = 56-59$  м,  $H =$  до 15.5 м,  $DWT$  до 199500 т, кількість контейнерів – 13000 – 23964 од. У липні 2021 р. введено в експлуатацію найбільший у світі контейнеровоз “Ever Ace”, побудований на південнокорейській верфі, якій має

наступні характеристики:  $L = 400$  м,  $B = 62$  м,  $H = 15,5$  м,  $h = 73$  м,  $DWT = 224999$  т, кількість контейнерів – 23992 од. [4].

Випереджаюче зростання габаритів великотоннажних суден у порівнянні з ростом портових акваторій і фарватерів створює певні труднощі в експлуатації великотоннажного флоту. 50% усіх АМП сталися на мілководді акваторій портів та рейдах, 10% – при проходженні шлюзів, 18% – у річках і каналах, 14% – у протоках і 8% – у відкритому морі [5]. На мілководді через виникнення гідродинамічної взаємодії судна з рельєфом дна, в порівнянні з глибокою водою: різко погіршується експлуатаційна стійкість судна на курсі, підвищується ризик, погіршується його маневреність, збільшується радіус циркуляції при однакових кутах перекладки керма і знижується швидкість на циркуляції. У середньому на великотоннажних морських суднах під час циркуляції з кермом, перекладеним на борт при повороті на  $90^\circ$ , швидкість знижується на  $1/3$ , а при повороті на  $180^\circ$  – удвічі [6].

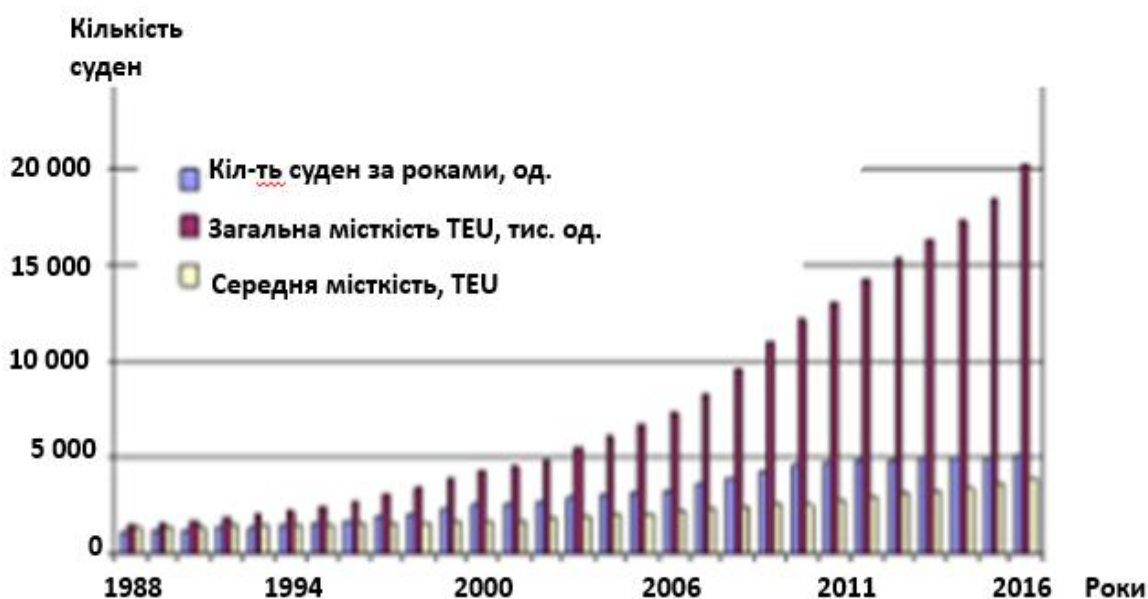


Рисунок 1 – Динаміка зростання контейнерного флоту з 1988 по 2016 рік.

Вплив мілководдя на поведінку судна залежить від глибини моря, габаритів судна та його швидкості. Вплив мілководдя на керованість суден починає позначатися при співвідношенні глибини під кілем ( $H$ ) до осадки судна ( $d$ )  $H/d < 4:6$  і може розраховуватися за формулою (1) [6].

$$H_{гл} < 4d + 3V^2c/g \quad (1)$$

де  $H_{гл}$  – глибина, м;

$d$  – середня осадка судна, м;

$V_c$  – швидкість судна, м/с;

$g$  – прискорення вільного падіння.

На всіх суднах при проведенні ходових випробувань визначаються маневрені характеристики судна, як правило, на головному судні цієї серії, які потім поширюються на всі судна цієї серії. Елементи поворотності судна визначаються при знаходженні судна у вантажі та баласті у спеціальних полігонах на глибокій воді для кількох кутів перекладки керма. Вони представлені для практичного використання на ходовому містку

в графічному та табличному вигляді. Одним з найважливіших моментів планування в стислих водах є розрахунок і планування поворотів з урахуванням циркуляції. За початок циркуляції приймається момент початку перекидання керма. Циркуляція характеризується лінійною та кутовою швидкостями, радіусом кривизни та кутом дрейфу, які не залишаються незмінними. Радіус циркуляції на мілководді, що залежить від співвідношення осадки і глибини моря, можна оцінити за формулою А. Гофмана (2) [6].

$$R_{уст}^M = \frac{R_{уст}}{1 + 0,1d/H - 0,71(d/H)^2}, \quad (2)$$

де  $R_{уст}^M$  – радіус циркуляції на мілководді;

$R_{уст}$  – радіус циркуляції на глибині;

$d$  – осадка судна;

$H$  – глибина моря.

Наведена формула є приблизною і не враховує кут перекидання керма, тому її не доцільно використовувати при плаванні на мілководді. У постійно змінюваних експлуатаційних умовах (завантаження судна, його осадка, глибина під кілем) точне маневрування стає надзвичайно складним. Судноводій не має інструментарію, за допомогою якого він міг би визначити, наприклад, на якій траєкторії виявиться судно при повороті на новий курс при конкретному куті перекидання керма в умовах мілководдя. Інформація про маневрені елементи, передбачена Резолюцією ІМО А.601(15), яка представлена в більшості випадків лише однією циркуляцією на глибокій воді. Як правило, цими параметрами поворотності судна, визначеними на глибокій воді, за відсутності інших, і використовуються при розрахунку точки перекидання керма і радіусу циркуляції на мілководді. Саме такий спрощений підхід до обліку параметрів циркуляції на мілководді і є однією з помилок штурманів при плануванні плавання на мілководді, що за відсутності комплексного обліку інших факторів і призводить до АМП [7,8]. У цьому плані заслуговують на увагу та доцільні до застосування на інших суднах універсальні методи з розрахунку 2-х основних параметрів циркуляції, які розроблені Драчовим В.М за результатами математичного моделювання, і даних, отриманих під час натурних випробувань суден на глибокій воді [2]. Це метод розрахунку точки перекидання керма на мілководді і метод побудови проміжних циркуляцій на мілководді.

Сутність методу розрахунку точки перекидання керма при плаванні на мілководді полягає у розрахунку попередження на мілководді, що розраховується за формулою (3) за допомогою розрахованого середнього коефіцієнта  $K$ , універсального для всіх типів суден. Коефіцієнт  $K$  розраховується щодо попередження на глибокій воді шляхом математичного моделювання.

$$S_M = S_{ГЛ} \cdot K = S_{ГЛ} \cdot [1 + (d/H_M) - 0,2], \quad (3)$$

де  $S_M$  – попередження на мілководді, м;

$S_{ГЛ}$  – попередження на глибокій воді, м;

$d$  – осадка судна, м;

$H_M$  – глибина мілководдя від поверхні води, м.

Математичне моделювання проводилося за 980 вимірними попередженнями для 7 різних глибин у діапазоні 31,2-120 м, яке для кутів перекидання руля в  $20^\circ$  і  $35^\circ$  було перевірено у процесі натурних випробувань для моделей 2-х типів суден – балкера та

танкера, які підтвердили добру збіжність результатів та достовірність математичного моделювання. Для оцінки можливості застосування середніх значень коефіцієнта для інших типів суден автором було проведено математичне моделювання для інших кутів перекладання керма. Для вибору коефіцієнта (К) запропоновано універсальний для всіх типів суден графік залежності середнього коефіцієнта від кута перекладки керма (рис.2).

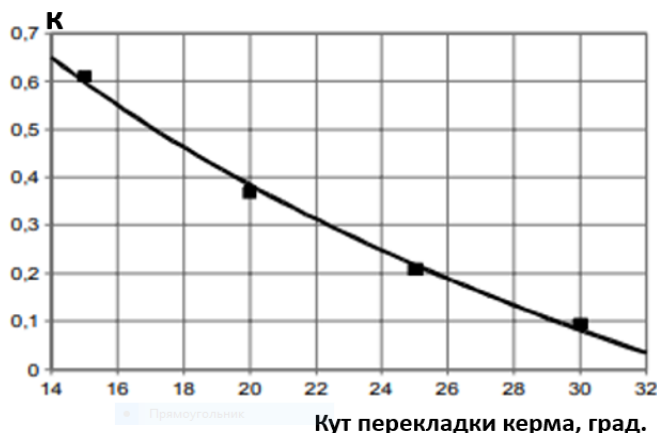


Рисунок 2 – Графік залежності середнього коефіцієнта від кута перекладки керма для розрахунку циркуляції на мілководді

На підставі отриманої логарифмічної залежності середнього коефіцієнта від кута перекладки керма, якій враховує співвідношення осадки та глибини моря, стає можливим побудувати проміжні циркуляції (рис. 4), які забезпечать планування поворотів на мілководді при виконанні попередньої прокладки на великомасштабній карті (рис. 3) та здійснювати безпечні циркуляції.

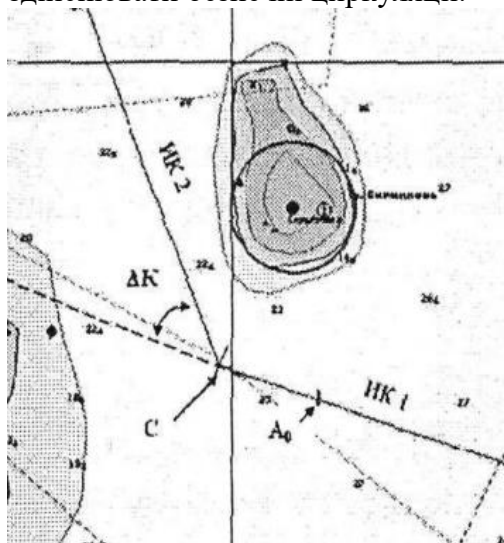


Рисунок 3 – Попереджувальна точка A<sub>0</sub> початку циркуляції на карті

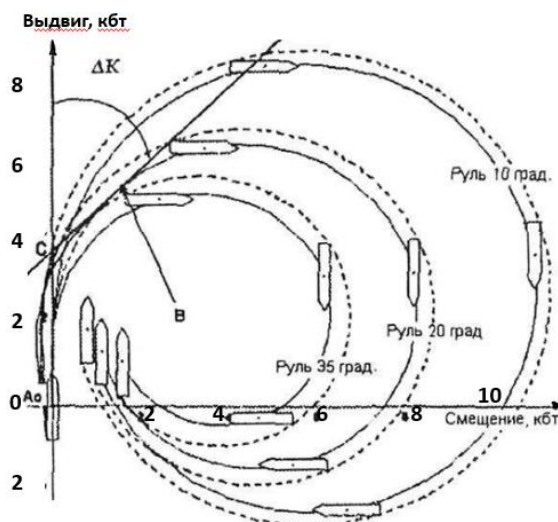


Рисунок 4 – Знаходження попереджувальної точки A<sub>0</sub> початку повороту на діаграмі циркуляції

Використання методу побудови проміжних циркуляцій на мілководді із застосуванням отриманих середніх коефіцієнтів дозволяє замінити ними визначення

параметрів циркуляції в спеціальних мілководних полігонах, які тривали за часом і небезпечні для великогабаритних суден.

При плаванні судна в мілководних обмежених умовах доцільно для прискорення розрахунків використовувати спосіб розрахунку повороту судна з використанням дотичних до кривих циркуляції (метод дотичних). Розглянемо практичну реалізацію цього методу. На рис. 3 показано ділянку морської карти з попередньою прокладкою, де судну необхідно виконати поворот праворуч з ІК1 на ІК2 шляхом перекладки керма на  $20^\circ$ . Суть пропонованого способу полягає в тому, щоб до дуги циркуляції для призначеного кута перекладки керма провести дотичну під кутом, рівним куту повороту на новий курс, і продовжити її до перетину з лінією початкового курсу (т.С). Точка торкання з дугою циркуляції (т. В) є точкою, у якій судно виходить на новий курс. Отримана відстань  $A_0C$ , знята з діаграми циркуляції, у масштабі карти відкладається від т. С (точки зміни курсу) у напрямку, зворотному руху судна. Отримана на карті на початковому курсі ІК1 т. А<sub>0</sub> визначатиме місце початку перекладки керма на кут  $20^\circ$ .

Отриманий у результаті графічних побудов відрізок  $A_0C$  є відстанню попередження. Таким чином, пропонований метод дотичних дозволяє швидко визначити та нанести на карту точку початку перекладки керма та забезпечити точне виведення судна на новий курс. Доцільно включити графіки проміжних циркуляцій у робочі таблиці штурмана на ходовому містку для всіх типів суден з метою їх практичного використання при плаванні на мілководді.

**Висновки.** Використання розглянутих методів з метою забезпечення безпеки плавання на мілководді є вагомим засобом, але не охоплює всього комплексу заходів безпеки, які необхідно застосовувати для утримання судна на запланованій траєкторії руху.

Перелік різномірних факторів, що впливають на безпеку плавання великогабаритних суден, наведених в аналізі останніх досліджень і публікацій у цей статті, вимагає проведення подальших досліджень для комплексного обліку їх результатів при плаванні у мілководних районах прибережної зони.

Як показує аналіз аварійності, комплексний облік великої кількості різномірних факторів в умовах управління суднами з надзвичайно великою інерційністю та вітрильністю можливий лише з використанням штучного інтелекту. Так, високий рівень знань та практичної підготовки капітанів та лоцманів великогабаритних суден не завжди дозволяє у короткі проміжки часу одночасно проаналізувати великий обсяг різномірної інформації та прийняти єдине правильне рішення. Достатня різка зміна клімату на планеті, яка веде до посилення вітрів та штормів, ще більшою мірою посилює актуальність проблеми безпеки мореплавання в мілководних районах.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Абдуллаева З.М. Разработка и реализация математических моделей движения судна на мелководье при переменной глубине. Автореферат диссертации. Дагестанский ГТУ-2017, 23с. [Електронний ресурс]– Режим доступу до ресурсу: <http://dstu.ru> > fileadmin > Avtoreferat\_Abdullaeva.

2. Драчев В.Н. Учет циркуляции при плавании в стесненных районах. Монография. [Електронний ресурс].– Режим доступу до ресурсу:<http://www.window.edu.ru>>catalog, 104с.

3. Развитие и структура флота контейнеровозов. [Електронний ресурс].– Режим доступу до ресурсу:[proship.ooo/article/478/](http://proship.ooo/article/478/).

4. Найбільший контейнеровоз від Evergreen прибув у порт. [Електронний ресурс].– Режим доступу до ресурсу: <https://ua.sudohodstvo.org>.

5. Богомья В.И., Давыдов В.С., Кожухаренко Р.В. Анализ некоторых эксплуатационных свойств современных крупнотоннажных судов, методов и систем их

обеспечения при плавании в стесненных условиях. К.-КГАВТ, Водный транспорт, Вып.3(21), 2014, С.23-31.

6. Ганнесен В. Плавание на мелководье и в узкости. Учебное пособие для судоводителей. [Электронный ресурс].– Режим доступа до ресурсу: <http://www.pilotservice.narod.ru/masters/shalw/shalw.htm>.

7. Сергиенко В. В ловушке аварийности. Морские вести №12-2020. [Электронный ресурс].– Режим доступа до ресурсу: <http://www.morvesti.ru>

8. ANNUAL OVERVIEW OF MARINE CASUALTIES AND INCIDENTS. // European Maritime Safety Agency, 2019, С. 21.

9. Богом'я В.І., Давидов В.С., Доронін В.В., Пашков Д.П., Тихонов І.В. Навігаційне забезпечення управління рухом суден. Навчальний посібник. К.: ДВВП «Компас», 2012, 336 с.

10. Тюленев К.Г. Управление контейнерными перевозками во внешнеэкономической деятельности.-СПб.:ИПТ РАН, 2017, 112с.

## REFERENCES

1. Abdullayeva Z.M. Razrabotka i realizatsiya matematicheskikh modeley dvizheniya sudna na melkovod'ye pri peremennoy glubine. Avtoreferat dissertatsii. Dagestanskiy GTU-2017, 23s. [Yelektronniy resurs]– Rezhim dostupu do resursu: <http://dstu.ru> > fileadmin > Avtoreferat\_Abdullaeva.

2. Drachev V.N. Uchet tsirkulyatsii pri plavanii v stesnennykh rayonakh. Monografiya. [Yelektronniy resurs].– Rezhim dostupu do resursu: <http://www.window.edu.ru>>catalog, 104с.

3. Razvitye y struktura flota konteynerovozov. [Elektronnyy resurs].– Rezhym dostupu do resursu:[proship.ooo/article/478/](http://proship.ooo/article/478/).

4. Naybil'shyy konteynerovoz vid Evergreen prybuv v port. [Elektronnyy resurs].– Rezhym dostupu do resursu: <https://ua.sudohodstvo.org>.

5. Bogom'ya V.I., Davydov V.S., Kozhukharenko R.V. Analiz nekotorykh ekspluatatsionnykh svoystv sovremennykh krupnotonnazhnykh sudov, metodov i sistem ikh obespecheniya pri plavanii v stesnennykh usloviyakh. К.-КГАВТ, Vodniy transport, Vyp.3(21), 2014, S.23-31.

6. Gannesen V. Plavaniye na melkovod'ye i v uzkosti. Uchebnoye posobiye dlya sudovoditeley. [Yelektronniy resurs].– Rezhim dostupu do resursu: <http://www.pilotservice.narod.ru/masters/shalw/shalw.htm>.

7. Sergiyenko V. V lovushke avariynosti. Morskiye vesti №12-2020. [Yelektronniy resurs].– Rezhim dostupu do resursu: <http://www.morvesti.ru>.

8. ANNUAL OVERVIEW OF MARINE CASUALTIES AND INCIDENTS. // European Maritime Safety Agency, 2019, С. 21.

9. Bohom'ya V.I., Davydov V.S., Doronin V.V., Pashkov D.P., Tykhonov I.V. Navihatsiyne zabezpechennya upravlinnya rukhom suden. Navchal'nyy posibnyk. К.: DVVP «Kompas»,2012, 336 s.

10. Tyulenev K.G. Upravleniye konteynernymi perevozkami vo vneshneekonomicheskoy deyatel'nosti.-SPb.:IPT RAN, 2017, 112s.

**Davydov V., Doronin V., Spiian O., Alieinikov M.**

### **AN INTEGRATED APPROACH TO ENSURING NAVIGATIONAL SAFETY OF LARGE-SIZED CONTAINER SHIPS IN CIRCULATION IN SHALLOW WATER AREAS**

*The main task during navigation of big-size vessels is to ensure navigational safety in shallow water areas of waterside during turning. In the article objective reasons that influence on the safety of navigation of big-size carriers during turning in shallow water areas of water side*

*which lead to increase of maritime accidents involving stranding and touching the ground, raids on hydraulic structures and vessels.*

*The analysis conducted revealed insufficient integrated approach to joint accounting of structural, maritime, hydrometeorological and hydrological factors and their impact on the management of big-size vessels and their movement along the planned safe trajectory. The question of hydrodynamic interaction of the vessel and the soil, operational stability of the vessel on the course, change of the parameters of turning in shallow water have been studied.*

*Mathematical dependences with the help of which it is possible to calculate some safe parameters of navigation in shallow water in the form of depths, speeds, changes of turning radius are analysed. Practically unexplored factors which influence the safety of navigation of big-size container carriers in turning in shallow areas of the water arrears have been identified.*

*A conclusion was made that the use of existing methods to ensure the safety of navigation in shallow waters is important, but does not cover the full range of safety measures that must be applied to keep the vessel on the planned trajectory. The list of different factors affecting the safety of navigation of big-size vessels, given in the analysis of recent studies and publications in this article, requires further research for their comprehensive accounting during navigation in shallow areas of water areas.*

**Keywords:** *safety of navigation, big-size container carrier, ship circulation, shallow water, artificial intelligence.*

*Тараненко С.В., Кириченко О.С., Колесник В.В., Костюченко В.І., Прістуна С.В., Пастух О.В., Голубєва С.М.*

## МОДЕЛЮВАННЯ СТАЦІОНАРНОГО ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ СТРУМОПРОВІДНИХ ШИН СУДНОВИХ ГРЩ

*У статті виконано моделювання стаціонарного теплового поля струмопровідних шин суднових головних розподільчих щитів. Дослідження в значній мірі пов'язане з питаннями надійної передачі електроенергії великої потужності в суднових електроенергетичних системах. В роботі розглянуто доцільність застосування струмопровідних шин замість силових кабелів на окремих ділянках трас головного струму, а також переваги струмопровідних шин з електролітичної міді при їх використанні в суднобудуванні. Наведено математичні вирази для перевірки струмопровідних мідних шин на термічну стійкість аналітичними методами, а також для вибору перерізу струмопровідних шин по допустимому тривалому струму. Створено просторову геометричну, кінцево-елементу та візуалізовану фізичну модель однополосних струмопровідних шин прямокутного перерізу  $120 \times 10$  мм, які розміщено одна відносно одної широкими сторонами та за допомогою спеціального керамічного кріплення змонтовано на сталевих прямокутних основах. Візуалізована фізична модель містить в собі інформацію про основні фізичні властивості електротехнічних матеріалів, які використовуються в просторовій моделі та є необхідними для проведення розрахунку. З використанням чисельного методу розрахунку отримано картини розподілу основних електричних і теплових величин при граничного допустимому тривалому струмі величиною 2950 А: електричного потенціалу, густини струму, теплового потоку, густини теплового потоку, резистивного нагріву та температури. Побудовано функціональну залежність температури від сили струму, що протікає через однополосні струмопровідні мідні шини прямокутного перерізу  $120 \times 10$  мм в діапазоні струму від нуля до 3000 А з урахуванням розсіювання утворюваного тепла з зовнішніх поверхонь струмопровідних шин в оточуюче середовище за рахунок вільної конвекції і теплового випромінювання. Показано переваги використання чисельного методу розрахунку при вирішенні польових задач суднової електроенергетики.*

**Ключові слова:** моделювання, стаціонарне теплове поле, струмопровідні шини, головний розподільчий щит, суднова електроенергетична система, температурний нагрів.

### **Постановка проблеми.**

Необхідність надійної передачі електроенергії великої потужності в суднових електроенергетичних системах зумовлює прокладання багаточисельних кабелів, що паралельно вмикаються на фазу або полюс [1-4]. В силових мережах постійного та змінного струму, в тому числі в системах електроруху, кількість таких кабелів досягає в деяких випадках декількох десятків. Через це виникає потреба використання громіздких за своїми габаритами пристроїв струмозбірних або полюсних шин. Розміщення кабельних

трас стає також достатньо складним. Тому замість кабелів на окремих ділянках трас головного струму, наприклад, між генераторами та їх щитами, між генераторами та головними розподільчими щитами (ГРЩ), між секціями ГРЩ, між щитом електроруху і гребними електродвигунами і т.п., доцільно застосовувати струмопровідні шини. За деякими даними маса струмопроводів в порівнянні з кабелями знижується в середньому на 60 % при застосуванні мідних струмопровідних шин і на 82 % при алюмінієвих шинах. При цьому вартість струмопроводів зменшиться в середньому на 15 і 27 % відповідно. Зниження маси трас досягається за рахунок виключення ізоляції кабелів, зменшення перерізу струмопроводів, оскільки струмопровідні шини в порівнянні з кабелями дозволяють значно збільшити густину струму, а також за рахунок зменшення маси кріпильних конструкцій. Крім того, застосування струмопровідних шин значно полегшує монтажні роботи на судні, тому що основний об'єм робіт по їх виготовленню відбувається в цеху. В практиці суднобудування найбільш простими та поширеними є струмопровідні шини прямокутного перерізу, які відносно прості у виготовленні. Зважаючи на передачу великого потоку електроенергії і велику густину струму через струмопровідні шини значний інтерес представляє наочна візуалізація електротеплових процесів в них.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На сьогодні опубліковано значну кількість вагомих наукових досліджень, які стосуються струмопровідних шин розподільчих пристроїв електроенергетичних систем. Особлива увага приділена конструктивному виконанню струмопровідних шин, їх перевірці на термічну та електродинамічну стійкість, а також розрахунку втрат електроенергії при електропередачі по ним. Аналіз деяких з цих досліджень наведено нижче.

Опис конструкцій основного електрообладнання електростанцій і підстанцій, а також вибір електрообладнання струмопровідних частин головних розподільчих щитів, в тому числі струмопровідних шин і силових кабелів детально викладено в роботах [1-4] та в інших.

Розрахунок основних параметрів жорстких струмопровідних шин розподільчих пристроїв високої та надвисокої напруги, а також застосування сучасних шинотримачів у конструкціях з жорсткими струмопровідними шинами розглянуто в роботах [5; 6].

Дослідження взаємодії динамічних систем з джерелами присвячена робота [7], в ній наведено модель енергетичних потоків дизель-електричного комплексу.

В роботі [8] сформульовано критерій оцінки ефективності передачі потужності у судовому пропульсивному комплексі з малообертовим дизелем і трифазним частотним керуванням асинхронним двигуном.

Особливості техніки і електрофізики високих напруг проаналізовано в [9; 10], в тому числі електрофізичні основи техніки високих напруг, високовольтні ізоляційні конструкції, перенапруги в електричних мережах, питання електромагнітної сумісності.

Слід зазначити, що особливий інтерес представляють питання наочної демонстрації і візуалізації складних електричних і теплових процесів, що відбуваються в струмопровідних шинах головних розподільчих пристроїв судової електроенергетичної системи в різних експлуатаційних режимах роботи, з використанням чисельних методів розрахунку на основі мультифізичних моделей.

**Мета дослідження** полягає в моделюванні стаціонарного теплового поля струмопровідних шин судових головних розподільчих щитів для візуалізації електричних і теплових процесів, що відбуваються в них при допустимих тривалих струмових навантаженнях.

**Виклад основного матеріалу та основні результати дослідження.** Для сучасних суден з енергоємним електричним обладнанням важливу роль відіграє надійна передача електроенергії від судових електрогенераторів до споживачів [1]. Струми, які доводиться передавати в одному напрямку можуть досягати 2000-5000 А при високих електричних напругах. Термічна стійкість струмопровідних шин судових ГРЩ вважається прийнятною, коли вони витримують без ушкоджень теплову впливи струмів короткого замикання. Гранично допустимою температурою при короткочасному нагріві для струмопровідних мідних шин судових ГРЩ при струмах короткого замикання прийнято вважати температуру рівну 300 °С. Гранично допустимою температурою нагріву струмопровідних шин при тривалій роботі є температура рівна 70 °С.

Струмопровідні шини вважаються термічно стійкими, якщо їх температура при короткому замиканні залишається нижчою допустимої температури, тобто виконується умова [11]:

$$t_{кз} \leq t_{кз.доп}, \quad (1)$$

де  $t_{кз}$ ,  $t_{кз.доп}$  – кінцева (найбільша) і допустима (короткочасна) температури струмопровідних шин при короткому замиканні, °С.

Найбільшу температуру струмопровідних шин при струмах короткого замикання можна визначати за довідковими кривими, попередньо розрахувавши інтеграл Джоуля:

$$B_k = I_{п0}^2 \left( t_{відкл} + T_a \left( 1 - e^{-2t_{відкл}/T_a} \right) \right), \quad (2)$$

де  $I_{п0}$  – діюче значення періодичної складової струму в початковий момент короткого замикання, кА;

$T_a$  – постійна часу затухання аперіодичної складової струму короткого замикання, що в значній мірі визначається номінальною напругою розподільчого пристрою, с;

$t_{відкл}$  – час відключення при короткому замиканні, який складається з часу дії резервного струмового захисту  $t_з$  і повного часу відключення електричного кола вимикачем  $t_{п.в.}$  з урахуванням часу гасіння дуги, с.

Початкова температура збірних струмопровідних шин обчислюється в результаті розв'язку трансцендентного рівняння теплового стану струмопровідної шини в робочому режимі з використанням комп'ютерних обчислювальних засобів або приблизно за формулою:

$$t_{п} \approx t_{пов} + (t_{доп} - t_{пов.ном}) \left( \frac{I_{роб.ном}}{I_{доп}} \right)^2, \quad (3)$$

де  $t_{пов.ном}$  – номінальна температура повітря, що рівна 40 °С, °С;

$t_{пов}$  – фактична температура струмопровідної шини в робочому режимі, яка з запасом може бути прийнята рівною температурі  $t_{пов.ном}$ , °С;

$t_{доп}$  – тривало допустима температура струмопровідної шини в робочому режимі, °С;

$I_{роб.ном}$ ,  $I_{доп}$  – найбільший робочий струм шини і тривало допустимий робочий струм відповідно, А.

Перевірку струмопровідних шин судових ГРЩ на термічну стійкість проводять по усталеному струму короткого замикання та приведеному часу дії цього струму.

Мінімальний переріз  $s$  [мм<sup>2</sup>] струмопровідних мідних шин суднових ГРЩ за термічною стійкістю при розрахунках можна оцінити за наступним виразом

$$s \approx \alpha I_{\infty} \sqrt{t_{\Pi}}, \quad (4)$$

де  $I_{\infty}$  – усталений струм короткого замикання, А;

$t_{\Pi}$  – приведений час короткого замикання, с;

$\alpha = 6$  – коефіцієнт термічної стійкості для міді.

В загальнопромисловій електроенергетиці використовуються мідні, алюмінієві та сталеві струмопровідні шини [1-4]. Алюмінієві шини цінують за більш привабливу ціну і легкість металу, проте в довготривалій перспективі мідні шини стануть економічно обґрунтованим рішенням. Струмопровідні шини з кольорових металів в порівнянні зі сталевими шинами є більш термічно стійкими до впливів високих і низьких температур. При однакових перерізах струмопровідна мідна шина витримує у відсотковому співвідношенні більше навантаження, ніж алюмінієва або стальва такого ж розміру. Також, мідні шини зводять до мінімуму втрати енергії при передачі, вони високоеластичні та стійкі до розтягування. Струмопровідні мідні шини легко вигинаються, не втрачаючи при цьому своїх технічних властивостей. Це дозволяє збирати розподільчі та силові установки менших розмірів. Через велику кількість переваг та свою надійність в суднобудуванні перевагу надають струмопровідним шинам, що виготовлені з електролітичної міді.

В дослідженні розроблено просторову геометричну модель (рис. 1, а), що складається з трьох однополосних струмопровідних мідних шин прямокутного перерізу 120×10 мм, які розміщено одна відносно одної широкими сторонами та за допомогою спеціального керамічного кріплення змонтовано на сталевих прямокутних основах 635×55 мм товщиною 10 мм. Довжина прольоту шин становить  $l = 1,85$  м, а відстань між шинами  $a = 165$  мм.

Рішення польових задач суднової електроенергетики аналітичними методами ускладнюється представленням реальних процесів за допомогою математичного апарату у вигляді диференціального або інтегрального рівняння, системи диференціальних або інтегро-диференціальних рівнянь [12]. Трудомісткість розв'язку цих рівнянь деяким чином адаптується лише за рахунок використання певних допущень, що призводить з однієї сторони до певного спрощення математичної моделі, проте з іншої ставить питання коректності розв'язку і залежить від правильності цих допущень.

Чисельні методи для вирішення польових задач суднової електроенергетики мають ряд переваг: можливість розрахунку математичної моделі реального процесу зі складною геометрією; можливість розв'язування більш реальних математичних моделей, якими моделюється явище або процес, тобто розв'язування нелінійних диференціальних, систем диференціальних рівнянь в часткових похідних, інтегральних рівнянь.

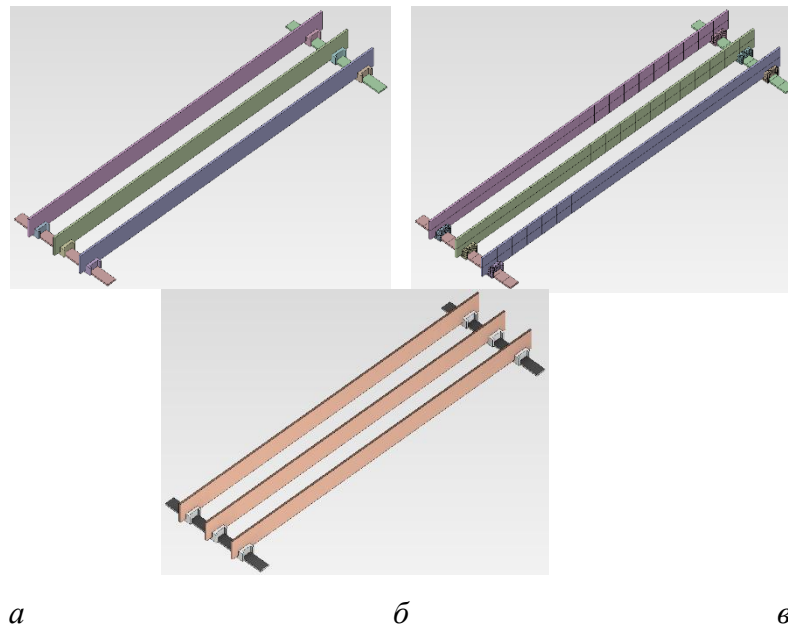


Рисунок 1 – Геометрична (а), кінцево-елементна (б) та візуалізована фізична (в) модель однополосних струмопровідних мідних шин прямокутного перерізу 120×10 мм

Зважаючи на вищесказане, в даній роботі рішення отримано з використання чисельного методу розрахунку на основі створеної просторової моделі (рис. 1, б). Результати рішення розглянутої задачі з розподіленими параметрами електричних і теплових полів однополосних струмопровідних мідних шин прямокутного перерізу 120×10 мм з урахуванням розсіювання теплоти в оточуюче середовище за рахунок вільної конвекції та теплового випромінювання [13; 14] наведено на рис. 2-4.

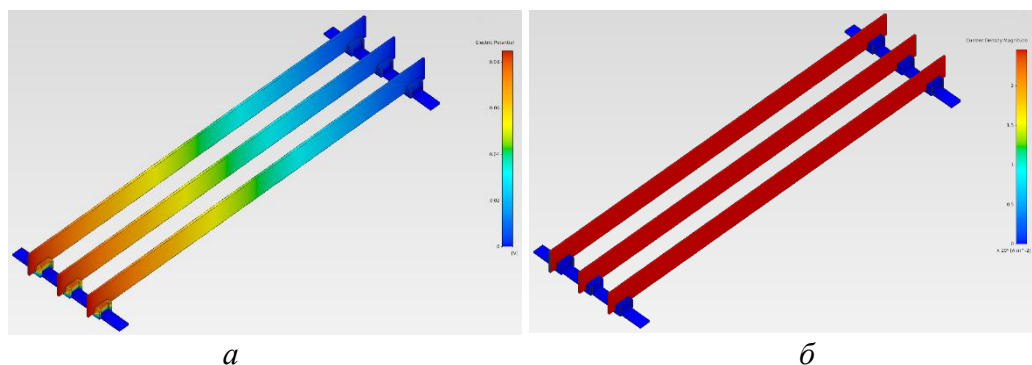


Рисунок 2 – Розподіл електричного потенціалу  $\phi$  [В] (а) та густини електричного струму  $j$  [А/м<sup>2</sup>] (б) по однополосним струмопровідним мідним шинам прямокутного перерізу 120×10 мм при допустимому тривалому струмі 2950 А

При проведенні розрахунку в якості граничних умов прийнято, що температури нижніх поверхонь сталевих основ рівні температурі оточуючого середовища 20 °С (рис. 3, а-з), а торцеві поверхні струмопровідних шин, що розташовані праворуч (рис. 2, а), мають нульовий потенціал 0 В. За довідковими даними максимально допустимими тривалими струмами для мідних однополосних шин прямокутного перерізу 120×10 мм є змінний струм величиною 2650 А та постійний струм величиною 2950 А.

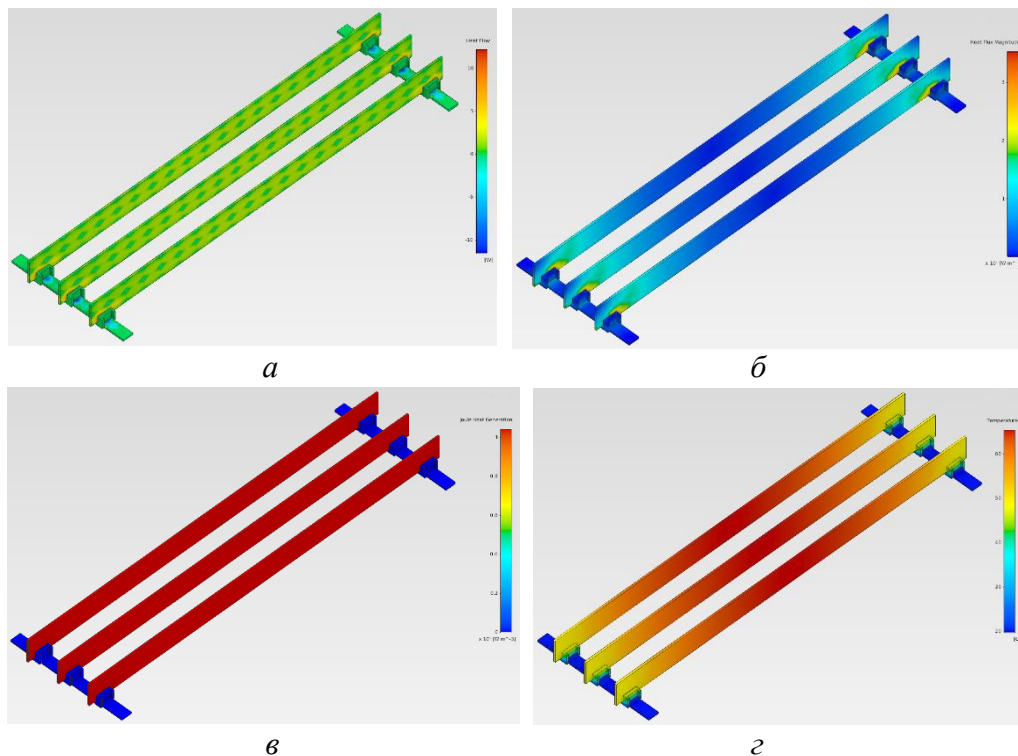


Рисунок 3 – Результати моделювання стаціонарного теплового поля однополосних струмопровідних мідних шин прямокутного перерізу  $120 \times 10$  мм при допустимому тривалому струмі 2950 А з урахуванням розсіювання теплоти в оточуюче середовище:

*a* – розподіл теплового потоку  $Q$  [Вт]; *б* – розподіл густини теплового потоку  $\Phi_q$  [Вт/м<sup>2</sup>]; *в* – розподіл резистивного нагріву  $J$  [Вт/м<sup>3</sup>]; *г* – розподіл температури  $t$  [°С]

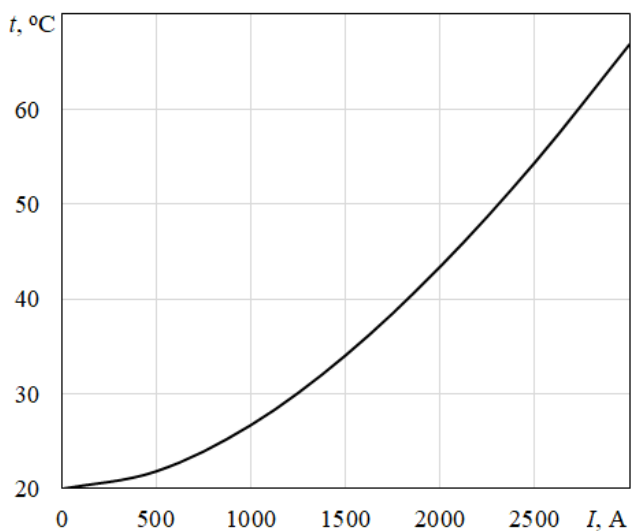


Рисунок 4 – Функціональна залежність  $t(I)$  температури  $t$  від сили струму  $I$  однополосних струмопровідних мідних шин прямокутного перерізу  $120 \times 10$  мм

випромінювання показані на рис. 4.

З рис. 3, *г* можна зробити висновок про відносну рівномірність стаціонарного теплового поля по струмопровідним шинам, деяка нерівномірність спостерігається лише в місцях кріплення струмопровідних шин і пояснюється теплопровідністю через наявні теплові містки в місцях їх кріплення до сталевих основ.

Графік залежності  $t(I)$  температури  $t$  від сили струму  $I$ , що протікає через струмопровідні мідні шини прямокутного перерізу  $120 \times 10$  мм, при його варіаціях від 0 до 3000 А з урахуванням розсіювання утворюваного тепла з зовнішніх поверхонь струмопровідних шин в оточуюче середовище за рахунок вільної конвекції і теплового

Встановлено, що при максимально допустимому тривалому струмі 2950 А для розглянутих струмопровідних шин температура нагріву становить приблизно 65 °С, що не перевищує гранично допустиму температуру нагріву шин 70 °С при тривалій роботі.

**Висновок.** В роботі з використанням чисельного методу розрахунку виконано моделювання стаціонарного теплового поля струмопровідних шин суднових головних розподільчих щитів, що дало змогу візуалізувати складні електричні та теплові процеси, які відбуваються в них при допустимих тривалих струмових навантаженнях. Результати представлено в графічній формі для розподілу теплового потоку  $Q$ , густини теплового потоку  $\Phi_q$ , резистивного нагріву  $J$  та температури  $t$  по струмопровідним мідним шинам. Встановлено температурні режими роботи однополосних струмопровідних мідних шин прямокутного перерізу 120×10 мм, при допустимому тривалому струмі 2950 А температурний нагрів становить приблизно 65 °С, що не перевищує гранично допустимого значення. Подальші дослідження будуть спрямовані на моделювання стаціонарного теплового поля струмопровідних шин суднових головних розподільчих щитів при ударних струмах короткого замикання та з урахуванням електродинамічних навантажень, що ними викликаються.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бруслиновский Б.В. Электроэнергетические системы судов с электродвижением / Б.В. Бруслиновский, Л.Н. Токарев, В.Н. Шелудько // Под ред. проф. Л.Н. Токарева. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. – 343 с.
2. Рожкова Л.Д. Электрооборудование станций и подстанций / Л.Д. Рожкова, В.С. Козулин. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
3. Усов С.В. Электрическая часть электростанций Оптимальное управление гребными электродвигателями электроходов при реверсировании / С.В. Усов, Б.Н. Михалев, А.К. Черновец, Е.Н. Казеветтер, В.В. Кантан. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 616 с.
4. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования / Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
5. Долин А.П. Расчет электродинамической стойкости и других параметров жесткой ошиновки ОРУ высоких и сверхвысоких напряжений / А. П. Долин // Электрические станции. – М.: Энергопрогресс, 2005. – № 4. – С. 49-53.
6. Долин А.П. Применение современных шинодержателей в отечественных конструкциях жесткой ошиновки / А. П. Долин, Л. Е. Егорова // Электроэнергия. Передача и распределение. – М.: ООО «Кабель», 2012. – № 4(13). – С. 64-69.
7. Злакоманов В.В. Взаимодействие динамических систем с источниками энергии / В.В. Злакоманов, Б.С. Яковлев. – М.: Энергоиздат, 1980. – 176 с.
8. Будашко В.В. Оцінка ефективності передачі потужності в суднових дизель-електричних комплексах / В.В. Будашко // Суднові енергетичні установки: Науково-технічний збірник. – 2007. – № 18. – Одеса: ОНМА. – С. 21-24.
9. Бржезицький В.О. Техніка і електрофізика високих напруг / В.О. Бржезицький, А.В. Ісакова, В.В. Рудаков та ін. – Харків: НТУ «ХПІ» – Торнадо, 2005. – 930 с.

10. Василець С.В. Техніка високих напруг: навчальний посібник [Електронне видання] / С.В. Василець, К.С. Василець. – Рівне: НУВІПІ, 2018. – 187 с.
11. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. Т. 1. Электроснабжение / Под. общ. ред. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 568 с.
12. Сабоннадьер Ж.-К. Метод конечных элементов и САПР / Ж.-К. Сабоннадьер, Ж.-Л. Кулон // Пер. с франц. В.А. Соколова, М.Б. Блеер, под ред. Э.К. Стрельбицкого. – М.: Мир, 1989. – 190 с.
13. Кириченко О.С. Моделювання стаціонарних теплових полів струмопровідних шин різного профілю / О.С. Кириченко, В.І. Костюченко, Д.О. Захаров // Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК : науково-технічний журнал. – Харків: ХНТУСГ ім. Петра Василенка, 2017. – № 1 (6). – С. 60-63.
14. Филиппов И.Ф. Теплообмен в электрических машинах / И.Ф. Филиппов. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 256 с.

## REFERENCES

1. Bruslinovsky B.V. Electric power systems of ships with electric propulsion / B.V. Bruslinovsky, L.N. Tokarev, V.N. Sheludko // Ed. prof. L.N. Tokarev. – SPb.: Publishing house of ETU "LETI", 2016. – 343 p.
2. Rozhkova L. D. Electrical equipment of stations and substations / L.D. Rozhkova, V.S. Kazulin. – М.: Energoatomizdat, 1987. – 648 p.
3. Usov S.V. Electrical part of power plants Optimal control of propulsion electric motors of electric ships during reversing / S.V. Usov, B.N. Mikhalev, A.K. Chernovets, E.N. Kazevetter, V.V. Kantan. – L.: Energoatomizdat, 1987. – 616 p.
4. Neklepaev B.N. Electrical part of power plants and substations: Reference materials for course and diploma design / B.N. Neklepaev, I.P. Kryuchkov. – М.: Energoatomizdat, 1989. – 608 p.
5. Dolin A.P. Calculation of the electrodynamic resistance and other parameters of the rigid busbar of the outdoor switchgear of high and ultrahigh voltages / A.P. Dolin // Electric stations. - М.: Energoprogress, 2005. – No. 4. – S. 49-53.
6. Dolin A.P. The use of modern tire holders in domestic structures of rigid busbars / A. P. Dolin, L. E. Egorova // Electricity. Transmission and distribution. – М.: ООО "Cable", 2012. – No. 4 (13). - S. 64-69.
7. Zlakomanov V.V. Interaction of dynamic systems with energy sources / V.V. Zlakomanov, B.S. Yakovlev. - М.: Energoizdat, 1980. – 176 p.
8. Budashko V.V. Evaluation of the efficiency of the transmission of force in ship diesel-electric complexes / V.V. Budashko // Ship power plants: Science and technology collection. - 2007. - No. 18. – Odessa: ONMA. – P. 21-24.
9. Brzhezitskiy V.O. Technics and electrophysics of high springs / V.O. Brzhezitskiy, A.V. Isakova, V.V. Rudakov and I. – Kharkiv: NTU "KhPI" - Tornado, 2005. – 930 p.
10. Vasilets S.V. Technique of high spirits: a master book [Electronic vidannya] / S.V. Vasilets, K.S. Vasilets. – Рівне: НУВІПІ, 2018. – 187 p.
11. Handbook on power supply and electrical equipment: 2 vol. Т. 1. Power supply / Under. total ed. A.A. Fedorov. – М.: Energoatomizdat, 1986. – 568 p.
12. Sabonnadier J.-C. Finite element method and CAD / J.-C. Sabonnadier, J.-L. Pendant // Per. with French V.A. Sokolova, M.B. Blair, ed. E.K. Strelbitsky. – М.: Mir, 1989. – 190 p.

13. Kirichenko O.S. Model of stationary thermal fields of conductive tires with a special profile / O.S. Kirichenko, V.I. Kostyuchenko, D.O. Zakharov // Energy and computer-integrated technologies in the agro-industrial complex: scientific and technical journal. – Kharkiv: KhNTUSG im. Petra Vasilenka, 2017. – No. 1 (6). – P. 60-63.

14. Filippov I.F. Heat exchange in electrical machines / I.F. Filippov. – L .: Energoatomizdat, 1986 . – 256 p.

**Taranenko S.V., Kirichenko O.S., Kolesnik V.V., Kostyuchenko V.I., Pristupa S.V., Pastukh O.V., Golubeva S.M.**

#### **MODELING OF STATIONARY THERMAL FIELD OF CURRENT CONDUCTIVE BUSBARS OF SHIPS MAIN SWITCHBOARDS**

*The article simulates the stationary thermal field of conductive busbars of ship's main switchboards. The research is largely related to the issues of reliable transmission of high-power electricity in ship power systems. The work considers the feasibility of using conductive busbars instead of power cables in some sections of the main current routes, as well as the advantages of conductive busbars made of electrolytic copper when used in shipbuilding. Mathematical expressions for checking current-carrying copper busbars for thermal stability by analytical methods, as well as for choosing the cross-section of current-carrying busbars for the allowable long-term current are given. The spatial geometric, finite element and visualized physical model of single-lane current-carrying busbars of rectangular cross-section 120×10 mm were created. The single-lane current-carrying busbars are placed relative to each other on wide sides and mounted on steel rectangular bases with the help of special ceramic fasteners. The visualized physical model contains information about the basic physical properties of electrical materials used in the spatial model and are necessary for the calculation. Using the numerical calculation method, pictures of the distribution of the main electrical and thermal quantities at the maximum allowable long-term current of 2950 A are obtained: electric potential, current density, heat flow, heat flux density, resistive heating and temperature. The functional dependence of the temperature on the current flowing through single-strip conductive copper busbars of rectangular cross-section 120×10 mm in the current range from zero to 3000 A was constructed, taking into account the dissipation of the generated heat from the outer surfaces of the busbars into the environment due to free convection and thermal radiation. The advantages of using the numerical method of calculation in solving field problems of marine electric power are shown.*

**Keywords:** modeling, stationary thermal field, conductive busbars, main switchboard, ship power system, temperature heating.

*Бажак О.В., Урум Н.С., Іваненко В.М., Федунів В.М.*

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОТИПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ НА МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ

*У статті розроблено тематику протипожежної безпеки на морському транспорті. Особливі умови професійної діяльності моряків створюють підвищену увагу до безпеки в разі виникнення пожеж.*

*Увага приділена нормативно-правовим актам, що регулюють пожежну безпеку на судні, які ґрунтуються на досвіді пожеж на морському транспорті, узагальнені в чисельних документах: рекомендаціях, правилах, вимогах (серед яких: Кодекс торговельного мореплавства, Конвенція ПДМНВ-78, Конвенція СОЛАС-74, Конвенція МАРПОЛ-73/78, Правила техніки безпеки і правила пожежної безпеки на морських судах та ін.)*

*Визначені обов'язки капітану, відповідального за пожежну безпеку та усього екіпажу під час пожежі. Розглянуто протипожежні дії екіпажу та способи гасіння пожеж при загальносудновій тривозі і при перевезенні вогнебезпечних вантажів. Водопожежна система повинна перебувати під робочим тиском, резервні пожежні насоси повинні бути готові до негайного пуску і до всіх пожежних кранів підведена вода. В розкладі по тривогах вказані особи, відповідальні за забезпечення подачі до кранів води в разі необхідності, які повинні у разі небезпеки чітко виконати дії, які забезпечать подачу води під тиском, також, в розкладі по тривогах повинні бути вказані особи, відповідальні за заdraювання запірних пристроїв трубопроводів і суднової вентиляції. Систематично, але не рідше одного разу на три дні, перевіряються системи пожежної сигналізації.*

*Отже, на кожному працівнику лежить відповідальність за пожежну небезпеку судна, і кожного разу він повинен виконувати протипожежні вимоги, був готовий виконувати чіткі та впевнені дії щоб убезпечити займання вантажу чи приміщень судна.*

*Своєчасне виявлення виникнення пожежі на судні є запорукою її локалізації та ліквідації з мінімальним збитком для судна, вантажу та екіпажу.*

**Ключові слова:** загально-суднова тривога про пожежу на судні, гасіння пожеж на судах, правове регулювання вимог протипожежної небезпеки на судах, пожежа на судні, попередження пожеж, обов'язки екіпажу при виникненні пожежі.

**Постановка проблеми.** Усі ми можемо під час своєї професійної діяльності стикнутися із пожежами, будь то вчитель, автослюсар, косметолог, лікар. Проте, морякам необхідно часто приймати рішення в умовах гострого дефіциту часу, впливу на психіку небезпечних факторів, відсутності можливості порадитися і отримати допомогу, адже судно може знаходитися за кілька тисяч кілометрів від неї. І в такій ситуації все буде залежати лише від знань та відповідальності кожного з членів команди.

Особливі умови професійної діяльності створюють і відповідну підвищену увагу до безпеки моряків, володінні ними знаннями у разі небезпечних ситуацій, а отже і в разі виникнення пожеж. Необхідні хоча б мінімальні знання, щоб уникнути пожежних небезпек, а якщо вже не вдалося, то треба знати і чітко реагувати та діяти, щоб не допустити ушкоджень судна і небезпек для життя людей, що знаходяться на судні. Сьогодні ці дії, ґрунтуються на досвіді пожеж на морському транспорті, узагальнені в чисельних документах: рекомендаціях, правилах, вимогах (серед них: Кодекс торговельного мореплавства, Конвенція ПДМНВ-78 [3], Конвенція СОЛАС-74[1],

Конвенція МАРПОЛ-73/78 [2], Правила техніки безпеки і правила пожежної безпеки на морських судах [5] та ін.). Кожному моряку їх треба знати і виконувати. Незнання і невиконання вимог керуючих документів може призвести до пожежі, через що може статися не лише ушкодження судна, втрата вантажу, але й втрата життя людей, причому, не лише, тих, кого рятують, а й самого рятувальника, якщо він не володіє знаннями та технікою виконання рятувальних робіт при пожежній ситуації на судні. До того ж тематика пожежної безпеки є обов'язковим курсом підготовки моряків, а також професійної атестації моряків. Саме тому ця тематика знаходиться під постійною, пильною увагою науковців, серед яких: Н. Басанець [7], Ю.Скобло [11] та інші.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За останні роки з метою попередження та оперативних дій при пожежі було розроблено ряд нормативних положень для забезпечення ефективної боротьби з пожежею. Фактично всі відповідні форми так чи інакше висвітлювалися у статтях, на сторінках весвітньої павутини і навіть у вигляді сформованих нормативних документів. У цій роботі проведено узагальнення відповідних матеріалів задля досягнення поставленої мети статті.

**Метою статті** є дослідження основних методів боротьби та протидії пожежі, аналіз нормативно-правових документів, важливість чіткої та своєчасної дії при пожежі на судні.

**Основні результати дослідження.** Усі судна мають підвищену пожежонебезпеку, особливо судна, що перевозять небезпечні вантажі: нафтові танкери, танкери-хімовози, танкери-газовози, судна з іншим легкозаймистим вантажем. Конвенція СОЛАС-74 [1] приділяє велику увагу питанням протипожежного захисту, виявлення і гасіння пожежі на судні. Цим питанням присвячена Глава II-2: Частина А - Загальні положення; Частина В – Заходи пожежної безпеки на пасажирських судах; Частина С - Заходи пожежної безпеки на вантажних судах; Частина Д - заходи пожежної безпеки на танкерах.

У таблиці А-VI / 1-2 Кодексу Конвенції ПДМНВ-78 [3] вказані мінімальні вимоги до компетентності в області протипожежної безпеки і боротьби з пожежею:

- організація боротьби з пожежею на борту судна;
- розташування протипожежних засобів і шляхів евакуації;
- складові частини пожежі (пожежний трикутник);
- типи і джерела займання;
- займисті матеріали, небезпека виникнення і поширення пожежі;
- необхідність постійної пильності;
- виявлення пожежі і диму, автоматичні системи пожежної сигналізації;
- дії, які необхідно вживати при виявленні ознак пожежі на судні;
- класифікація пожеж і застосовуваних вогнегасних речовин.
- протипожежне обладнання і його розташування на судні;
- стаціонарні протипожежні системи на судні;
- пожежне спорядження;
- протипожежні пристрої і обладнання;
- методи боротьби з пожежею;
- використання дихальних апаратів в ході боротьби з пожежею і дій по порятунку.

Правила пожежної безпеки на морських судах України [5] визначають заходи по попередженню вибухів і пожеж на судах і способи боротьби з пожежами при їх виникненні.

Заходи щодо запобігання пожеж на судах розробляються ще на етапі їх конструювання, які повинні відповідати вимогам Конвенції СОЛАС-74 та правил пожежної безпеки на судах.

Доних вимагається дуже ретельний контроль під час експлуатації. Так, всі системи пожежогасіння повинні бути завжди готові до негайного пуску. У розкладі по тривогах повинні бути вказані особи, відповідальні за пуск кожної з систем пожежогасіння та ін.

При загально-суднової тривоги і при перевезенні вогнебезпечних вантажів водопожежна система повинна перебувати під робочим тиском, резервні пожежні насоси повинні бути готові до негайного пуску і до всіх пожежних кранів підведена вода. Є й обмеження, у зимовий період до пожежних кранів, розташованих на верхній палубі, щоб уникнути замерзання, вода не підводиться, але в розкладі по тривогах вказані особи, відповідальні за забезпечення подачі до них води в разі необхідності, які повинні у разі небезпеки чітко виконати дії, які забезпечать подачу води під тиском.

У розкладі по тривогах також повинні бути вказані особи, відповідальні за задраювання запірних пристроїв трубопроводів і суднової вентиляції.

Систематично, але не рідше одного разу на три дні, перевіряються системи пожежної сигналізації.

Отже, на кожному працівнику лежить відповідальність за пожежну безпеку судна, і кожного разу він повинен виконувати протипожежні вимоги, щоб убезпечити займання вантажу чи приміщень судна.

Додамо, що куріння на судні, яке може призвести до спалахування легкозаймистих речовин, які використовуються у роботі чи є вантажем, дозволяється тільки в місцях, спеціально встановлених наказом по судну.

Особливу пожежну безпеку представляє саме машинне відділення, адже саме там спостерігається наявність пально-мастильних речовин, робота двигунів тощо.

Основні протипожежні правила для машинного відділення складаються в наступному:

- не допускати витоків палива з паливних проводів, форсунок, накопичення його в піддонах, під котлом, в топці;
- слідкувати за станом обмуровки топки котла, обшивки та ізоляції котла;
- не заносити в котельне відділення легкозаймисті рідини з температурою спалаху нижче 28 ° C;
- не рідше одного разу на місяць, а також перед кожним виходом в рейс, перевіряти дію всіх засобів гасіння пожежі в котельному відділенні [11, с. 203].

Якщо ж пожежа на судні все ж таки сталася, роботи з відкритим вогнем на судні проводяться тільки з дозволу капітана і під контролем вахтової служби.

Будь-який член екіпажу, який виявив пожежу або її первинні ознаки (дим, запах гару, підвищена температура), зобов'язаний через найближчий ручний сповіщувач пожежної сигналізації або будь-яким іншим способом повідомити про це вахтову службу. Для своєчасного виявлення пожежі судна також оснащені системами автоматичної пожежної сигналізації. В якості датчиків, які фіксують відхилення ситуації від норми, можуть бути використані теплові, димові, світлові, іонні та інші пристрої.

Відповідальний за виконання протипожежних робіт призначається капітаном з числа осіб командного складу (він ознайомлюється із своїми обов'язками щодо протипожежної безпеки, проходить інструктаж, проводить тренування тощо). При знаходженні судна в рейсі відповідальними за пожежну безпеку загалом призначається або старший помічник капітана – при роботах в вантажних трюмах, при нагляді за виробничими, житловими та службовими приміщеннями, на відкритих частинах палуби і надбудов; або / й старший механік – загалом при роботах в машинно-котельному відділенні, тунелі гребного валу, рефрижераторному відділенні, насосному відділенні та інших приміщеннях судно-механічної служби, чи обидва з розділенням повноважень.

Проте, відповідальність при пожежі лягає на капітана. Його основні обов'язки, як керівника гасіння пожежі на судні, включають вирішення комплексу питань з двох основних проблем:

- забезпечення безпеки людей, що знаходяться на борту (екіпаж, пасажери та інші);

– прийняття оптимального рішення про способи і методи боротьби з пожежею [10, с. 281].

Після оголошення загально-суднової тривоги і приведення екіпажу в готовність до боротьби за живучість судна, капітан уточнює наявність людей в аварійному та в суміжних з ним відсіках, особливо в нижніх приміщеннях. При наявності людей у першу чергу необхідно організувати їх евакуацію в безпечні місця, а якщо необхідно – надати порятунок. Порятунок людей повинен проводитися одночасно з гасінням пожежі.

Перед початком протипожежних робіт відповідальний за протипожежну безпеку зобов'язаний:

- оглянути приміщення, де повинні вестися роботи, і сусідні з ним приміщення і попередити людей, що в них знаходяться про початок робіт, вказавши шляхи можливої евакуації з цих приміщень;
- через службу вахти привести в негайну готовність протипожежні засоби, що знаходяться в приміщеннях, і забезпечити нахождение водопожежної системи судна під напором;
- забезпечити видалення всіх вогнебезпечних матеріалів, розташованих у місцях проведення протипожежних дій і на прилеглих до приміщення із займанням ділянках;
- перевірити можливість негайної герметизації приміщення;
- перевірити одяг зварників і справність апаратури для виробництва робіт;
- виставити в приміщенні, де ведуться роботи, а при необхідності і в суміжних приміщеннях вахтових, попередньо проінструктувати їх;
- доложити про готовність приміщення до проведення робіт вахтовому помічнику капітана, оглянути їх разом з ним і отримати через нього дозвіл на проведення робіт;
- при необхідності забезпечити приміщення і місце роботи належною вентиляцією (однак, враховуючи факт, що в різних випадках додатковий протяг може лише посилити пожежу, отже вентиляцію в багатьох випадках слід використовувати слід вже після повного гасіння пожежі);
- по закінченні робіт відповідальний за їх виробництво зобов'язаний доповісти про це вахтовому помічнику, передати з його дозволу приміщення особам, в завідуванні яких вони знаходяться, після чого зняти з постів вахтових [9 с. 20].

Боротьба екіпажу з пожежами на суднах повинна проводитися відповідно до оперативно-тактичних карт і планів пожежогасіння під керівництвом капітана та відповідального за протипожежну безпеку і включати наступні дії:

- виявлення пожежі та з'ясування місця її виникнення і розмірів;
- обмеження розширення пожежі на інші приміщення;
- попередження можливих під час пожежі вибухів;
- ліквідація пожежі та її наслідків [7, с. 201].

Після отримання сигналу чи повідомлення про пожежу вахтовий помічник капітана зобов'язаний негайно оголосити загально-суднову тривогу щодо боротьби з пожежею, за сигналом якої екіпаж судна повинен діяти відповідно до розкладу по тривогам.

За сигналом загально-суднової тривоги по боротьбі з пожежею начальники аварійних груп зобов'язані:

- прибути на об'єкт пожежі;
- встановити місце і розміри пожежі;
- в залежності від розмірів та локалізації пожежі – погасити її самостійно, або ж виділити необхідну кількість людей в дихальних апаратах і засобах для гасіння пожежі і роботи в задимлених відсіках;
- забезпечити винос з охоплених вогнем або задимлених приміщень постраждалих і надати їм першу медичну допомогу;

- організувати огляд відсіків і приміщень, суміжних з аварійним, і при необхідності забезпечити охолодження перегородок водою;

- доповісти на місток про результати проведених дій.

При гасінні пожежі кожен член аварійної групи зобов'язаний:

- беззаперечно, чітко та швидко виконувати команди і накази відповідального за пожежну безпеку;

- для швидкого використання вигідних умов при змінній обстановці на пожежі, якщо немає часу і можливості доповісти відповідальному за пожежну безпеку про становище для отримання нового наказу, діяти швидко і самостійно, використовувати вигідні умови;

- допомагати учасникам екіпажу в гасінні пожежі, попереджувати інших про небезпеку і при необхідності вжити заходів до їх порятунку;

- надавати першу допомогу постраждалим при пораненні, опіку або отруєнні газами.

Гасіння пожежі рекомендується здійснювати в наступному порядку:

- припинити доступ горючих речовин в осередок пожежі;

- ізолювати осередок пожежі від доступу повітря;

- охолодити горючі речовини до температури нижче температури їх спалаху [7, с. 208].

На судах застосовуються поверхневий і об'ємний способи гасіння пожежі.

При поверхневому способі гасіння пожежі ізоляція поверхонь палаючої речовини від доступу повітря здійснюється за допомогою вогнезахисних засобів, а при об'ємному - припиненням доступу повітря в приміщення або введенням в нього речовин, які не підтримують або пре припиняють горіння. В якості вогнегасних засобів при поверхневому способі використовуються вода, хімічна і повітряно-механічна піна; при об'ємному способі застосовуються вуглекислий газ, пар, легкокипарювальні рідини.

Вода застосовується при гасінні пожеж в переважній більшості випадків, за винятком гасіння палаючих металів (алюміній, магній, цинк), електроустаткування, що знаходиться під напругою, карбиду і інших хімікатів. У дрібнорозпиленому стані воду можна застосовувати при гасінні нафтопродуктів.

При гасінні пожежі водою необхідно враховувати:

- вплив води у відсіках на остійність і запас плавучості судна;

- шкідливий вплив води на електрообладнання;

- отримання задушливого і небезпечного для життя людей газу при потраплянні води в кислоту.

Водяна пара застосовується для гасіння пожежі в танках, під котлом, в малодоступних і закритих відсіках.

Піна - ефективний засіб для гасіння горючих, нерозчинних в воді рідин (бензину, гасу, нафти, мазуту, солярки, масел, жирів). Піною, утвореною на морській воді, можна гасити всі види пожеж за винятком електрообладнання, яке знаходиться під напругою та металів.

При гасінні палаючих рідин всередині відсіку струмінь піни повинен по даватися якомога горизонтально і рівномірно в напрямку від краю палаючої рідини до центру. При гасінні палаючих вертикальних поверхонь піну слід подавати у верхню частину вогнища пожежі.

Вуглекислий газ застосовується на судах для гасіння більшості горючих речовин в трюмах, танках та інших малодоступних приміщеннях.

Проте, окрім основних обов'язків щодо гасіння пожежі у членів екіпажу. Порядок і способи порятунку людей визначає керівник гасіння пожежі в залежності від обстановки і

стану людей, яким необхідно надати допомогу. Всі роботи з порятунку повинні проводитися швидко і обережно, щоб не заподіяти шкоди людям, яких рятують.

Основними способами порятунку людей є:

- самостійний вихід за вказаними безпечними напрямками;
- вивід людей під наглядом членів екіпажу, виділених для забезпечення порятунку, коли шляху порятунку задимлені або стан людей викликає сумнів в можливості самостійного їх виходу;
- винос людей, які втратили здатність пересуватися самостійно, або підйом їх з нижніх приміщень за допомогою суднових засобів та пристосувань [8, с. 137].

Після пожежі залежно від її розмірів, локалізації т. ін. перед керівництвом постає проблема збереження остійності судна.

При подачі всередину корпусу судна значної кількості води можуть виникнути значний крен і судно може втратити остійність. Контроль за станом остійності судна керівник гасіння пожежі зобов'язаний організувати на самому початку гасіння пожежі. Своєчасно повинні прийматися наступні заходи по збереженню остійності судна:

- у внутрішніх приміщеннях працювати зі стволами, забезпеченими вимикаючими пристроями;
- подавати воду тільки цілеспрямовано в осередок пожежі, а не «на дим»;
- замінити подачу води повітряно-механічною піною;
- відкачувати воду судновою системою осушення;
- для вирівнювання крену використовувати переміщення баласту, палива та інших рідин [7, с. 231].

Успіх в гасінні пожежі на судні переважно залежить від правильного вибору вогнегасних засобів, забезпечення необхідної їх, місця і способу розміщення. Розглянемо основні способи:

1. Водогасіння. Вода як вогнегасний засіб на суднах може застосовуватися у вигляді компактних або розпоршених струменів в залежності від характеру пожежі та особливостей обстановки в аварійному приміщенні. Струменями води переважно гасять більшість твердих горючих речовин (суднові конструкції, генеральні вантажі і т.п.).

2. Піногасіння. Основним вогнегасним ефектом всіх видів пін є їх спроможність шаром піни ізолювати поверхню горючої речовини (рідкого або твердого) від зони горіння. За своїм складом піна буває хімічна і повітряно-механічна. Хімічна піна на судні може бути отримана за допомогою ручних і пересувних вогнегасників. Повітряно-механічна піна може бути отримана в великих кількостях за допомогою піногенераторів, до яких підводиться від будь-якого пожежного крана суміш води з піноутворювачем. На деяких суднах система піногасіння є самостійною, зі своїми насосами, трубопроводами, пожежними кранами, рукавами і піногенераторами.

3. Вуглекислотне гасіння. Основним вогнегасним ефектом вуглекислоти є позбавлення окислювача (кисню повітря) в закритому аварійному відсіку судна. Вуглекислота зберігається в балонах. Перед пуском  $\text{CO}_2$  в аварійний відсік звідти необхідно вивести людей. Витримка часу після подачі  $\text{CO}_2$  повинна бути не менше 2 годин, якщо відсутня можливість переконатися в припиненні горіння. Трюми рекомендується тримати закритими до приходу в порт. Під час витримки необхідно контролювати нагрів палуб і перегоронок, якщо необхідно – охолоджувати їх.

4. Парогасіння. Водяна пара може бути використана для гасіння пожежі в закритих приміщеннях (відсіках), куди вона підводиться стаціонарно від суднового паропроводу або тимчасово за допомогою гумових шлангів, прокладених в процесі пожежогасіння. На суднах найчастіше пара використовується при гасінні пожежі в паливних танках, при пожежі під паровим котлом, під час пожежі в підпоршневій порожнині ГД.

5. Гасіння хладонами. Стаціонарні суднові хладонові системи можуть захищати машинні приміщення та вантажні трюми, а також деякі інші приміщення. Пари хладону діелектричні і мають хорошу здатність проникати в глибину маси палаючих речовин. Для ефективного використання хладонів необхідно дотримуватися рекомендованих для вуглекислоти заходи по герметизації аварійного приміщення і витримці після подачі хладону. При роботі з хладонами необхідно строго виконувати вимоги техніки безпеки.

6. Вогнегасні порошки. Вогнегасні порошки є одним з універсальних засобів пожежогасіння.

Порошки здатні гасити як тверді, так і рідкі газоподібні горючі речовини. За своїм хімічним складом порошки поділяються на:

- порошки загального призначення, що застосовуються при пожежах звичайних твердих горючих речовин, рідин і газів;
- спеціальні – хімічний склад яких підібраний таким чином, що він здатний нейтралізувати агресивні властивості строго визначених горючих речовин;
- універсальні порошки призначені для гасіння групи горючих речовин, що мають однорідні властивості (лужні метали, їх з'єднання і т.п.).

При виявленні пожежі у відсіках та приміщеннях, де знаходяться люди забороняється використовувати парогасіння, хладонове гасіння і газотушіння, а також відключати освітлення і вентиляції.

Для подолання екстремальних ситуацій, як то боротьба з пожежами на судні, потрібні не лише теоретичні знання, тренування (коли людина впевнена, що з нею нічого не станеться), але й особисті якості, як відвага, відповідальність, обережність, також гарна реакція та чітка послідовність дій, щоб не зашкодити ні собі, ні постраждалим, спрямування усіх зусиль на врятування судна.

Висновки. Пожежі – це реальна небезпека, так, не часто, але вони трапляються в нашому житті, тим більше вони небезпечні у замкненому просторі та у морі, де у силу часу неможливо очікувати сторонньої допомоги та потрібно небезпеку долати своїми силами, тому кожному члену екіпажу потрібно не лише мати теоретичні знання з пожежної безпеки чи рятування людей, але й відповідально відноситися до своїх щоденних обов'язків, а найголовніше – в екстремальній ситуації не розгубитися, не піддатися паніці, а виконувати дії, які убезпечать і судно, і вантаж на ньому, і людей від пожежі, вчасно та злагоджено з командою та під керівництвом відповідального за пожежну безпеку чи капітана виконувати дії щодо гасіння пожежі.

Своєчасне виявлення виникнення пожежі на судні є запорукою її локалізації та ліквідації з мінімальним збитком для судна, вантажу та екіпажу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі СОЛАС-74. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_251#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_251#Text) (дата звернення 04.11.2021.)

2. Міжнародна конвенція по запобіганню забрудненню з суден МАРПОЛ-73/78. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/896\\_009#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/896_009#Text) (дата звернення 04.11.2021.)

3. Міжнародна конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 року (Конвенції ПДМНВ-78). URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_053#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_053#Text) (дата звернення 07.11.2021.)

4. Вимоги до тренажерного та іншого обладнання, призначеного для підготовки та перевірки знань осіб командного складу та судової команди по боротьбі з пожежею : Наказ Міністерства інфраструктури України від 07.10.2014. № 491. *Офіційний вісник України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1326-14#Text> (дата звернення 08.11.2021.)

5. Правила пожежної безпеки на морських судах України: НАПБ В.01.013-2007. URL:[http://sop.zp.ua/norm\\_napb\\_b\\_01\\_013-2007\\_01\\_ua.php](http://sop.zp.ua/norm_napb_b_01_013-2007_01_ua.php) (дата звернення 01.11.2021.)
6. Про затвердження Правил пожежної безпеки для суден, які будуються та ремонтуються: Наказ Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків чорнобильської катастрофи : Наказ КМУ від 23.03.2004. № 136. *Офіційний вісник України*. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0490-04#Text> (дата звернення 07.11.2021.)
7. Басанець Н.Р. Безпека і охорона на морі. Одеса: ОНМА, центр «Іздатинформ», 2009. 306с.
8. Голікова В.В., Роман Г.Г., Шевченко О.І. Надання першої медичної допомоги на борту судна: навчальний посібник. Одеса: ОНМА, 2014. 204с.
9. Демидов В.В. Управління боротьбою з пожежею на судні. Одеса: ЦПАП, 1997. 122 с.
10. Безпека і охорона на морі : навч. посіб / Скобло Ю.С та ін. Київ: Кондор, 2003. 424 с.
11. Яким Р.С. Безпека і охорона на морі : навч. посіб. Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2005. 304 с.

## REFERENCES

1. Mizhnarodna konventsiiia z okhorony liudskoho zhyttia na mori SOLAS-74 [International Convention for the Safety of Life at Sea SOLAS-74]. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_251#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_251#Text)(accessed:04.11.2021.)[in Ukrainian]
2. Mizhnarodna konventsiiapo zapobihanniu zabrudnenniu z sudenMARPOL-73/78 [International Convention for the Prevention of Pollution from ShipsMARPOL-73/78]. URL:[https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/896\\_009#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/896_009#Text)(accessed:04.11.2021.)[in Ukrainian]
3. Mizhnarodna konventsiiia pro pidhotovku i dyplomuvannia moriakiv ta nesennia vakhty 1978 roku (Konventsii PDMNV-78) [International Convention on the Training and Certification of Seafarers and Watchkeeping, 1978 (the STCW-78 Convention)]. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_053#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_053#Text)(accessed:07.11.2021.)[in Ukrainian]
4. Vymohy do trenazhernoho ta inshoho obladdnannia, pryznachenoho dlia pidhotovky ta perevirky znan osib komandnoho skladu ta sudnovoi komandy po borotbi z pozhezheiu [Requirements for training and other equipment intended for training and testing of knowledge of crew members and ship's firefighting team] : Nakaz Ministerstvainfrastruktury Ukrainy vid 07.10.2014. № 491. Ofitsiinyi visnyk Ukrainy. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1326-14#Text> (accessed:08.11.2021.)[in Ukrainian]
5. Pravyla pozhezhnoi bezpeky na morskykh sudnakh Ukrainy: NAPB В.01.013-2007[Rules of fire safety on sea vessels of Ukraine: NAPB В.01.013-2007]. URL:[http://sop.zp.ua/norm\\_napb\\_b\\_01\\_013-2007\\_01\\_ua.php](http://sop.zp.ua/norm_napb_b_01_013-2007_01_ua.php)(accessed:01.11.2021.)[in Ukrainian]
6. Pro zatverdzhennia Pravyl pozhezhnoi bezpeky dlia suden, yaki buduiutsia ta remontuiutsia: Nakaz Ministerstva Ukrainy z pytan nadzvychainykh sytuatsii ta u spravakh zakhystu naseleattia vid naslidkiv chornobylskoi katastrofy [On approval of the Rules of fire safety for ships under construction and repair: Order of the Ministry of Emergencies and Protection of the Population from the Consequences of the Chernobyl Accident]: Nakaz KМУ vid 23.03.2004. № 136. Ofitsiinyi visnyk Ukrainy. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0490-04#Text> (accessed:07.11.2021.)[in Ukrainian]
7. Basanets N.R. (2009). Bezpeka i okhoronanamori. Odessa [Security and protection of the sea]: ONMA, tsentr «Yzdatynform». [in Ukrainian]

8. Holikova V.V., Roman H.H., Shevchenko O.I. (2014). Nadannia pershoi medychnoi dopomohy na bortu sudna: navchalnyi posibnyk [Provision of first aid on board a ship]. Odesa: ONMA. [in Ukrainian]

9. Demydov V.V. (1997). Upravlinnia borotboiu z pozhezheiu na sudni [Ship fire control]. Odesa: TsPAP. [in Ukrainian]

10. Bezpeka i okhorona na mori (2003)[Security and safety at sea] : navch. posib / Skoblo Yu.S ta in. Kyiv: Kondor. [in Ukrainian]

11. Iakym R.S. (2005). Bezpeka i okhorona na mori : navch. Posib [Security and safety at sea]. Lviv: Vydavnytstvo «Beskyd Bit».[in Ukrainian]

**Urum N.S., Ivanenko V.M., Fedunov V.M., Bazhak O.V.**  
**ENSURING FIRE SAFETY ON MARITIME TRANSPORT**

*The article develops the topic of fire safety in maritime transport. Special conditions of professional activity of seafarers create increased attention to safety in case of fires.*

*Attention is paid to the regulations governing fire safety on ships, which are based on the experience of fires in maritime transport, summarized in numerous documents: recommendations, rules, requirements (including: Merchant Shipping Code, PDMNV-78 Convention, SOLAS-74 Convention , MARPOL-73/78 Convention, Safety and Fire Safety Regulations for Ships, etc.)*

*The responsibilities of the captain responsible for fire safety and the entire crew during the fire have been defined. The fire-fighting actions of the crew and methods of extinguishing fires in case of general ship alarm and transportation of fire-hazardous cargo are considered. The water fire system must be under operating pressure, backup fire pumps must be ready for immediate start and water must be supplied to all fire hydrants. The alarm schedule shall specify the persons responsible for providing water to the taps if necessary, who must clearly perform actions that will ensure the supply of water under pressure in case of danger, and the alarm schedule shall specify the persons responsible for closing the shut-off devices. pipelines and ship ventilation. Fire alarm systems are systematically inspected, but at least once every three days.*

*Therefore, each employee is responsible for the fire hazard of the vessel, and each time he must comply with fire safety requirements, he was ready to perform clear and confident actions to ensure the ignition of cargo or premises of the vessel.*

*Timely detection of a fire on a ship is a guarantee of its localization and elimination with minimal damage to the ship, cargo and crew.*

**Key words:** *general ship fire alarm, firefighting on ships, legal regulation of fire hazard requirements on ships, ship fire, fire prevention, crew responsibilities in case of fire.*

**Сорока В.В.**

## КОНТРОЛЬ ТА ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ПІДШИПНИКІВ СУДНОВОГО ВАЛОПРОВОДУ

*Розглянуті пошкодження і відмови суднових валопроводів (ВП) та підшипників кочення й ковзання, а так само причини, які їх викликають. Були розглянуті навантаження, що впливають на ВП у процесі роботи, через які утворюються дефекти. Відомо, що половина від усіх видів напруг, які виникають у ВП, складає такий вид напруженого стану як обертання. Усі обертальні коливання, виникаючі у валопроводах носять знакоперемінний характер і обумовлені дією періодичних сил від кривошипів колінчатого вала і лопатей гвинта, які викликають закручування і розкручування окремих мас. Поперечні коливання з'являються в результаті дисбалансу, обумовленого ексцентриситетом мас роторів та їх сполучних елементів при експлуатації та ремонті. У результаті проведеного аналізу причин дефектів та пошкоджень суднових ВП був зроблений наступний висновок: пошкодження суднових ВП викликає напружено-деформований стан в елементах підшипників. Технічний стан валової лінії СЕУ визначається в основному ресурсом підшипників.*

*Для запобігання аварійного виходу з ладу судна, були розглянуті причини, які приводять до пошкоджень і виходу з ладу підшипників ВП. Виявлено основні фактори, які визначають умови експлуатації підшипників ВП. Визначено процеси, які призводять до важких задирам, або катастрофічному зносу та виходу з ладу підшипників ВП.*

**Ключові слова:** валопровід, вібродіагностика, двигун внутрішнього згоряння, підшипник, морський транспорт.

Аварії на водному транспорті в більшості випадків пов'язані з ризиком для здоров'я та життя екіпажа, небезпекою для навколишнього середовища, а також із серйозним економічним і моральним збитком.

Однією з причин значної кількості виникаючих аварій є відмова вузлів та агрегатів суднової енергетичної установки (СЕУ). Ресурс СЕУ визначається технічним станом основних деталей у складі "ДВЗ - валопровід (ВП) - гребний гвинт (ГГ)". Найбільш значним джерелом динамічних збуджень є судновий ДВЗ, оскільки в умовах реальної експлуатації для них найбільш характерний широкий діапазон зміни швидкісного і навантажувального режимів, і, у зв'язку з цим, виникають динамічні явища в системі "ДВЗ - ВП - ГГ", що негативно позначається на технічному стані всієї енергетичної установки. За статистичними даними вітчизняних суднових компаній через відмови вузлів СЕУ не працює до 20% вантажних судів у навігації. Українським підприємствам неможливим прогнозувати поломки основних деталей, що вносить велику дезорганізацію виробничого процесу. Більшість непередбачених дефектів приходиться на ті деталі, механізми та обладнання, що недоступні для безпосереднього контролю. До таких деталей, наприклад, відносяться підшипники колінчатих валів (КВ) ДВЗ, підшипники та шестірні реверс - редукторних агрегатів та підшипники гребних валів (ГВ). Розбирання суднових ВП з метою контролю технічного стану окремих його вузлів, як правило, сполучена з великими труднощами, виведенням з експлуатації і часто буває невиправданим. Крім цього, досвід експлуатації і ремонту машин, механізмів, різного

обладнання свідчить, що розбирання приводить до прискорення зносу деталей, оскільки порушує приробіток сполучень.

При належному технічному стані підшипники можуть безупинно експлуатуватися протягом багатьох років, але на практиці робочі умови рідко бувають ідеальними. Тому контроль і оцінка технічного стану підшипників суднових ВП для працездатності СЕУ має велике значення.

**Аналіз публікацій за темою дослідження.** Аналіз вітчизняних та закордонних робіт в області контролю технічного стану механічних систем дозволяє стверджувати про доцільність й ефективність використання методів віброакустичної діагностики. "Вібросигнал, володіючи досить ємною інформацією про роботу агрегату та його елементів, може стати достовірним показником його стану. Не тільки виявити вже існуючу несправність, але й знайти дефект, який розвивається на дуже ранній стадії, дозволяють методи віброакустичної діагностики. Це надає можливість прогнозувати аварії та планувати терміни й об'єм ремонту обладнання" [2, 7]. Наукові аспекти даного дослідження формувалися на основі вивчення робіт вітчизняних та закордонних учених ведучих науково - дослідницьких та проектних інститутів, вищих навчальних закладів, розробників апаратно – програмних комплексів для виміру динамічних характеристик машин, установок, обладнання та їх елементів. Дослідження і розробки в області виміру динамічних характеристик представлені в роботах З.П. Глушкова, Б.О. Лебедева, А.М. Барановського, В.С. Поповича, Л.В. Єфремова, R.B.Randall, M.G. Srinivasan, W.J. Wang, Deng Xiaomin, Quail Wang та інших. Дослідження в галузі віброакустичної діагностики безпосередньо підшипників представлені в роботах Р.Я. Коллакота, А.В. Баркова, Н.А. Баркової, В.А. Руссова, М.Д. Генкіна, А.Г. Соколової, А.А. Мінцова.

**Метою статті** є розробка підходів до оцінки технічного стану та ідентифікації пошкоджень підшипників ВП СЕУ.

#### **Основна частина.**

Судновий ВП служить для передачі обертового моменту (ОМ) від головного двигуна (ГД) до ГГ та сприйнятті осьових зусиль упора, створюваних гвинтом при його обертанні, з наступною передачею зусиль через упорний підшипник корпусу судна, і відноситься до тих елементів СЕУ, відмова яких у більшості випадків (для всіх одногвинтових судів) приводить до повної втрати керованості судна, і як наслідок до катастроф.

На рис. 1 представлений ВП СЕУ, що представляє собою багатоупорний вал, несущий на консолях масу – ГГ.

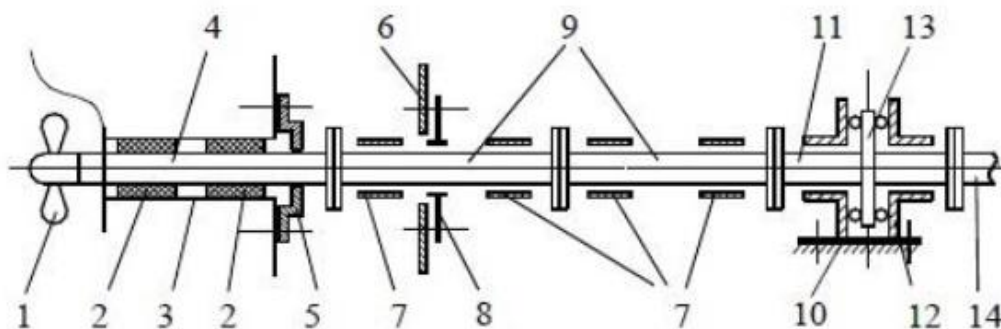


Рисунок 1 – Судовий валопровід

На рисунку 1.1 позначено: 1 – гвинт; 2 - дейдвудні підшипники; 3 - дейдвудна труба; 4 - гребний вал; 5 - ущільнюючий пристрій; 6 - сполучна напівмуфта; 7 – опорні підшипники; 9 - проміжні вали; 10 - судновий фундамент; 11 - упорний вал; 12 - упорний

підшипник; 13 - упорний гребінь; 14 - вал двигуна або вал передачі від двигуна (наприклад, з редуктором).

У процесі руху судна ВП має складний напружений стан, який викликається дією ОМ силової установки, осьової сили від упора ГГ і впливом деформації корпусу судна.

Навантаження, що діють на судновий ВП розділяються на систематичні і випадкові. До систематичних навантажень належать:

- величина ОМ ГД;
- сила ваги конструктивних елементів;
- передана від ГГ сила;
- гідродинамічний момент, що з'являється на ГГ через нерівномірності швидкості, набігаючого на нього потоку води:
- контактний тиск у місці посадки гвинта на вал;
- обумовлені пружною деформацією корпусу судна згинальні моменти ВП.

До випадкових навантажень належать:

- монтажними викривлення ВП, згинальні моменти та реакції на його опорах;
- викликані зносом третьових підшипникових пар згинальні моменти реакції на опорах ВП;
- згинальні моменти та реакції на опорах ВП від пружної деформації корпусу під дією хвиль;
- навантаження від невірноваженості конструктивних елементів;
- сили інерції при крені та диференті судна;
- динамічні навантаження при зіткненнях з перешкодами корпусу або ГГ.

ОМ вала двигуна є величиною змінною. Його величина залежить від зміни значень суми тангенціальних зусиль по всіх циліндрах ГД за один оборот, а так само від моментів інерції всіх обертових деталей двигуна. Зміни величини ОМ викликають обертальні коливання ВП, які також відносяться до систематичних навантажень.

Струмені набігаючого на ГГ потоку води мають різну швидкість руху по площі його лопатей, що є причиною зміни опору його обертанню та сили упора. Різні значення сили упора обумовлюють появу поперечних та паралельних коливань гідродинамічного характеру.

Динамічний характер навантажень приводить до виникнення, під час роботи ГГ, складного та змінного в часі напружено-деформованого стану матеріалу валів: колінчатого, проміжного, гребного, обумовленого напругами вигину, крутіння та розтягання - стиску.

Існуючі в інженерній практиці аналітичні підходи до оцінки міцності колінчатих, проміжних, гребних валів мають деяку невизначеність кінцевих результатів, оскільки не враховують комплексного впливу навантажень і не дають реальної картини напружено-деформованого стану усього вала. Крім того, через складні умови експлуатації виникає ряд випадкових (непрогнозованих) навантажень, що компенсуються запасами міцності [4]. Усі навантаження, що виникають у судових ВП, можна розділити по способам та видам впливу й упорядкувати у вигляді схеми представленої на рис. 2.

Особливу небезпеку для ВП являють собою подовжні (осьові) коливання. Подовжні коливання, впливаючи ВП, викликають наступні дефекти:

- тріщини галтелі кривошипа колінчатого вала;
- тріщини фундаменту упорного підшипника;
- тріщини лопатей ГГ;
- фреттінг-коррозія підшипників ВП;
- руйнування ВП.

Унаслідок впливу обертальних коливань на ВП утворюються наступні дефекти:

- втомні тріщини різних ділянок ВП;
- фреттінг-коррозія ВП;

- втомні руйнування колінчатого вала;
- втомні руйнування ГГ;
- збільшення навантаження на опорні підшипники.

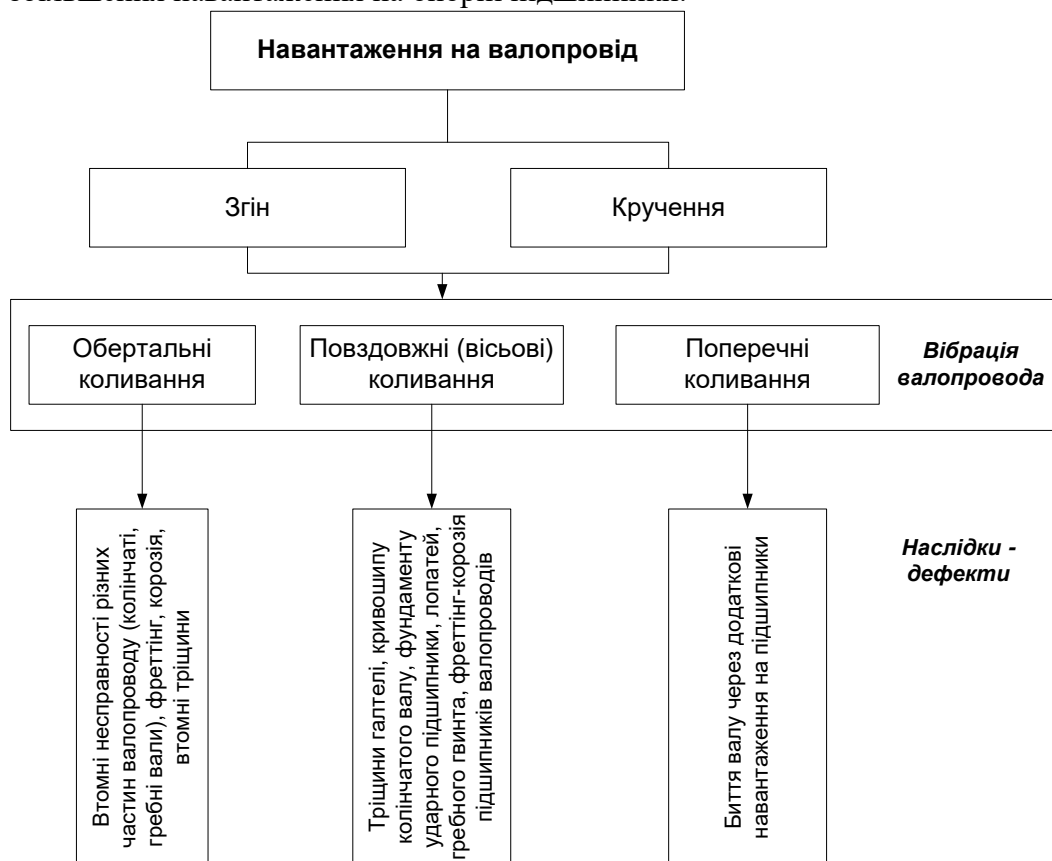


Рисунок 2 – Систематизація навантажень і дефектів валопроводу

Усі обертальні коливання, які виникають у ВП, носять знакоперемінний характер та обумовлені дією періодичних сил від кривошипа колінчатого вала і лопатей гвинта, що викликають закручування та розкручування окремих мас [3].

У практиці, щоб уникнути небезпечного резонансного режиму роботи суднового ДВЗ, установлюють зону заборонних оборотів.

Поперечні коливання з'являються в результаті дисбалансу, обумовленого ексцентриситетом мас роторів та їх сполучних елементів при експлуатації та ремонті. Особливу небезпеку представляє собою критична частота обертання, при якій виникає биття вала, що викликає додаткове навантаження на підшипники.

Пошкодження ПК в експлуатаційних умовах можуть бути умовно розділені на групи (рис. 2).

Надзвичайно великі навантаження або частоти обертання, погане змащення і забруднення поверхонь є причиною втомного руйнування ПК, що проявляється у вигляді викрашування доріжок кілець і тіл кочення.

На рис. 3 схематично виділені зовнішні ознаки по яких можна судити про вид пошкодження підшипника.



Рисунок 2 – Схема експлуатаційних пошкоджень підшипників кочення

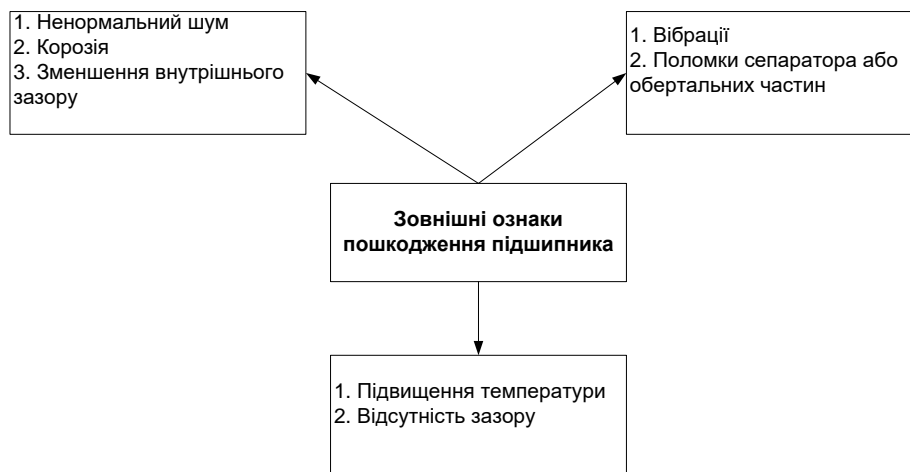


Рисунок 3 – Схема зовнішніх ознак пошкодження підшипника кочення

У розвитку дефектів підшипника, за весь термін служби можна виділити п'ять стадій (рис. 4).



Рисунок 4 – Стадії розвитку дефекту підшипника у часі

На першій стадії з'являється і починає розвиватися який-небудь дефект, виникають постійно збільшуються ударні коливання. Відбувається виникнення дефекту в процесі експлуатації. Далі енергія віброімпульсів у підшипнику досягає свого максимального значення, що призводить до саморозвитку дефектів. Наступна стадія – це саморуйнування підшипника.

Автори робіт [3, 4] довели, що в 90% випадків відмові механізмів передують підвищення рівня вібрації. При реальних умовах експлуатації машин було встановлено наступне: "між характеристиками вібрації машини і її технічним станом існує прямий зв'язок".

Застосування віброакустичної діагностики не тільки виявляє вже розвинену несправність, що дозволяє запобігти руйнуванню, але і дозволяє знайти дефект на дуже ранній стадії. У цьому випадку, можливо прогнозувати аварійну ситуацію і вчасно планувати терміни й обсяги ремонтних робіт. Оскільки руйнування підшипників відбувається раптово, то головне в діагностиці їх стану – виявлення дефектів до того, як трапилася серйозна поломка.

Віброакустичні методи визначення технічного стану ПК можна розділити на три групи (рис. 5) .

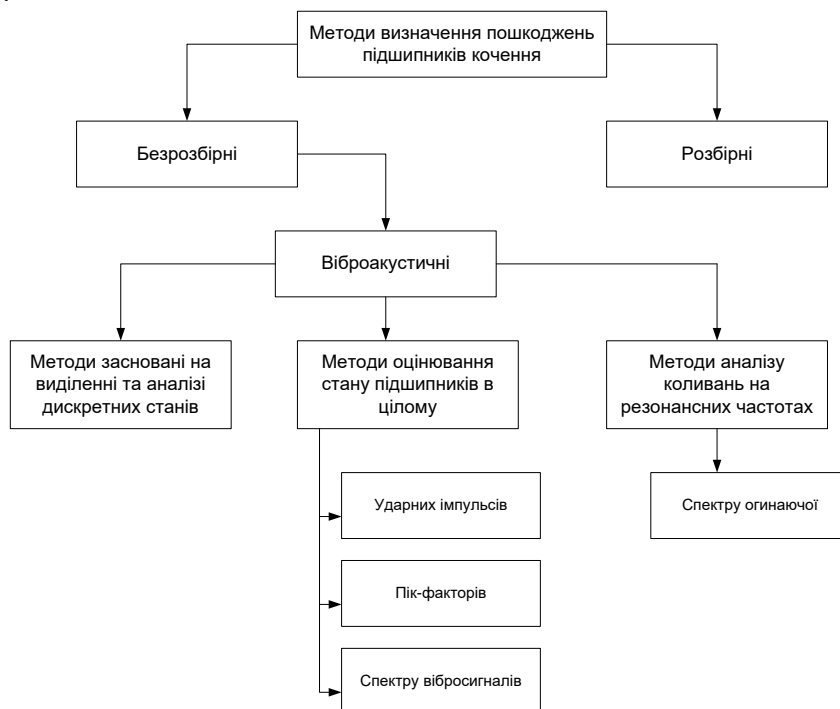


Рисунок 5 – Схема основних методів діагностики підшипників кочення та виділення віброакустичних методів

Вимір і обробка віброакустичних процесів за допомогою ОВК містить у собі послідовність дій, спрямованих на досягнення визначеної мети (рис. 6).

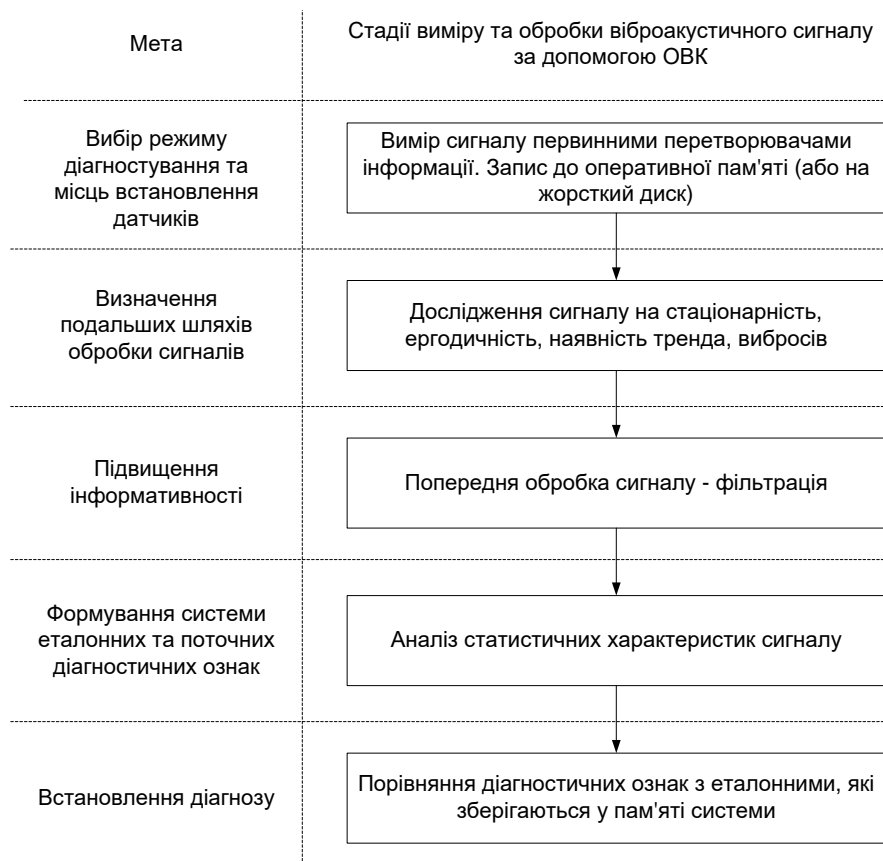


Рисунок 6 – Схема роботи обчислювально – вимірювального комплексу

Збір діагностичної інформації починають з перетворення механічних величин в електричні за допомогою датчиків вимірювань коливання. При вимірі параметрів вібрації найбільше поширення отримали індукційні, індуктивні, ємнісні, тензорезистивні, п'єзоелектричні перетворювачі [2].

Тензорезистивними, індуктивними, ємнісними перетворювачами доцільно одночасно вимірювати змінну та постійну складові динамічного процесу.

Найбільш ефективні при оцінці та прогнозуванні технічного стану різних об'єктів - п'єзоелектричні акселерометри, завдяки їх можливості вимірювати вібрацію в широкому частотному і амплітудному діапазонах.

**Висновки.** 1. Аналіз методик оцінки технічного стану підшипників валової лінії СЕУ по зміні динамічних характеристик підтверджує, що перспективним напрямком є безрозбірна діагностика.

2. Використання систем технічного діагностування дозволяє виконувати оцінку технічного стану підшипників валової лінії СЕУ в період експлуатації.

3. Чисельні і лабораторні дослідження показали - виділення з вібросигналу імпульсної складової від ушкодження ефективніше досягається при використанні вейвлет-аналізу. Запропонована методика дозволяє визначити наявність і число локальних дефектів ПК СЕУ.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Глушков. С.С. Идентификация поврежденных подшипников судовых валопроводов/ С.С. Глушков. Б.О. Лебедев. В.В. Коновалов. Н.С. Ткаленко //Науч. пробл. Трансп. Сиб. и Дал. Вост. - 2013 - №2.- С.200-204.

2. Генкин. М.Д. Виброакустическая диагностика машин и механизмов/М.Д. Генкин. А.Г. Соколова. - М.: Машиностроение, 1987. - 283с.
3. Балицкий. Ф.Я. Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов / Ф.Я. Балицкий. М.А. Иванова, А.Г. Соколова. Е.И. Хомяков. - М.: Наука.1984. - 119с.
4. Коллакот, Р.А. Диагностирование механического оборудования/ Р.А. Коллакот-Л.: Судостроение,1980. - 296с.
5. Соколова, А.Г. Методы и средства технической диагностики зарождающихся эксплуатационных дефектов механизмов// Точность и надежность механических систем: Сборник научных трудов. Рига. 1984.- С.38- 48.
6. Явленский. К.Н. Вибродиагностика и прогноз уровня качества механических систем/ К.Н. Явленский. А.К. Явленский - М.: Машиностроение, 1983,-239 с.
7. Shi, D.F. Purification and feature extraction of shaft orbits for diagnosing large rotating machinery/ D .F. Shi. W. J. Wang, P.J. Unsworth, L. S. Qu // Journal of Sound and Vibration. - 2005. P. 581- 600.
8. Артоболовский, П.П. Задачи акустической динамики машин и конструкций /П.И. Артоболовский. М.Д. Генкин. В.И. Сергеев// Акустическая динамика машин и конструкций: сборник. М.: Наука. 1973. -С.3- 6.
9. Кунце, Х.И. Методы физических измерений Текст. / Х.И. Кунце: пер. с нем. - М.: Мир. 1989.-216 с.
10. Попков. В. И. Виброакустическая диагностика в судостроении / В.И.Попков. Э.Л. Мышинский. О.И. Попков. -Л.: Судостроение. 1989.-256 с.
11. Shabaueh, N. H. Dynamic analysis of rotor- shaft systems with viscoelastically supported bearing / N. H. Shabaneh. Zu W. Jean // Mech. and Mach. Theory. 2000. - Vol.35, № 9. - P. 1313- 1330.
12. Манаков. А.Л. Использование внутрицикловых параметров вращения коленчатого вала для оценки технического состояния двигателей внутреннего сгорания/ А.Л. Манаков. В.Н. Кочергин. А.С. Алехин // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск: НГАВТ. 2013. - № 1. - С. 178-182.

**Soroka V.V.**

## **CONTROL AND ASSESSMENT I WILL BE A BEARING MANAGER IN THE SHIP'S SHAFTING**

*They look at the trains and shafts of the ship (VP) and the bearings and forging, and so the very reasons that call them out. If you look at the innovations that are added to the VP in the process of work, through which defects are established. It seems that half of the strained vibrancy, like blaming the VP, makes such a strained look like a wrap. Usi obertalni kolivannya, vikayuchi at the shaft lines to wear a sign-changing character and umovleni dieyu periodic forces in the crankshaft crankshaft and shovels of the screw, yaki call twisting and rozkruchuvannya okremih wt. The transverse cracking is the result of an imbalance caused by the eccentricity of the masses of the rotors of those successful elements during operation and repair. The results of the analysis of the causes of defects and the failure of the ship's airfoils to break the onset of the bellows: the failure of the ship's airfoils caused the stress-strain of the mills in the elements of the bearings. The technical mill of the SEU gross line is mainly designated as a resource for bearings.*

*To prevent an emergency exit from the fret of the vessel, the reasons were considered, which would lead to a delay and the exit from the fret of the VP bearings. The main factors were revealed, which determine the mind and operation of the VP bearings. Processes have been designated to cause serious scuffing, or catastrophic wear and tear of the VP bearings.*

**Key words:** *valoprovod, vibrodiagnosis, internal combustion engine, bearing, maritime transport.*

*Майданевич С. Б., Тимошук О.М.*

## СУБ'ЄКТИ ТА ПРИНЦИПИ МІЖНАРОДНОГО МОРСЬКОГО ПРАВА

*Сучасні реалії розвитку людства з новою силою актуалізують необхідність збереження природних ресурсів, зокрема, Світового океану. Морська діяльність завжди виступала одним з найважливіших чинників економічного зростання та забезпечення національної безпеки будь-якої країни. Для запобігання загострення міжнародної конфронтації та регулювання відносин між суб'єктами права щодо використання окремих морських територій в комерційних та некомерційних цілях були затверджені правові норми, які формувалися впродовж багатьох століть. Вироблена система правил Міжнародного морського права спрямована на охорону та збереження морського простору та його ресурсів, забезпечення рівного та вільного доступу до багатств Світового океану всім суб'єктам правовідносин незалежно від рівня їх соціально-економічного розвитку.*

*Становлення України як міцної морської держави зумовлює необхідність у вихованні висококваліфікованих спеціалістів в галузі морської справи, які компетентні в питаннях Міжнародного морського права, основних правах і обов'язках його суб'єктів, а також принципах міжнародного законодавства в галуззі мореплавства. Все вище вказане зумовлює актуальність окресленої теми дослідження.*

*В статті визначено сутність поняття «Міжнародне морське право», вказані його види, суб'єкти, правова доктрина формування та принципи. Встановлено, що відносини між основними учасниками (суб'єктами) морської справи регулюються як загальноприйнятими принципами Міжнародного права, так і спеціальними (галузевими), які виникли внаслідок практичної діяльності суб'єктів права на просторах Світового океану. Відображена концепція контролю та координації міжнародних відносин в морській справі, яка базується на системі принципів, закріплених міжнародними договорами. Вказано, що головними суб'єктами правовідносин в морській галуззі виступають держави та міжнародні організації. Зазначено, що визначені міжнародним законодавством принципи спрямованні на збереження суверенітету, територіальної цілісності кожної держави, мирне вирішення конфліктів між учасниками міжнародних відносин, їх співробітництво та виконання зобов'язань перед світовою громадськістю, дотримання прав і свобод людини, повагу до культурної самобутності кожного народу, раціональне використання, захист та охорону морського середовища тощо.*

**Ключові слова:** *Міжнародне морське право, морський простір, суб'єкт права, принцип.*

**Постановка проблеми.** Світовий океан здавна виступав важливим чинником економічного розвитку як окремих держав, так і світової економіки в цілому. Науково-промислова революція, швидкі темпи зростання людської популяції, реалізація економічних інтересів країн на морському просторі, застосування неекологічних технологій, видобуток газу та нафти зумовили нераціональне використання природних ресурсів морських вод, їх забруднення та зменшення ресурсного потенціалу Світового океану. Таким чином, проблема раціонального використання та збереження морського

середовища та його багатств є актуальною, як на внутрішньодержавному, так і на міжнародному рівнях. З метою зростання ефективності регулювання міждержавних відносин у морській діяльності виникла необхідність виокремлення окремої галузі Міжнародного права, з її інститутами, нормами та принципами. Саме таке завдання було покладене на Міжнародне морське право.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Теоретичною базою дослідження виступили наукові доробки наступних вітчизняних і закордонних авторів: Аверочкіна Т. В., Кузнєцов С. О., Анцелелевич Г. О., Гурєєв С.О., Джунусова Д. Н., Шемякін О. М., Серафимов В. В., Коваль В. М., Нікітіна А. П., Стаценко О. С., Гуцуляк В. М., Скарідов О. С. та ін.

**Мета дослідження** – проаналізувати правову сутність Міжнародного морського права, визначити суб'єкти цієї галузі Міжнародного права та принципи, які регулюють їх діяльність в межах використання ресурсної бази Світового океану.

**Виклад основного матеріалу.** Міжнародне морське право є невід'ємною частиною Міжнародного права. Воно об'єднує, як норми різних галузей національного права (адміністративне, кримінальне, трудове, громадянське, екологічне та ін.), так і керується положеннями Міжнародного права про суб'єкти, джерела, принципи, права міжнародних договорів, взаємну відповідальність тощо. Морське право тісно пов'язане з різними галузями Міжнародного права (космічним, атомним, охороною навколишнього середовища, гуманітарним та ін.). Іншими словами, Міжнародне морське право – це сукупність обов'язкових юридичних принципів і норм, які регламентують правовий статус і режим морських просторів і регулюють відносини між суб'єктами права щодо дослідження та використання ресурсів Світового океану на засадах їх повної рівності та добровільності [1, с. 16; 2, с. 23; 3, с. 12].

Більшість вчених солідарна в тому, що сучасне Міжнародне морське право, як окрема галузь Міжнародного права виникла після ратифікації чотирьох Міжнародних Женевських конвенцій з морського права, які були прийняті в квітні 1958 р. на I Конференції ООН з морського права. Це, зокрема: 1) конвенція про територіальне море та прилеглу територію; 2) конвенція про відкрите море; 3) конвенція про рибальство та охорону біоресурсів відкритого моря; 4) конвенція про континентальний шельф; 5) факультативний протокол, який регламентував процедуру вирішення спорів [4, с. 159-160]. Перераховані вище нормативно-правові акти стали основою Міжнародного морського права. Дотримуватися їх положень зобов'язані всі учасники міжнародних відносин.

Після прийняття Декларації про надання незалежності колоніальним країнам і народам (1960 р.) на мапі світу з'явилися нові незалежні держави. Це зумовило необхідність перегляду норм Міжнародного права та їх адаптування до інтересів цих держав. З цього часу проблема деколонізації була поставлена на міжнародний контроль. Зміни щодо регулювання відносин на морському просторі були закріплені в Конвенції ООН з морського права у 1982 р. Наприклад, якщо раніше межа територіального моря коливалася від 3 до 12 миль, то з початку 80-х рр. XX ст. всі держави, які не мали виходу до моря, отримали право на експлуатацію економічної зони в межах 200 миль нарівні з державами, які такий вихід мали. Питання регулювання правових відносин у Світовому океані також відображені в: 1) конвенції з охорони людського життя на морі 1960 р.; 2) конвенції про міжнародні правила попередження зіткнення суден в морі 1972 р.; 3) міжнародній конвенції про попередження забруднення моря нафтою 1954 р.; 4) конвенції про вантажну марку 1966 р. [2, с. 25].

Як і в будь-якій складній системі в Міжнародному морському праві існує декілька підсистем:

– *внутрішньодержавне (національне) морське право* – комплексна галузь, яка ґрунтується на нормах різних галузей внутрішньодержавного права, які об'єднані

спільністю предмета правового регулювання, зокрема, експлуатацією морського простору в тій чи іншій формі;

– *міжнародне морське публічне право* – це галузь Міжнародного права, об'єктом якої є система міжнародних відносин в питаннях використання Світового океану. Пов'язане з міждержавними відносинами (угоди та договори, укладені між державами щодо регулювання морських відносин);

– *міжнародне морське приватне право* – це одна з галузей Міжнародного права, яка складається з правових норм, які регулюють відносини між юридичними особами (організаціями) та фізичними особами (громадянами), переважно, в питаннях торгівельного судноплавства. Цей вид морського права має громадянсько-правовий характер та вимагає включення «іноземного елемента». В першу чергу, мова йде про майнові відносини, які пов'язані з морськими перевезеннями [5, с. 6-9; 6, с. 10; 2, с. 14].

Суб'єктами Міжнародного морського права є носії певних прав і обов'язків, які визначені в міжнародних нормативно-правових актах. Для того, щоб отримати статус суб'єкта Міжнародних відносин необхідно відповідати наступним характеристикам:

- 1) мати певну зовнішню відособленість;
- 2) персоніфікація (можливість включення до міжнародних відносин в якості окремої одиниці);
- 3) мати здатність до вироблення, вираження та реалізації автономної волі;
- 4) приймати участь у розробці та затвердженні міжнародних норм та дотримуватися їх.

Кожен суб'єкт міжнародного права повинен мати такі якості, як правоздатність, дієздатність та деліктоздатність. Отже, розглянемо кожен з вказаних компонентів окремо.

Правоздатність – це здатність суб'єкта Міжнародного права мати певні суб'єктивні права та юридичні зобов'язання. Держави наділені цією здатністю з моменту їх заснування; народи та нації – з часу визнання їх незалежності та культурної самотності; міжнародні міждержавні організації – з моменту набуття правової сили документу про їх створення; фізичні особи – за умови виникнення конкретних ситуацій, які окреслені в Міжнародному праві.

Сутність поняття «дієздатність» полягає у можливості самостійної реалізації суб'єктами Міжнародного права своїх обов'язків.

Деліктоздатність суб'єктів Міжнародного права – це здатність учасників правовідносин нести юридичну відповідальність за скоєнні правопорушення [7, с. 72-74].

До середини ХХ ст. панувала «класична» концепція щодо визнання суб'єктами Міжнародного права лише держав. Так, Кожевников Ф. І. стверджував, що основним суб'єктом Міжнародного права є тільки держава [8, с.51]. Сучасний науковець Баймарутов М. О. вирізняє наступні суб'єкти Міжнародного права: а) основні – держави, народності та нації, міжнародні міждержавні організації; б) похідні – міжнародні міждержавні організації, специфічні державоподібні утворення (Монако, Ватикан, Сан-Марино) [7, с. 64]. Французький вчений Ж. Тускоз поділив суб'єкти Міжнародного права на: держави, міжнародні організації, недержавних юридичних та фізичних осіб [9, с. 43]. Кучерук Н. С. дотримується наступної класифікації суб'єктів Міжнародного права: 1) класичні (держава, міжнародні організації); 2) спільні або нетипові (державоподібні утворення та ін.); 3) нестандартні (фізичні особи, людство) [10, с. 73].

Вітчизняний науковець Шемякін А. М. відносить до суб'єктного складу Міжнародного права держави, міжнародні організації, комерційні та некомерційні організації національних правових систем, індивідуальні суб'єкти (всі, хто хоч якось задіяний в процесі використання вод і ресурсної спроможності Світового океану). Вчений відзначив, що за певних умов суб'єктами права можуть виступати державоподібні утворення та національно-визвольні рухи. Суб'єктами міжнародного права також можуть бути міжнародні інституції – міжнародні органи. До їх числа входять: міжнародні суди,

міжнародні арбітражі, слідчі та інші комісії. Їх створюють за згодою сторін (держав), в своїй діяльності вони підпорядковуються міжнародно-правовим нормам.

Особливим суб'єктом міжнародного права виступає народ. Так, згідно з принципом рівноправ'я та самовизначення народів – всі народи без будь-якого втручання ззовні мають право самостійно визначати свій політичний статус та вільно розвиватися в соціальній, економічній та культурній сферах. Кожна держава, як учасник міжнародних відносин, повинна поважати це право. Тому через систему міжнародних договорів всі держави зобов'язують у своєму внутрішньому порядку поважати права іноземних фізичних та юридичних осіб, всіх осіб з інших країн, які знаходяться на їх території, а також суспільних (недержавних) організацій, зокрема, профспілок.

Суб'єкти міжнародного морського права, які в процесі діяльності в Світовому океані, пов'язані з правами та обов'язками інших суб'єктів правовідносин, повинні дотримуватися не лише загальних норм і принципів Міжнародного морського права, а й правил Міжнародного права в цілому, зокрема, Статуту ООН.

Таким чином, суб'єкти Міжнародного права – це сторони міжнародних правових відносин, які наділені нормами міжнародного права, суб'єктивними правами та обов'язками. Їх характеризує взаємна незалежність та не підпорядкованість будь-якій владі. Методом міжнародного правового регулювання є укладання згоди між усіма юридично незалежними суб'єктами міжнародних відносин щодо змісту встановлених норм та надання їм юридичної сили.

В свою чергу, об'єктами Міжнародного морського права є правовий режим та статус різних категорій морського простору, їх делімітація, перевезення вантажів і пасажирів, проведення буксирування, розробка ресурсного потенціалу морського дна, ведення рибного промислу тощо. Іншими словами, це все те, на що спрямована діяльність суб'єктів і що є предметом їх інтересів в процесі використання Світового океану [11, с. 11; 2, с. 27-28].

Міжнародне морське право ґрунтується на загальних принципах Міжнародного права, які за своїм характером є універсальними для всіх учасників морської справи, так і на спеціальних (галузевих) принципах, які властиві саме морському праву.

За визначенням Скарідова О. С., принципи Міжнародного права – це правила поведінки суб'єктів права, які виникли внаслідок міжнародних відносин та юридично закріплені в загальноприйнятих джерелах Міжнародного права. Принципи Міжнародного права визнаються імперативними (обов'язковими) нормами для всіх суб'єктів, які ведуть діяльність на морському просторі. Їх дія розповсюджується на всю систему міжнародних відносин, включаючи галузі, які з тих чи інших причин не були врегульовані конкретними нормативно-правовими актами [12, с. 50].

Основні принципи Міжнародного права були закріплені в Статуті Організації Об'єднаних націй в 1945 р. Деяко пізніше їх положення були розширені в Декларації ООН на XXV сесії Генеральної Асамблеї ООН про принципи міжнародного права товариських відносин і співробітництва між державами відповідно до Статуту ООН від 24 жовтня 1970 р. Серед загальних принципів Міжнародного права були виділені такі: рівноправ'я та самовизначення народів, суверенна рівність, невтручання у внутрішні справи, мирне врегулювання протиріч та конфліктних ситуацій, незастосування сили, дотримання міжнародних зобов'язань, співробітництво. Всі ці принципи були доповнені у Заключному акті Організації з безпеки та співробітництва в Європі (ОБСЄ) 1 серпня 1975 р. До їх числа включили також положення про повагу до прав людини, територіальну цілісність та непорушність державних кордонів (для країн Європи) [13, с. 5, 9].

Принципи міжнародного права виконують декілька функцій одночасно:

– сприяють стабілізації міжнародних відносин, обмежуючи діяльність суб'єктів права певними правовими нормами;

– закріплюють нововведення, які з'являються під час взаємодії суб'єктів права і таким чином зумовлюють розвиток міжнародних відносин.

До загальних принципів міжнародних відносин належать: 1) принцип суверенної рівності держав; 2) принцип не застосування сили або загрози її використання; 3) принцип територіальної цілісності держав; 4) принцип непорушності державних кордонів; 5) принцип мирного вирішення міжнародних спорів; 6) принцип невтручання у внутрішні справи; 7) принцип рівноправ'я та самовизначення народів; 8) принцип співробітництва; 9) принцип сумлінного виконання міжнародних зобов'язань; 10) принцип поваги до прав людини [7, с. 50]. Всі ці принципи виступають критеріями оцінки правомірності дій суб'єктів Міжнародного права та правовим регулятором міжнародних відносин, юридичним орієнтиром в процесі розробки зовнішньо- та внутрішньополітичного курсу кожної держави та ін. Тому, доречно, на наш погляд, зосередити свою увагу окремо на кожному з них.

*Принцип суверенної рівності держав* зобов'язує кожну державу поважати суверенітет інших країн (незалежність у зовнішньополітичній сфері та верховенство державної влади у внутрішніх справах). Основою цього принципу є забезпечення рівних прав усіх учасників міжнародних відносин незалежно від рівня їх економічного, політичного та соціального розвитку.

*Принцип незастосування сили або загрози її використання.* Згідно з Статутом ООН, усім членам Організації Об'єднаних націй забороняється погрожувати силою (військовою та невійськовою) або застосовувати її по відношенню до територіальної цілісності або політичної незалежності будь-якої держави. Дане положення було конкретизоване та затверджене в одній з резолюцій ООН, а також у Декларації про принципи Міжнародного права (1970 р.), Резолюції 3314 (XXIX) Генеральної Асамблеї ООН про визначення агресії (1974 р.), Заключному акті ОБСЄ (1975 р.), Декларації про посилення ефективності принципів відмови від загрози силою чи її застосування в міжнародних відносинах (1977 р.).

*Принцип територіальної цілісності держав.* Нормами Міжнародного права забороняється будь-яке застосування сили проти порушення територіальної цілісності будь-якої країни. Міжнародне право не допускає будь-якого насильницького захоплення, прислання або розподілу території держави. Спочатку положення про територіальну цілісність було закріплене в Декларації про принципи Міжнародного права (1970 р.), а принципового значення набуло після підписання Заключного акту ОБСЄ (1975 р.). Останній документ також затвердив *принцип непорушності державних кордонів*. Відповідно до його положень, всі держави-учасниці міжнародних відносин не мають права зазіхати на державні кордони всіх країн Європи та повинні відмовитися від будь-яких територіальних претензій [12, с. 51- 53]. Забороняє будь-яку односторонню зміну лінії державного кордону.

*Принцип мирного вирішення міжнародних спорів* передбачає вирішення всіх міжнародних спорів виключно засобами мирного врегулювання (переговори, посередництво, судовий розгляд, дослідження та ін.).

*Принцип невтручання у внутрішні справи.* Відповідно до Статуту ООН жодна держава чи міжнародна організація не може втручатися в справи іншої держави в жодній із форм (економічний, військовий, дипломатичний вплив) та будь-якими засобами (організація масових заворушень, заслання диверсантів, шпівнів тощо.).

*Принцип рівноправ'я та самовизначення народів* спрямований на розвиток дружніх відносин між націями на засадах взаємоповаги. Основні положення цього принципу були визначені та деталізовані в Статуті ООН, Декларації про надання незалежності колоніальним країнам і народам (1960 р.), Декларації про права людини (1966 р.), Декларації про принципи Міжнародного права (1970 р.), Заключному акті ОБСЄ (1975 р.).

*Принцип співробітництва держав* зобов'язує суб'єкти права здійснювати міжнародне співробітництво у вирішенні міжнародних проблем в соціально-економічній та культурній сферах людського буття, а також підтримувати міжнародний мир і безпеку через прийняття ефективних колективних заходів. Форми та об'єм співробітництва залежить від територіальних ресурсів держав, їх потреб, внутрішнього законодавства, прийнятих на себе міжнародних обов'язків тощо.

*Принцип сумлінного виконання міжнародних зобов'язань.* Спочатку виник як міжнародно-правовий звичай, а в статусі загальноновизнаної норми поведінки суб'єктів права був закріплений в Статуті ООН. У Віденській конвенції про права міжнародних договорів (1969 р.) зазначалося, що «кожен діючий договір обов'язковий для всіх учасників і повинен ними сумлінно виконуватися». Також наголошувалося на тому, що жоден учасник правовідносин не може послатися на положення свого внутрішнього права у разі ігнорування або порушення умов міжнародного договору. Ці зобов'язання між державами-учасниками Міжнародного права також були закріплені в Заключному акті ОБСЄ 1975 р.

*Принцип поваги до прав людини.* Вважається одним з найважливіших принципів сучасного Міжнародного права. Вперше був сформульований в Статуті ООН і наголошував на необхідності поваги до гідності та цінності людини як особистості, підтримував рівноправ'я між жінками та чоловіками, рівність між великими та малими націями [13, с. 9-13; 12, с. 51-53].

Сучасне Міжнародне морське право як окрема галузь Міжнародного права має власні (спеціальні) принципи, на засадах яких здійснюється контроль за морською діяльністю суб'єктів правових відносин. До їх переліку входять:

1. *Принцип свободи відкритого моря.* Закріплює за всіма державами рівні права щодо використання вільного моря. Має важливе значення в процесі вирішення однієї з ключових проблем людства – розробки природних ресурсів Світового океану в інтересах забезпечення продуктами харчування населення Землі, розвиток та зміцнення світових економічних зв'язків, міжнародного судноплавства тощо. Цей принцип був закріплений в Женевській конвенції про відкрите море в 1958 р., в Конвенції ООН з морського права (1982 р.) та інших міжнародних угодах. Він затверджує наступні свободи: судноплавства, перелетів над просторами відкритого моря, рибальства, укладання підводного кабелю, трубопроводів, наукових досліджень та ін.

2. *Принцип виключної юрисдикції державного прапору* передбачає повний контроль держави над судном, яке зареєстровано в цій державі. Саме цей принцип визначає правовий статус невійськового судна у відкритому морі [1, с. 26-29].

3. *Принцип використання Світового океану з мирною метою або винятково в мирних цілях.* Головним завданням цього принципу є обмеження гонки озброєнь, скорочення військової діяльності країн, закріплення миру та безпеки на морських просторах. Цей принцип спрямований на підвищення ефективності принципу незастосування сили або загрози силою в міжнародних відносинах. Зазначимо, що в міжнародному праві поки що не має загального положення, яке б розкривало сутність даного принципу. На практиці він реалізовується через положення різних міжнародних договорів, зокрема, Договору про Антарктику (1959 р.), Конвенції ООН з морського права (1982 р.), Договору про без'ядерну зону Південної частини Тихого океану (1995 р.), Бангкокського договору (1995 р.) та ін.

4. *Принцип захисту та збереження морського середовища.* Виступає проти використання та розміщення на просторах Світового океану ядерної, хімічної та бактеріальної зброї. В загальному вигляді основні положення цього принципу окреслені в Конвенції ООН з морського права.

Принцип захисту морського середовища передбачає: 1) попередження, заборону та обмеження забруднення морського середовища; 2) охорону та раціональне використання

морських природних ресурсів; 3) заборону всім учасникам морської справи наносити збитки своїм партнерам; 4) зобов'язання суб'єктів правовідносин співпрацювати в галузі захисту морського середовища, а у випадку заподіяння збитків, відшкодувати їх державам, які постраждали.

5. *Принцип повного імунітету військових кораблів від іноземної юрисдикції.* Відповідно до нього, всі військові кораблі, які знаходяться у відкритому морі, підпорядковуються виключно юрисдикції держави прапору.

6. *Принцип загального надбання людства* – закріплює положення про те, що відкрите море, район морського дна є загальнолюдською власністю, незважаючи на соціально-економічний, політичний статусу держави.

7. *Принцип заборони піратства та работоргівлі* [2, с. 24; 1, с. 30, 35; 12, с. 54; 14, с. 230)

Принагідно зауважимо, що всі вище перераховані принципи міжнародного морського права тісно пов'язані з загальноприйнятими принципами та нормами Міжнародного права.

**Висновки.** Міжнародне морське право є однією з важливих галузей Міжнародного права. Її головними завданнями є контроль та регулювання міжнародної діяльності на морському просторі (перевезення, транспортування, видобуток корисних ресурсів, рибальство, дослідження тощо). Міжнародне морське право неоднорідне за своєю структурою. Ця галузь права має декілька підсистем, які відрізняються предметом правовідносин та функціями, які виконують.

У сучасній правовій науці визначення суб'єктного складу міжнародних відносин дещо різниться. Більшість вчених солідарна в тому, що основними суб'єктами Міжнародного права є держави та міжнародні організації. Всі суб'єкти права мають визначені на законодавчому рівні права та обов'язки за невиконання яких передбачена юридична відповідальність. Основою Міжнародного морського права виступають, як загальні, так і специфічні принципи, які регламентують правила поведінки суб'єктів права в морській справі. Ці положення спрямовані на стабілізацію міжнародних відносин та юридичне закріплення нововведень, які з'являються в процесі взаємодії всіх учасників цих відносин.

**Maydanevich S.B., Tymoshchuk O.**

## **SUBJECTS AND PRINCIPLES OF THE INTERNATIONAL MARITIME LAW**

*Modern realities of human development with renewed vigor emphasize the need to preserve natural resources, in particular, the oceans. Maritime activities have always been one of the most important factors in economic growth and national security of any country. In order to prevent the escalation of international confrontation and to regulate relations between the subjects of law on the use of certain maritime territories for commercial and non-commercial purposes, legal norms have been approved that have been formed over many centuries. The developed system of rules of International Maritime Law is aimed at the protection and preservation of maritime space and its resources, ensuring equal and free access to the riches of the oceans to all subjects of legal relations, regardless of their level of socio-economic development.*

*The formation of Ukraine as a strong maritime state necessitates the education of highly qualified specialists in the field of maritime affairs who are competent in matters of international maritime law, fundamental rights and responsibilities of its subjects, as well as the principles of international maritime law. All of the above determines the relevance of the outlined research topic.*

*The article defines the essence of the concept of "International Maritime Law", indicates its types, subjects, legal doctrine of formation and principles. It is established that the relations*

*between the main participants (subjects) of maritime affairs are governed by both generally accepted principles of international law and special (sectoral), which arose as a result of the practical activities of legal entities in the oceans. The concept of control and coordination of international relations in maritime affairs is reflected, which is based on a system of principles enshrined in international treaties. It is stated that the main subjects of legal relations in the maritime sector are states and international organizations. It is noted that the principles defined by international law are aimed at preserving the sovereignty, territorial integrity of each state, peaceful resolution of conflicts between participants in international relations, their cooperation and fulfillment of obligations to the world community, respect for human rights and freedoms, respect for cultural identity use, protection and preservation of the marine environment, etc.*

**Key words:** *International maritime law, maritime space, subject of law, principle.*

## ЛІТЕРАТУРА

1. Гуреев С. А., Зенкин И. В, Иванов Г. Г. Международное морское право : 2-е изд., перераб. и допол. Москва: Норма, Инфра-М, 2011. 432 с.
2. Коваль В. Н., Никитина А. П., Стаценко О. С. Международное морское право (частное и публичное) : учебник. М.: Вузовский учебник, 2018. 228 с.
3. Джунусова Д. Н. Морское право: учебное пособие. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2015. 328 с.
4. Серафимов В. В. Первая Конференция ООН по морскому праву 1958 года: вопросы территориального моря и прилежащей зоны. *LEX PORTUS*. 2016. № 1. С. 140-161.
5. Гуцуляк В. Н. Морское право. М., 2008. 320 с.
6. Аверочкина Т. В., Кузнецов С. О. Морское право : підручник. Одеса: Фенікс, 2011. 382 с.
7. Баймарутов М. А. Международное право : учебник. Х.: Одиссей, 2000. 735 с.
8. Кожевников Ф. И. Учебное пособие по международному публичному праву (очерки). М.: Юридическое издательство Министерства юстиции СССР, 1947. 271 с.
9. Тускоз Жан. Міжнародне право: підручник (пер. з франц.). К.: АртЕк, 1998. 416 с.
10. Кучерук Н. С. Фізична особа як суб'єкт Міжнародного права. Міжнародні читання з міжнародного права пам'яті професора П. Є. Казанського : Матеріали четвертої міжнар. наук. конф. (м. Одеса, 8-9 лист. 2013 р.) / відп. за випуск к.ю.н., доц. М. І. Пашковський. Одеса : Національний університет «Одеська юридична академія», 2013. С. 73-76.
11. Шемякин А. Н. Морское право : учебное пособие. Харьков: Одиссей, 2004. 408 с.
12. Скаридов А. С. Морское право. СПб: Academus, 2006. 934 с.
13. Анцепелевич Г. А. Международное морское право : учебник. К.: Издательский дом «Слово», 2004. 400 с.
14. Никифоров В. А., Поляков К. И. Принципы международного морского права. *Ученые записки Орловского государственного университета*. 2015. № 2 (65). С. 229-231.

## REFERENCES

1. Hureev, S. A., Zenkin, I. V. & Ivanov, G. G. (2011). *Mezhdunarodnoe morskoe pravo*. M.: Norma, Infra-M [in Russian].
2. Koval, V. N., Nykytyna, A. P., Statsenko, O. S. (2018). *Mezhdunarodnoe morskoe pravo (chastnoe y publychnoe)* [International maritime law (private and public)]. M.: Vuzovskiy uchebnyk [in Russian].
3. Dzhunusova, D. N. (2015). *Morskoe pravo* [Maritime law]. Astrahan: Izdatelskiy dom «Astrahanskiy universitet» [in Russian].

4. Serafimov, V. V. (2016). Pervaya Konferentsiya OON po morskomu pravu 1958 hoda: voprosi terrytorialnogo moria i prylezhashchei zoni. *LEX PORTUS*, 1, 140-161.
5. Hutsuliak, V. N. (2008). Morsoke pravo [Maritime law]. M. [in Russian].
6. Averochkina, T. V. & Kuznetsov, S. O. (2011). Morske pravo [Maritime law]. Odesa: Feniks [in Ukrainian].
7. Baymarutov, M. A. (2000). Mezhdunarodnoe pravo [International law]. Kharkov: Odyssei [in Ukrainian].
8. Kozhevnikov, F. I. (1947). Uchebnoe posobie po mezhdunarodnomu publichnomu pravu (ocherki). M.: Yuridicheskoe izdatelstvo Ministerstva yustitsii SSSR [Soviet Union].
9. Tuskoz, Zhan (1998). Mizhnarodne pravo [International law]. K.: ArtEk [in Ukrainian].
10. Kucheruk, N. S. (2013). Fizichna osoba yak sub'ekt Mizhnarodnogo prava. Proceedungs from *Mizhnarodni chytannia z mizhnarodnoho prava pamiati profesora P. Ye. Kazanskoho*. (pp. 73-76). Odesa: Natsionalnyi universytet «Odeska yurydychna akademiia» [in Ukrainian].
11. Shemiakin, A. N. (2004). Morskoe pravo [Maritime law]. Kharkov: Odyssei [in Ukrainian].
12. Skaridov, A. S. (2006). Morskoe pravo [Maritime law]. SPb: Academus [in Russian].
13. Antsepelevich, H. A. (2004). Mezhdunarodnoe morskoe pravo [International maritime law]. K.: Izdatelskyi dom «Slovo» [in Ukrainian].
14. Nikiforov, V. A. & Polyakov, K. I. (2015). Printsipi mezhdunarodnogo morskogo prava. *Uchennie zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2 (65), 229-231 [in Ukrainian].

*Майданевич С.Б., Ганношина І.М., Зазірний А.А.*

## КОНЦЕПТУАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ МІЖНАРОДНОГО МОРСЬКОГО ПРАВА

*В статті розкрито зміст і сутність Міжнародного морського права як однієї з найважливіших галузей Міжнародного права, яка координує суспільні відносини в сфері використання вод і ресурсного потенціалу Світового океану. Розглянуто процес кодифікації Міжнародного морського права, як окремої галузі Міжнародного права, визначено найважливіші міжнародні договори та угоди, яких дотримуються суб'єкти права в процесі здійснення морської діяльності. Визначено сутність таких понять, як «суб'єкт права», «об'єкт права», «внутрішньодержавне (національне) морське право», «міжнародне морське публічне право», «міжнародне морське приватне право». Вказано основні структурні елементи, характерні риси, підсистеми та функції Міжнародного морського права. Досліджуючи суб'єктний склад морського права авторка дотримуються тези про те, що головним суб'єктом Міжнародного права виступають саме держави.*

*Проаналізовано складну систему юридичних норм і принципів Міжнародного морського права, визначено їх основні види та специфіку реалізації. Встановлено, що особливістю регулювання правовідносин між суб'єктами морського права є поєднання міжнародних та звичаєвих норм. Зазначено, що міжнародні відносини в сфері експлуатації Світового океану здійснюються з дотриманням, як загальних принципів Міжнародного права, так і спеціальних (галузевих) принципів Міжнародного морського права. Їх основні положення зводяться до стабілізації та налагодження міжнародних відносин в сфері використання морських просторів, рівноправ'я всіх суб'єктів права, поваги до прав людини та визнання за народами права на самовизначення, невтручання у внутрішні справи держави, недоторканість кордонів і територіальної цілісності кожної країни, мирне регулювання міждержавних конфліктів і протиріч, які виникають в процесі морської діяльності тощо.*

***Ключові слова:** морське право, суб'єкти права, об'єкти права, принципи, норми, конвенція, міжнародний договір, міжнародна угода.*

**Постановка проблеми.** Формування галузевої структури Міжнародного права мало об'єктивний характер та було зумовлено складністю самої системи міжнародних відносин. Необхідність зменшення військово-політичної напруги в світі після закінчення Другою Світової війни, а також підвищення ефективності міжнародного співробітництва стала причиною появи окремих галузей Міжнародного права, які мають власні структурні елементи та специфічні риси. До їх числа входить морське право, яке об'єднує в собі низку норм, які притаманні іншим галузям регулювання міжнародних відносин (Міжнародне екологічне права, Міжнародне право прав людини, Міжнародне повітряне право та ін.), а також має власні структурні складові. В загальному розумінні Міжнародне морське право вирішує питання, пов'язані з міжнародними відносинами, які виникають під час використання вод і ресурсних потужностей Світового океану.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Теоретичною базою дослідження виступають наукові доробки українських та зарубіжних вчених, зокрема, Анцепелевича Г. О., Аверочкіної Т. В., Кузнецова С. О., Гурєєва С.О., Джунусова Д. Н., Шемякіна О. М.,

Серафімова В. В., Коваля В. М., Нікітіної А. П., Стаценка О. С., Гуцуляка В. М., Баймарутова М. О., Скарідова О. С., Авраменко І. М. та ін.

**Мета статті** – проаналізувати концептуально-теоретичні засади функціонування Міжнародного морського права, як самостійної галузі сучасного Міжнародного права.

**Виклад основного матеріалу.** Міжнародне морське право як окрема галузь Міжнародного права, яка регулює суспільні відносини в сфері морської діяльності, містить норми цивільного, адміністративного, трудового, кримінального та міжнародного права, а також комплекс різних технічних норм, які забезпечують безпеку мореплавства, охорону морського простору тощо. Одним з головних завдань морського права є організація функціонування торговельного мореплавства відповідно до вимог міжнародного і національного законодавства. Відомо, що саме торговельний флот виступає основою економічного розвитку кожної морської держави та світової економічної системи в цілому. В даному контексті морське право контролює правовідносини, які пов'язані з: 1) морськими перевезеннями вантажів, пасажирів і багажу; 2) страхуванням та фрахтуванням суден; 3) правовим положенням торговельного судна; 4) правом власності на судно; 5) правовим статусом капітана та екіпажу; 6) безпекою суден під час мореплавства; 7) аварійними ситуаціями; 8) відповідальністю сторін тощо [1, с. 10-11].

Міжнародне морське право як самостійна галузь регулювання міжнародних відносин має певні особливості:

1) історизм – виникло та розвивалося в процесі історичного розвитку національного та міжнародного мореплавства й інших видів використання Світового океану та його ресурсного потенціалу;

2) орієнтується на узгодження інтересів суб'єктів Міжнародного морського права, добровільне прийняття ними певних міжнародних зобов'язань;

3) поєднує договірні та звичаєві правові норми;

4) передбачає вирішення різних конфліктних ситуацій в міжнародних правовідносинах виключно мирним шляхом;

5) має міжнародний характер [2, с. 34].

Первинним елементом морського права є юридичні норми – закріплені в міжнародному правовому полі обов'язкові правила поведінки, не виконання яких тягне за собою правову відповідальність суб'єктів правовідносин. Процес формування юридичної природи норм Міжнародного права передбачає дотримання чітких міжнародних процедур. А саме:

– прояв правової ініціативи (пропозиція щодо встановлення певного правила, норми або комплексу норм);

– обговорення правової ініціативи та її експертна оцінка;

– узгодження інтересів держав як суб'єктів міжнародного права на міжнародному форумі;

– підписання документу, який містить визначені під час голосування волі держав та якому було надано статус міжнародно-правового акту;

– ратифікація правого акту та набуття ним чинності [3, с. 14].

В залежності від характеру регулювання суспільних відносин правові норми поділяються на: *імперативні* та *диспозитивні*. Їх дотримання є обов'язковою умовою для всіх суб'єктів права. Якщо імперативні норми виключають можливість відхилення від встановлених правил, то диспозитивні норми надають учасникам правових відносин можливість вирішувати спірні питання самостійно, обравши оптимальний для всіх учасників варіант поведінки. Зазначимо, що норми, які встановлюють правила поведінки називаються *матеріальними*, а ті норми, які регулюють процес формування та реалізації

окремих міжнародних правил поведінки на морському просторі мають назву *процесуальних* [4, с.12; 1, с. 21].

В залежності від просторової дії норми Міжнародного морського права поділяються на: *норми загальної дії* (вважаються дійсними на всій території та акваторії, на якій розповсюджена компетенція відповідного органу, що затвердив норму) та *норми місцевої дії* (радіус дії обмежується певною місцевістю, яка зазначена у відповідному акті). Виділяють також норми морського права, які передбачають здійснення суб'єктом права певної позитивної дії та ті, які забороняють певні дії (або бездіяльність) в конкретних ситуаціях, які виникли в процесі морської діяльності. УВ залежності від форми затвердження бувають *документальні* та *нефіксовані* норми морського права.

Відповідно до розповсюдження суб'єктно-територіальної сфери дії морського права виділяють: універсальні, регіональні, локальні та внутрішньодержавні норми. *Універсальні норми* регулюють суспільні відносини, які визнаються переважною більшістю або усіма державами, тому що в об'єкті взаємодії зацікавлені всі сторони. *Регіональні норми* регламентують правові відносини в межах певної групи країн або їх дія обмежена конкретним простором. *Локальні норми* спрямовані на регулювання двохсторонніх або багатосторонніх відносин між державами відповідно з конкретним предметом взаємодії та можуть бути використанні в якості конкретизації змісту загальноприйнятих норм, забезпечення ефективності їх функціонування.

Реальні суспільні відносини, які складаються під час використання морських просторів, завжди більш насичені, ніж ті, які визначаються міжнародно-правовими документами. Тому для нівелювання існуючих відмінностей використовують, т.з. *спеціальні (індивідуальні) норми*. Ці норми спрямовані на регулювання правовідносин окремого кола осіб, органів і організацій. За своїм характером вони є як міжнародними, так і внутрішньодержавними. Спеціальні норми координують правовідносини між суб'єктами при наявності додаткових чинників через які діє спеціальне, а не загальне право. В цілому, спеціальні норми необхідні для деталізації та доповнення загальних норм, але разом з тим вони певним чином можуть їх обмежувати, створюючи протиріччя. В тому випадку, коли загальні та спеціальні норми конкурують між собою передбачено дотримання останніх з них.

Щодо Міжнародного морського приватного права, то воно, крім загальноприйнятих принципів оперує спеціальним принципом – *автономії та волі сторін*. Вказаний принцип передбачає створення спеціального інституту, який об'єднує норми, що регулюють питання, які виникають під час укладання учасниками правовідносин договору-згоди щодо правового регулювання їх спільної діяльності.

Важливим структурним рівнем Міжнародного морського права є інститут морського права – відокремлена всередині морського права сукупність взаємопов'язаних юридичних норм, які об'єднані єдністю предмета та методів регулювання окремих видів суспільних відносин (інститути порятунку, морських перевезень, аварійних подій, лоцманського проведення тощо) [4, с. 14].

Норми Міжнародного комерційного права мають аналогічну природу з нормами Міжнародного приватного права. Останні зустрічаються в науковій літературі під різними назвами: *конфліктні, колізійні, правозастосовні*. Отже, *колізійні норми* застосовуються у тому випадку, коли на регулювання правових відносин на морському просторі можуть претендувати правові моделі декількох держав. Така ситуація зумовлює появу протиріч між суб'єктами правовідносин, які необхідно вирішити. Розрізняють *національно-правові* та *міжнародно-правові колізійні норми*. Їх різниця проявляється як у сфері дії, так і в сфері застосування. Сфера дії останніх ширша через те, що їм підпорядковуються всі учасники міжнародних договорів. До того ж колізійні норми можуть поділятися на: *диспозитивні* (передбачають автономію волі при укладанні договорів), *імперативні* (не допускають

відхилень від встановлених норм) та *відносно-імперативні* (відхилення від встановлених правил допускається у разі наявності раніше затверджених умов).

Колізійні норми також можуть поділятися на: 1) *односторонні* – передбачають застосування лише одного, зазвичай, особистого права; 2) *двосторонні* – встановлюють межі використання як національного, так міжнародного права. Для вирішення найскладніших спірних питань застосовують *додаткові (субсидіарні) колізійні норми*.

Таким чином, можна вести мову про те, що міжнародна уніфікація нормативно-правової бази щодо використання Світового океану дозволяє ліквідувати відмінності, які існують в правовому регулюванні громадянсько-правових відносин в кожній державі, а також створити передумови для єдиної правової практики, і як наслідок, розвитку економічних зв'язків між усіма суб'єктами права [5, с. 196; 6, с. 56-58].

Впродовж багатьох століть Міжнародне морське право розвивалося виключно як звичаєве право. Хоча і сьогодні, як вірно зазначив Авраменко І. М., звичаї в мореплаванні відіграють важливу роль, хоча з часом вони поступилися своїми позиціями міжнародним договорам. Міжнародне морське право базується на основних положеннях Міжнародного права, які були визначені в Статуті Організації Об'єднаних Націй (вступив в силу 24 жовтня 1945 р.). Це, зокрема:

- міжнародне співробітництво як основа міжнародних відносин;
- відмова від методів примусу та регулювання суспільних відносин виключно мирним шляхом;
- затвердження прав і свобод людини;
- засудження та ліквідація колоніальної системи;
- створення інституціональної системи реалізації нормативно-правової бази цієї галузі;
- розширення об'єму імперативних норм міжнародного права;
- формування та дотримання основних принципів сучасного міжнародного права [2, с. 5].

Всі вище перераховані положення були доповнені та розширені в Декларації ООН на XXV сесії Генеральній Асамблеї ООН про принципи міжнародного права товариських відносин і співробітництва між державами відповідно до Статуту ООН (24 жовтня 1970 р.), а також в Заключному акті Організації з безпеки та співробітництва в Європі (1 серпня 1975 р.). Ці документи визначили *основні принципи Міжнародного права*. Насамперед, це: міжнародне співробітництво та дотримання міжнародних зобов'язань, визнання рівності всіх народів та їх права на самовизначення, мирне врегулювання протиріч та конфліктних ситуацій, незастосування сили, повага до прав людини, невтручання у внутрішні справи інших держав, непорушність державних кордонів і територіальної цілісності (для країн Європи). Всі ці принципи виступають критеріями оцінки правомірності дій всіх учасників Міжнародного права та правовим регулятором міжнародних відносин, юридичним орієнтиром в процесі розробки зовнішньо- та внутрішньополітичного курсу кожної держави та ін. [2, с. 5, 9; 7, с. 50].

Міжнародне морське право дотримується, як загальних принципів Міжнародного права, які за своїм характером є універсальними для всіх учасників морської справи, так і спеціальних (галузевих) принципів, які властиві саме морському праву.

Принципи міжнародного права виконують декілька функцій одночасно:

- сприяють стабілізації міжнародних відносин, обмежуючи діяльність суб'єктів права певними правовими нормами;
- закріплюють нововведення, які з'являються під час взаємодії суб'єктів права і таким чином зумовлюють розвиток міжнародних відносин.

Сучасне Міжнародне морське право має *власні (спеціальні) принципи*, на засадах яких здійснюється контроль за морською діяльністю суб'єктів правових відносин. До їх переліку входять:

1. *Принцип свободи відкритого моря*. Закріплює за всіма державами рівні права щодо використання вільного моря. Прийнятий для контролю експлуатації природних ресурсів Світового океану з метою забезпечення продуктами харчування населення Землі, а також розвитку та зміцнення світових економічних зв'язків, міжнародного судноплавства тощо. Цей принцип затверджує наступні свободи: судноплавства, перелетів над просторами відкритого моря, рибальства, укладання підводного кабелю, трубопроводів, наукових досліджень та ін.

2. *Принцип виключної юрисдикції державного прапору* передбачає повний контроль держави над судном, яке зареєстровано в цій державі [3, с. 26-29].

3. *Принцип використання Світового океану з мирною метою або винятково в мирних цілях*. Спрямований на подолання гонки озброєнь, скорочення військової діяльності країн, закріплення миру та безпеки на морських просторах, підвищення ефективності принципу незастосування сили або загрози силою в міжнародних відносинах.

4. *Принципи захисту та збереження морського середовища*. Виступає проти використання та розміщення на просторах Світового океану ядерної, хімічної та бактеріальної зброї. Цей принцип передбачає: попередження, заборону та обмеження забруднення морського середовища; охорону та раціональне використання морських природних ресурсів; заборону суб'єктам права наносити один одному збитки; зобов'язання суб'єктів правовідносин співпрацювати в галузі захисту морського середовища тощо.

5. *Принцип повного імунітету військових кораблів від іноземної юрисдикції*. Всі військові кораблі, які знаходяться у відкритому морі, підпорядковуються виключно юрисдикції держави прапору.

6. *Принцип загального надбання людства* – закріплює положення про те, що відкрите море, район морського дна є загальнолюдською власністю, незалежно від соціально-економічного, політичного статусу держави-учасниці міжнародних відносин.

7. *Принцип заборони піратства та работоргівлі* [8, с. 24; 1, с. 30, 35; 6, с. 54; 9, с. 230].

Важливо зазначити, що всі вище перераховані принципи міжнародного морського права тісно пов'язані з загальноприйнятими принципами та нормами Міжнародного права.

Міжнародне морське право має суб'єктну та об'єктну сфери дії. Довгий час суб'єктами права вважалися виключно держави. Сьогодні до суб'єктного складу права відносять держави, міжнародні організації, комерційні та некомерційні організації національних правових систем, індивідуальні суб'єкти (всі, хто хоч якось задіяний в процесі використання вод і ресурсного потенціалу Світового океану). Міждержавні відносини ускладнюються тим, що кожен суб'єкт належить до різних правових систем.

За певних умов суб'єктами права можуть виступати державоподібні утворення та національно-визвольні рухи, а також міжнародні інституції (міжнародні суди, міжнародні арбітражі, слідчі та інші комісії). Ці органи створюються за згодою сторін (держав) та підпорядковуються міжнародно-правовим нормам. Особливим суб'єктом міжнародного права виступає народ. Так, згідно з принципом рівноправ'я та самовизначення народів – всі народи без будь-якого втручання ззовні мають право самостійно визначати свій політичний статус та вільно розвивати соціальну, економічну та культурну сфери. Кожна держава повинна поважати це право. Тому через систему міжнародних договорів всі держави зобов'язують у своєму внутрішньому порядку поважати права іноземних фізичних та юридичних осіб, всіх іноземців, які знаходяться на їх території, а також

суспільних (недержавних) організацій, зокрема, профспілок. Сьогодні на порядку денному стоїть питання щодо визнання суб'єктами міжнародного права індивідів. Це, на думку деяких експертів, має певні негативні сторони. Так, зменшується роль Міжнародного права як права міждержавного, а переважна більшість жителів нашої планети не має змоги скористатися правами суб'єкта міжнародного права.

Отже, суб'єкти Міжнародного права – це сторони міжнародних правових відносин, які наділені нормами міжнародного права, суб'єктивними правами та обов'язками. Їх характеризує взаємна незалежність та не підпорядкованість будь-якій владі. Методом міжнародного правового регулювання є укладання згоди між усіма юридично незалежними суб'єктами міжнародних відносин щодо змісту встановлених норм та надання їм юридичної сили [10, с. 11; 8, с. 27-28; 2, с. 21].

До об'єктів Міжнародного морського права відносяться: правові режими та статуси різних категорій морського простору, їх делімітація, морські перевезення вантажів і пасажирів, проведення буксирування, розробка ресурсного потенціалу морського дна, ведення рибного промислу тощо. Іншими словами, це все те, на що спрямована діяльність суб'єктів і що є предметом їх інтересів в процесі використання вод і ресурсів Світового океану [10, с. 11-12]. Розвиток міжнародних відносин, науки та техніки сприяють розширенню об'єктної сфери міжнародної взаємодії. Як зазначив Анцепелевич Г. А., суб'єктами міжнародних відносин є все те, через що учасники міжнародних відносин входять у правовідносини, тоді як предметом виступають власне самі правовідносини між суб'єктами права [2, с. 22].

Міжнародне морське право прийнято поділяти на три види:

1) *внутрішньодержавне (національне) морське право* – комплексна галузь, яка ґрунтується на нормах різних галузей внутрішньодержавного права, що об'єднані спільністю предмета правового регулювання (користування морем в той чи іншій формі);

2) *міжнародне морське публічне право* – це галузь Міжнародного права, об'єктом якої є комплекс міжнародних відносин в сфері використання морського простору. Пов'язане з міждержавними відносинами (укладання договорів і угод, які контролюють морську діяльність суб'єктів права);

3) *міжнародне морське приватне право* – це одна з галузей Міжнародного права, яка складається з правових норм, які регулюють відносини між юридичними особами (організаціями) та фізичними особами (громадянами), переважно, в питаннях торгівельного судноплавства. Цей вид морського права має громадянсько-правовий характер та вимагає включення «іноземного елемента». В першу чергу мова йде про майнові відносини, які пов'язані з морськими перевезеннями [4, с. 6-9; 1, с. 10; 8, с. 14].

Важливу роль в становленні морського права як окремої галузі сучасного Міжнародного права відіграли Женевські конференції ООН з морського права (1958 р. і 1960 р.). Саме з їх роботи розпочався процес кодифікації морського права. Подальше упорядкування його джерельної бази відбулося під час III Конференції ООН з морського права (1973-1982 р.). Більшість сучасних науковців вважає, що сучасне Міжнародне морське право як самостійна галузь Міжнародного права виникла після ратифікації чотирьох Міжнародних Женевських конвенцій з морського права, які були прийняті в квітні 1958 р. на I Конференції ООН з морського права: 1) конвенція про територіальне море та прилеглу територію; 2) конвенція про відкрите море; 3) конвенція про рибальство та охорону біоресурсів відкритого моря; 4) конвенція про континентальний шельф; 5) факультативний протокол, який регламентував процедуру вирішення спорів. Перераховані вище документи стали основою Міжнародного морського права та впродовж десятиліть виступали його основними джерелами [11, с. 159-160].

Джерельною базою сучасного Міжнародного морського права виступають міжнародні договори (універсальні, регіональні, двосторонні). Особливе значення серед них має Конвенція ООН з морського права (10 грудня 1982 р.), яка була підписана більше,

ніж 150 державами-учасницями (вступила в силу 16 листопада 1994 р.). Важливе значення також мають договори щодо вирішення спеціальних питань співробітництва: Конвенція з міжнародних правил попередження зіткнення суден у морі (1974 р.), Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі (1974 р.), Міжнародна конвенція щодо пошуку та порятунку на морі (1979 р.), Міжнародна конвенція про створення Міжнародного фонду для компенсації шкоди від забруднення нафтою 1971 р. (з Протоколами 1976 і 1992 рр.).

Крім зазначених договорів, які регламентують суспільні відносини в сфері міжнародного публічного права було прийнято низку регіональних та двосторонніх договорів і угод. До їх числа, наприклад, входять: Конвенція про рибальство та збереження живих ресурсів у Балтійському морі та Бельтах (1973 р.), Конвенція про захист Середземного моря від забруднення (1976 р.), Конвенція про захист Чорного моря від забруднення (1992 р.), Конвенція про збереження запасів анадромних видів у північній частині Тихого океану (1992 р.), Конвенція про охорону морського середовища північно-східної частини Атлантичного океану (1992 р.), Угода між Урядом України і Урядом Соціалістичної Республіки В'єтнам про торгове судноплавство (1992 р.), Угода про морське торгове судноплавство між Урядом України і Урядом Ісламської Республіки Іран (1993 р.), Угода між Урядом України і Урядом Республіки Куба про торгівельне судноплавство (1994 р.), Угода між Урядом України та Урядом Литовської Республіки про морське торгівельне судноплавство (1996 р.), Угода між КМУ і Урядом Французької Республіки про морське торгівельне судноплавство (2000 р.) та ін. [12, с. 9-10; 13, с. 9].

Важливою умовою ефективного регулювання питань, пов'язаних з Міжнародним приватним правом є уніфікація правових норм і забезпечення єдиної практики їх застосування різними учасниками міжнародних відносин. До найбільш суттєвих міжнародних угод, які уніфікували ті чи інші норми Міжнародного приватного морського права можна віднести такі:

1) морські перевезення вантажів – Міжнародна конвенція про уніфікацію деяких правил, які стосуються коносаментів (Гаазькі правила, 1924 р.), Протокол змін до Міжнародної конвенції про уніфікацію деяких правил, які стосуються коносаментів (Правила Вісбі, 1968 р.); Конвенція ООН з морського перевезення вантажів (Гамбурзькі правила, 1968 р.);

2) морські перевезення пасажирів – Афіньська конвенція про перевезення морем пасажирів та їх вантажу (1974 р.), Протокол про зміну Афіньської конвенції (1990 р.);

3) загальні аварії – Йорк-Антверпенські правила (редакції 1950 р., 1974 р., 1990 р.);

4) порятунок – Міжнародна конвенція про порятунок (1989 р.);

5) зіткнення суден – Міжнародна конвенція для об'єднання деяких правил відносно зіткнення суден (1910 р.);

6) обмеження відповідальності – Міжнародна конвенція про уніфікацію деяких правил про обмеження відповідальності власників морських суден (1924 р.); Конвенція про обмеження відповідальності судовласників (1957 р.); Конвенція про обмеження відповідальності відповідно до морських вимог (1976 р.).

**Висновки.** Міжнародне морське право, як самостійна галузь Міжнародного права формувалося впродовж багатовікової історії розвитку суспільних відносин в сфері морської діяльності. Основною метою даної галузі права є регулювання правовідносин суб'єктів права в процесі використання останніми потужностей Світового океану. Як кожна складна система Міжнародне морське право має свої структурні елементи: норми, суб'єкти, об'єкти, принципи, методи, джерельну базу тощо. Хоча суб'єктна складова сучасного морського права достатньо розгалужена все ж таки головними суб'єктами міжнародних відносин у мореплаванні прийнято вважати держави. Основою Міжнародного морського права виступають юридичні норми, які закріплені в

міжнародних договорах та угодах. Міжнародне морське право спирається як на загальні, так і на спеціальні (галузеві) норми та принципи Міжнародного права. Сутність останніх зводиться до дотримання наступних положень: міжнародне співробітництво; мирне розв'язання конфліктних ситуацій, які виникають в процесі морської діяльності; визнання рівності всіх суб'єктів права у користуванні морськими просторами; повага до людини як найвищої цінності, визнання її прав і свобод; використання вод і ресурсної бази Світового океану виключно з мирною метою; захист і збереження морського середовища; надання всім учасникам правовідносин свободи судноплавства, рибальства, наукових досліджень та ін. Джерельною базою морського права виступають міжнародні договори та угоди, які координують діяльність і поведінку всіх учасників міжнародних відносин в сфері мореплавства/.

**Maydanevich S.B., Hannoshyna I., Zazirnyi A.**

### **CONCEPTUAL AND THEORETICAL FOUNDATIONS OF THE INTERNATIONAL MARITIME RIGHTS**

*In the article it was revealed the content and the essence of the International Law as one of the most important branches, coordinating public relations in the field of using the waters and resource potential of the World Ocean. It was reviewed the process of codification of the international maritime law and noted as a separate branch of international law. It were indicated the most important international treaties and agreements, rights in the conduct of maritime activities. It were given the definitions for such concepts as «subject of law», «object of law», «internal state (national) maritime law», «International maritime public law», «international maritime private law». It were indicated the main structural elements, characteristics, subsystems and functions of the international maritime law. Investigating the subject composition of the sea law, the author is of the opinion that the main subject of the international law is the State.*

*It was analyzed the complex system of legal norms and principles of the International maritime law, were defined their main types and specifics of implementation. It was determined that a feature of the regulation of legal relations between the subjects of the law of the sea is a combination of international and customary norms. It was noted that international relations in the field of exploitation of the World ocean are carried out in compliance with the general principles of the International law and special (sectoral) principles of the International Maritime rights. Their main provisions are reduced to stabilization and the establishment of international relations in the field of using the maritime spaces, equality of all the subjects of law, respect for human rights and the recognition of peoples' right to self-determination, non-interference into the internal affairs of states, the inviolability of borders and territorial integrity of each country, the peaceful regulation of interstate conflicts and contradictions that arise in the process of maritime activities, etc.*

**Key words:** *maritime law, subjects of law, objects of law, principles, norms, convention, international treaty, international agreement.*

### **ЛІТЕРАТУРА**

15. Аверочкина Т. В., Кузнецов С. О. Морське право : підручник. Одеса: Фенікс, 2011. 382 с.
16. Анцепелевич Г. А. Международное морское право : учебник. К.: Издательский дом «Слово», 2004. 400 с.
17. Международное морское право : 2-е изд., передел. и допол. Москва: Норма, Инфра-М, 2011. 432 с.
18. Гуцуляк В. Н. Морское право. М., 2008. 320 с.

19. Сухарев А. Я. Юридический энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1984. 415 с.
20. Скаридов А. С. Морское право. СПб: Academus, 2006. 934 с.
21. Баймарутов М. А. Международное право : учебник. Х.: Одиссей, 2000. 735 с.
22. Коваль В. Н., Никитина А. П., Стаценко О. С. Международное морское право (частное и публичное) : ученик. М.: Вузовский учебник, 2018. 228 с.
23. Никифоров В. А., Поляков К. И. Принципы международного морского права. Ученые записки Орловского государственного университета. 2015. № 2 (65). С. 229-231.
24. Шемякин А. Н. Морское право : учебное пособие. Харьков: Одиссей, 2004. 408 с.
25. Серафимов В. В. Первая Конференция ООН по морскому праву 1958 года: вопросы территориального моря и прилежащей зоны. *LEX PORTUS*. 2016. № 1. С. 140-161.
26. Авраменко И. М. Международное морское право: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. 448с.
27. Міронюк А. І. Міжнародно-правова регламентація охорони та захисту морського середовища : дис. ...кандидата юрид. наук : 12.00.11. Київ : Інститут законодавства Верховної Ради України, 2020. 202 с.

#### REFERENCES

1. Averochkina, T. V., & Kuznetsov, S. O. (2011). *Morske pravo* [Maritime law]. Odesa: Feniks [in Ukrainian].
2. Antsepelevich, H. A. (2004). *Mezhdunarodnoe morskoe pravo* [International maritime law]. K.: Izdatelskyi dom «Slovo» [in Ukrainian].
3. Hureev, S. A., Zenkyn, I. V. & Ivanov, G. G. (2011). *Mezhdunarodnoe morskoe pravo* [International maritime law]. M.: Norma, Infra-M [in Russian].
4. Hutsuliak, V. N. (2008). *Morsoke pravo* [Maritime law]. M. [in Russian].
5. Sukharev, A. Ya. (1984). *Yurydycheskyi entsyklopedycheskyi slovar*. M.: Sovetskaia entsyklopedyia [in Russian].
6. Skarydov, A. S. (2006). *Morskoe pravo* [Maritime law]. SPb: Academus [in Russian].
7. Baymarutov, M. A. (2000). *Mezhdunarodnoe pravo* [International law]. Kharkov: Odyssei [in Ukrainian].
8. Koval, V. N., Nykytyna, A. P., Statsenko, O. S. (2018). *Mezhdunarodnoe morskoe pravo (chastnoe y pablychnoe)* [International maritime law (private and public)]. M.: Vuzovskiy uchebnyk [in Russian].
9. Nikiforov, V. A. & Polyakov, K. I. (2015). *Printsipi mezhdunarodnogo morskogo prava*. *Uchennie zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2 (65), 229-231 [in Ukrainian].
10. Shemiakin, A. N. (2004). *Morskoe pravo* [Maritime law]. Kharkov: Odyssei [in Ukrainian].
11. Serafimov, V. V. (2016). *Pervaia Konferentsiya OON po morskomu pravu 1958 goda: voprosy terrytorial'nogo moria i prylezhashchei zoni*. *LEX PORTUS*, 1, 140-161.
12. Serafimov, V. V. (2016). *Pervaya Konferenciya OON po morskomu pravu 1958 goda: voprosy terrytorial'nogo morya i prylezhashchej zony*. *LEX PORTUS*, № 1, 140-161 [in Russian].
13. Mironiuk, A. I. (2020). *Mizhnarodno-pravova rehlamentatsiia okhorony ta zakhystu morskoho seredovyscha* [International legal regulation of protection and protection of the marine environment]. Candidate's thesis. Kyiv : Instytut zakonodavstva Verkhovnoi Rady Ukrainy [in Ukrainian].

*Шаніро Г.В., Горалік Є.Т.*

## МОДЕЛІ ТА МЕТОД ФОРМАЛІЗАЦІЇ НАВІГАЦІЙНОЇ ОБСТАНОВКИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ СУДНОВОДІННЯ

*Суб'єктивність оцінки безпеки та оптимальності спланованого маршруту при традиційних методах його планування не дозволяє повною мірою виконати якісну обробку всієї необхідної інформації. До такої інформації відноситься: повноцінне урахування правил плавання, маневрених особливостей судна, оцінка швидкісного режиму та його зміна, оцінка впливу гідрометеорологічних умов плавання, планування складних маневрів та забезпечення безпеки плавання судів, особливо крупнотонажних, у стиснутих водах. Рішення проблеми знаходиться в залежності від функціональних можливостей системи управління та умінь судноводіїв обирати ефективну стратегію організації процесів планування оптимального маршруту, безпечного маневрування та управління судном, що вимагає побудови автоматизованих систем управління судноводінням та формалізації навігаційної обстановки для побудови відповідних алгоритмів.*

**Ключові слова:** автоматизація судноводіння, навігаційна обстановка, теорія графів, теорія множин, формалізація, штучний інтелект.

**Вступ.** Завдання забезпечення безпеки руху на морі існує з часів перших мореплавців та залишається найважливішою проблемою для сучасної системи судноплавства, про що свідчать численні наукові дослідження. Необхідність рішення проблем безпеки судноплавства обумовлена високим рівнем аварійності світового флоту. За даними ІМО навігаційна аварійність судів світового флоту складає 60-70% від загальної, а за останні 30 років, незважаючи на значний технічний прогрес, тенденція до зниження аварійності на морі є незначною. При цьому проблема "людського фактора" є причиною близько 80% аварій та катастроф на морі.

Одним з напрямків удосконалення процесів забезпечення безпеки мореплавання є передача частини функцій судноводія автоматичним системам судноводіння зі штучним інтелектом, зокрема, функції планування маршруту, вибору режимів руху та (в майбутньому) управління судном в автоматичному режимі у межах заданої безпечної смуги. Особливо складною є ці завдання в прибережній смузі, де збільшується інтенсивність руху суден та виникають природні перешкоди руху (мілини, фарватери, острови, тощо). Автоматизація процесів судноводіння з елементами штучного інтелекту вимагає розробки методів (процедур) формалізації навігаційної обстановки, що визначає актуальність даної статті.

**Аналіз літературних джерел.** Дослідженню математичних моделей руху судів та практичних питань їх маневрування у різних умовах присвячені роботи: Л.Л. Алексеєва [1], В.І. Тіхонова [2], Ю.І. Юдіна [3], К.Г. Aarsther [4], J. Artyszuk [5], С.В. Barrass [6],

L. Morawski [7]. Слід відзначити ряд робіт вітчизняних авторів, які присвячені проблемі безпеки судноводіння: Л.Л. Вагущенко [8], К.Л. Обертюра [9], Р.Ю. Бужбецького [10], А.С. Мальцева [11], О.М. Тимошук [12].

**Мета статті** є розроблення моделей та методу для формалізації навігаційної обстановки для автоматизації процесів судноводіння.

### **Основна частина.**

Відповідно до міжнародних вимог А.893(21), STCW-78, SOLAS-74 розробка плану рейсу (маршруту) судна є найважливішою процедурою для належного судноводіння, забезпечення безпеки людського життя на морі й захисту морського навколишнього середовища. На підставі вимог А.893(21) та досліджень [5-12] можна сформулювати основні підходи й умови формалізації району плавання для планування маршруту руху судна, а саме:

1. Навігаційно-гідрографічні характеристики: прийняті системи судноплавства, розташування маршруту щодо берегів, навігаційних небезпек, заборонних та режимних районів, рельєф дна, присутність районів з особливими умовами плавання, фарватери, канали, системи розділення руху судів (СРР), рекомендовані та встановлені шляхи (ВШ), якірні стоянки (ЯС), райони рибальства (РР), райони військових навчань (РВН), тощо. Система судноплавства – взаємозалежна структура об'єктів, що включає, але не обмежує судна, водний шлях, засоби навігаційного, портового та іншого обладнання, персонал.

2. Гідрометеорологічні характеристики: переважні вітри, хвилювання, течії, шляхи циклонів, границі поширення плавучого льоду, припливно-відпливні явища, тощо.

3. Засоби навігаційного та радіонавігаційного обладнання морів, системи огороження небезпек, режим їх роботи, точність, обмеження, можливості радіолокаційних станцій (РЛС), для визначення місця рухомих об'єктів (суден), характерні ознаки для впізнання орієнтирів, знаків, інших рухомих об'єктів, потенціал автоматичних ідентифікаційних систем (AIS).

4. Правила плавання суден, у тому числі, місцеві, які діють у районах зі стиснутими умовами.

5. СУРС, системи судових повідомлень, передачі навігаційної та гідрометеорологічної інформації, штормових й льодових попереджень, рекомендацій прогностичних центрів, зон їх дії та видів обслуговування.

6. Способи та необхідна частота визначення місця розташування судна.

7. Для забезпечення фізичної реалізації плану рейсу (маршруту) повинні враховуватись маневрені особливості судна, включаючи обмеження; необхідні зміни швидкості на шляху; точки зміни курсу з урахуванням циркуляції судна, тощо.

Виконаємо класифікацію та формалізацію множин районів плавання.

Для вибору маршруту переходу та забезпечення безпеки плавання судна з використанням автоматизованих навігаційних комплексів із системою інтелектуальної підтримки (СПП) повинна бути формалізована математична модель навігаційно-гідрографічної обстановки на основі цілеспрямованої систематизації, сформульованої в [7], та встановлені принципи взаємодії елементів, пов'язаних з мореплаванням. У дослідженні [9], в основу подібних моделей покладені принципи й методи традиційного судноводіння, пов'язані з поділом маршруту переходу по характерних районах з умовами плавання, що різняться.

На стратегічному рівні планування пропонується виділяти два характерні типи інформації про райони плавання (РПл) та рівня деталізації рис. 1:

1. Райони водного простору (океани, моря, протоки, затоки, бухти, річки).
2. Райони суші (материки, острови, півострови, порти, хвилеломи, причали).

На рис. 1 позначено: О - океан; МВІД - море відкрите; МЗА - море закрите; Б - затоки, бухти; ПР - вузькості, фіорди, протоки, тощо; П - портові акваторії, рейди; НВВ - нафтові вишки, виносні причальні обладнання (ВПО).

Відносини взаємозв'язку між рівнозначними типовими районами водних просторів по маршруту плавання (переходу) судна визначаються географічним розташуванням та особливостями судноплавства з урахуванням виконаних раніше досліджень [9] та представлених на рис. 1.

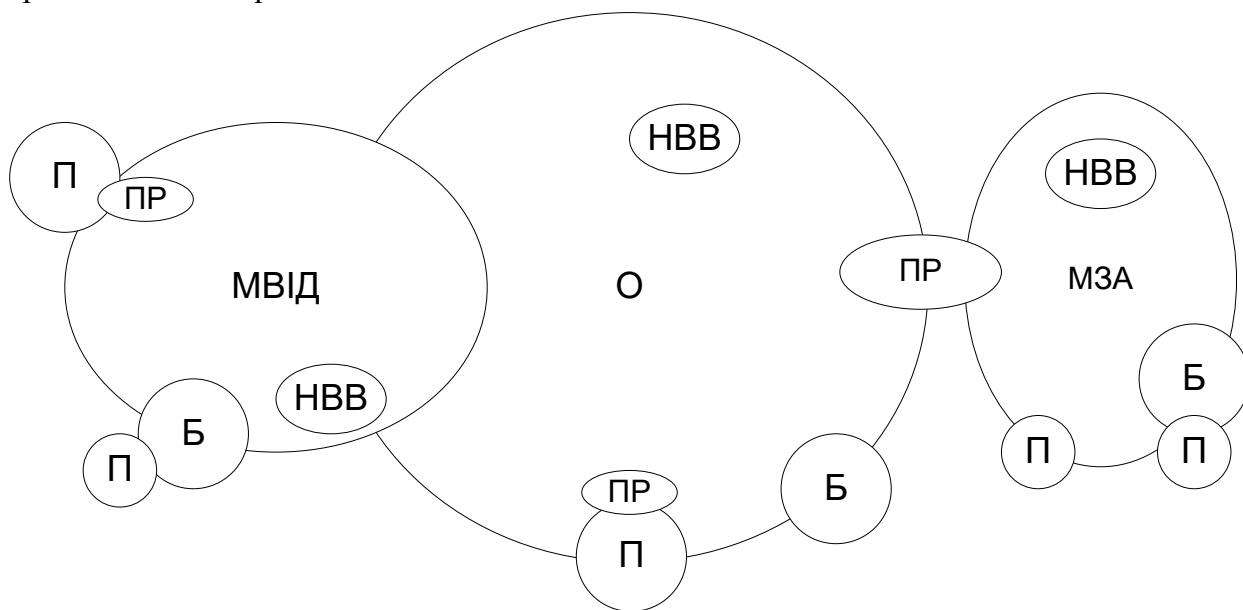


Рисунок 1 – Множини районів водних просторів

Райони плавання за маршрутом судна пропонується представляти в СПП множинами та сформулювати універсальне представлення у вигляді ієрархії окремих елементів цих множин. Це дозволяє застосовувати існуючі в науковій літературі методи операцій над множинами (приналежності, включення, об'єднання, перетинання, вирахування) у якості вихідного математичного апарата алгоритмів СПП у судноводінні, що в сукупності формує логіко-математичні моделі навігаційної обстановки.

Таким чином, це можна представити комбінаціями логічних операцій над множинами та їх взаємодій:

$$\begin{aligned}
 \text{РПЛ}_k \supset \begin{cases} \text{РПЛ}_i \cap \text{РПЛ}_j; \\ \text{РПЛ}_i \cup \text{РПЛ}_j; \\ \text{РПЛ}_i \setminus \text{РПЛ}_j; \\ \text{РПЛ}_i \in \text{РПЛ}_j; \end{cases} & (1) \\
 \text{РПЛ}_i \rightarrow \text{РПЛ}_j; \\
 \text{РПЛ}_i \leftarrow \text{РПЛ}_j; \\
 \text{РПЛ}_i \leftrightarrow \text{РПЛ}_j,
 \end{aligned}$$

де РПЛ<sub>к</sub> - область (множина) поточного району плавання; ∈, ⊃, ∪, ∩, \ - знаки приналежності, включення, об'єднання, перетинання, віднімання множин, відповідно; →, ←, ↔ - знаки переходу, прямого, зворотного, двостороннього відповідно; i, j - індекси РПЛ.

На основі логічних операцій над множинами районів та умов плавання утворюються багаторівневі моделі множин РПЛ<sub>к</sub> на наступному рівні ієрархії завдання планування оптимального маршруту судна.

Виконаємо класифікацію та формалізацію множин умов плавання.

Деталізацію характеристик умов плавання (УП) судна, відповідно до застосовуваними класифікаціями в гідрографії й навігації, доцільно представити у вигляді: встановлених шляхів, правових обмежень, регульованих, спеціальних районів. Ці умови плавання, деталізовані в роботах [3-6] розділяються на типові групи, що враховують види діяльності й обмеження, як показано на рис. 1.

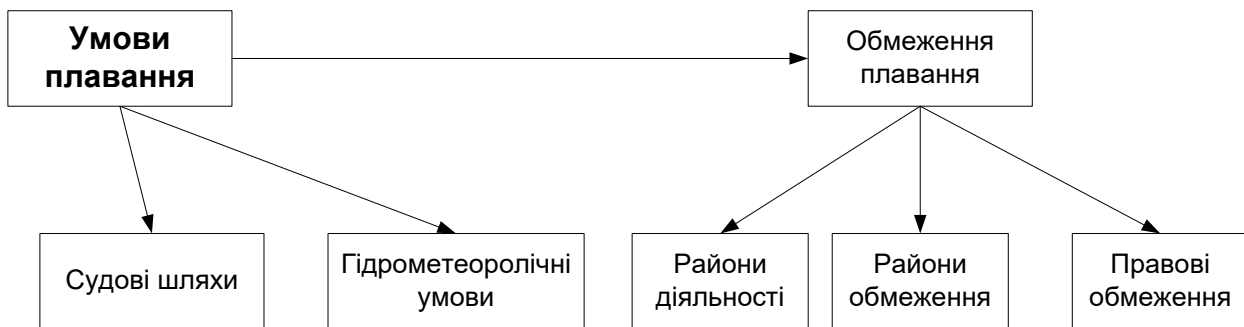


Рисунок 2 – Структурна схема основних типових груп умов плавання в районі

Математична модель умов плавання для формування маршруту руху судна представляються аналогічно положенням, логічними операціями над множинами, подібно виразу (1).

$$\begin{aligned}
 \text{УП}_i \supset \begin{cases} \text{УП}_i \cap \text{УП}_j; \\ \text{УП}_i \cup \text{УП}_j; \\ \text{УП}_i \in \text{УП}_j; \\ \text{УП}_i \setminus \text{УП}_j, \end{cases} & (2)
 \end{aligned}$$

де УП<sub>і</sub> - поточні умови плавання; i, j - індекси умов плавання.

Взаємодія та взаємозв'язок моделей РПл (1) та УП (2) представляються логічними операціями над їх множинами, що в результаті дає узагальнену модель навігаційної обстановки (НО) для формування маршруту судна:

$$НО_i \equiv РПл_i \cup УП_i \quad (3)$$

де НО<sub>i</sub> - множина комбінацій навігаційної обстановки.

Виконаємо класифікацію та формалізацію множин умов судноплавства.

На підставі класифікації районів та умов плавання (1)-(3) пропонується доповнити трьома ознаками умов судноплавства, що залежать від відстаней до небезпек, небезпечної глибини та частоти зустрічей з іншими судами:

1) райони відкритого моря (необмежений судноплавний простір):

$$d(F_i, O_j) \geq 50 \text{ миль}; \quad H_{оп} \geq 2T_{дин}; \quad T_{оч} \geq 60 \text{ хв} \quad (4)$$

де Т<sub>ож</sub> - частота зустрічей з іншими судами, хв (щільність суднопотоку); О<sub>j</sub> - район небезпек.

2) райони прибережного плавання:

$$\begin{aligned} 10 \text{ миль} < d(F_i, O_j) \leq 50 \text{ миль}; \\ 1,5T_{дин} < H_{оп} < 2T_{дин}; \\ 30 \text{ хв} \leq T_{оч} < 60 \text{ хв}. \end{aligned} \quad (5)$$

3) райони стиснутого судноплавства або з особливими умовами плавання по класифікації (вузькості, підходи до портів, канали, СРР, і т.п.).

$$\begin{aligned} d(F_i, O_j) \leq 10 \text{ миль}; \\ H_{оп} \leq 1,5T_{дин}; \\ 15 \text{ хв} \leq T_{оч} < 30 \text{ хв}. \end{aligned} \quad (6)$$

Для запобігання небезпечного зближення судна з навігаційними небезпеками в умовах невизначеності руху судна, роботи системи керування й зовнішнього середовища необхідна наявність навколо судна вільного простору – ЗНБ, яка враховує:

1. Міжнародні, національні, місцеві правила плавання, звичаї;
2. Звичайну та ефективну морську практику, особистий досвід;
3. Навігаційну обстановку, включаючи працездатність навігаційного обладнання, гідрометеорологічні умови, судно потік;
4. Особливості навігації та управління судном.

Залежно від умов судноплавства (4) - (6) паралелепіпед ЗНБ, а, отже, і значення кроку дискретизації водного простору вибираються різними. Наприклад, для районів відкритого моря (4) паралелепіпед ЗНБ може визначатися на основі довжини гальмового шляху судна, дистанції безпечної розбіжності із судами:

$$L_f = 15L; \quad B_f = 2D_{on}; \quad H_f = 2T_{дин} \quad (7)$$

Для районів прибережного плавання (5) паралелепіпед ЗНБ може визначатися на основі елементів маневрування табл. 1, дистанції безпечної розбіжності із судами:

$$L_f = d_1 + d_2 + d_3; \quad B_f = D_{on}; \quad H_f = 1,5T_{дин}, \quad (8)$$

де  $d_1$  – відрізок переходу на новий ПУ після перекладки керма при зміні свого курсу, милі;  $d_2$  – мінімальний відрізок, необхідний для одержання й збереження стійкого значення курсу, милі;  $d_3$  – відрізок шляху стійкого руху перед наступною зміною курсу, милі.

Таблиця 1 – Елементи маневрування

Довжина судна, м	50	100	150	200	250	300
$(d_1 + d_2 + d_3)/L$	6,6	5,6	5,6	6,5	8,8	9,0

При формалізації математичної моделі НО (1)-(3) для планування маршруту в портових водах пропонується враховувати розміри паралелепіпеда ЗНБ судна, орієнтованого по генеральному напрямку кожного елементарного відрізка маршруту й визначальної здатність проходу через нього судна:

$$L_f \geq L + \min(\Delta L); \quad B_f \geq B + \min(\Delta B); \quad H_f \geq T + \min(\Delta T), \quad (9)$$

де  $T$ ,  $L_f$ ,  $B_f$ ,  $H_f$  - осадка судна, розміри елементів паралелепіпеда ЗНБ, милі;  $\min(\Delta L)$ ,  $\min(\Delta B)$ ,  $\min(\Delta T)$  – мінімальні навігаційні запаси на прохід судном стиснутих умов (каналів і т.п.).

Точність і інформативність моделі району плавання прямо залежать від обраного кроку дискретизації. Виходячи з ефективної морської практики, в якості вихідної посилки для вибору цього кроку може служити значення ширини ЗНБ судна з урахуванням мінімального навігаційного запасу (7)-(9), необхідного для безпечної провідки судна через шлюзи, канали, доки. Доцільно підбирати масштаб карти так, щоб об'єкт із розмірами, які дорівнюють ширині ЗНБ судна (7)-(9) не вироджувався до точки. При подальшому зменшенні масштабу карти повнота їх змісту знижується.

Під час пошуку маршруту потрібно оцінювати близькість судна до небезпек з обох бортів судна. Тому, довжина нескінченно малого відрізка на карті (на екрані дисплея ECDIS), відповідного до ширини ЗНБ судна з мінімальними запасами (9), повинна представлятися мінімум трьома окремими дискретними елементами. Отже, крок дискретизації пошуку доцільно вибирати рівним третини ширини ЗНБ судна з мінімальними запасами (7)-(9) рис. 3.

$$\varepsilon = B_f/3. \quad (10)$$

Тоді найменший масштаб зображення району пошуку на карті визначається формулою:

$$\mu = ds/\varepsilon = 3ds/Bf, \quad (11)$$

де  $\mu$ - масштаб карти;  $ds$  - нескінченно малий відрізок на карті, що відповідає кроці дискретизації пошуку на місцевості.

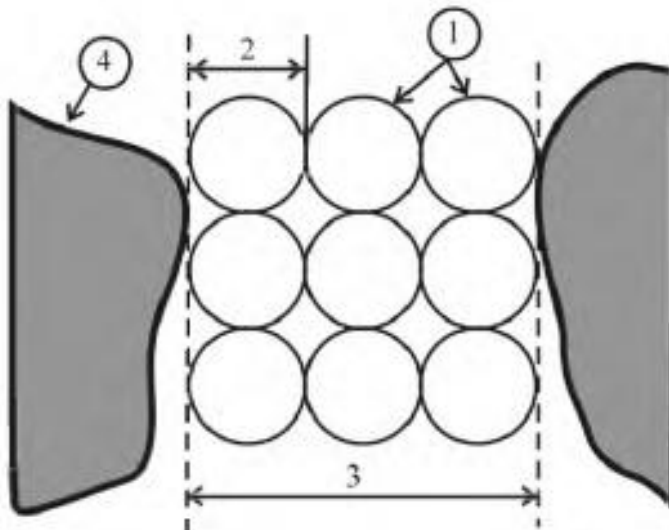


Рис. 3. Вибір масштабу карти та кроку дискретизації пошуку:  
1 – елементарна точка; 2 – розмір елементарної точки (10); 3 – мінімальний запас для судна по ширині -  $V_f$  (9); 4 – навігаційні небезпеки.

Виконаємо класифікацію та формалізацію множин навігаційної обстановки

Найбільш доцільними для автоматизованого пошуку, вибору, оптимізації маршруту руху судна є алгоритми, що базуються на теорії графів. Графи будуються по характерних точках (ХТ) топографічної, геометричної й інформаційної моделям навколишнього середовища. Граф-моделі компактно описують перешкоди та вільні області та успішно застосовуються в робототехнічних системах.

Маршрут судна може представлятися простим орієнтованим графом, тобто спрямованою послідовністю вершин – точок маршруту, з'єднаних ребрами.

Графом називається впорядкована пара множин, що полягає з кінцевої непустої множини вершин РПЛ (1), УП (2), районів навігаційних небезпек (характерних точок) та довільної підмножини ребер (лінійних або криволінійних відрізків між вершинами):

$$G = (P_g, E_g) \quad (12)$$

де  $P_g$  – кінцева непорожня множина елементів вершин графа;  $E_g$  - підмножина елементів ребер графа.

Ребра представляють собою відрізки шляху судна (локсодромій, ортодромій) між ХТ на траєкторії. При задаванні простору графом ХТ з'єднуються дугами, яким надаються відповідні значення: (напрямок – прямий, зворотній або обопільний, відносини –

приналежність, включення, виключення у відповідності з (1), (2)). Тоді взаємозв'язок елементів обстановки району плавання відображається за допомогою ребер графа.

Узагальнена математична модель району плавання представляється за допомогою об'єднання районів (граф моделей окремих областей як зв'язувань вершин ХТ) спадкування характеристик, властивостей. Таким чином, основна ідея побудови графа моделей навігаційної обстановки (3) для будь-яких двох незбіжних вершин зводиться до аналізу зв'язків між ними за формулою:

$$P_{g_i} \mathfrak{S} P_{g_j}; \quad \mathfrak{S} = (\in, \cup, \cap, \notin, \supset, \rightarrow, \leftarrow, \leftrightarrow) \quad (13)$$

де  $P_{g_i}$ ,  $P_{g_j}$  – вершини, поняття;  $\mathfrak{S}$  - поняття, яке пов'язує вершини (логічні операції над множинами, символи можливості переходу).

ХТ – точки, які належать контуру (границі) будь-якого району, маршруту, що володіють відмітними (характерними) властивостями їх розташування щодо інших елементів (точок), тобто значно виступаючі, впадаючі або несучі відмітну інформацію.

Вершинам графа задаються характеристики:

1. Координати ХТ у просторі;
2. Набір суміжних (сусідніх) вузлів  $i_1, i_2, \dots, i_m$ ;
3. Додаткові характеристики, наприклад множина рухомих об'єктів, що проходять через вузол.

Кожному ребру графа привласнюють наступні характеристики:

1. Вага, адекватний довжині відрізка шляху між двома сусідніми (суміжними) ХТ (вершинами  $i$  та  $j$ ), часу переходу, складності переходу. Вага ребра може обновлятися в процесі планування шляху;
2. Напрямок переходу, можливі зв'язки;
3. Відношення (13), яке логічно пов'язує елементи різних графів.

Внаслідок високої розмірності району пошуку маршруту судна проблема формалізації моделі на основі досліджень вирішується за допомогою багаторівневого підходу до питань навігації з урахуванням ієрархії елементів водного простору для плавання судна.

Для формалізації небезпек застосовуються багатокутники, складові частини яких коректуються в процесі планування. Подібна стратегія дає переваги при використанні методів обчислювальної геометрії.

Залежно від ступеня деталізації району плавання (відкритого моря (4), прибережного плавання (5), стиснутого судноплавства (6)), кожній вершині графа ставляться у відповідність певні властивості – умови плавання (див. рис. 2) для створення інтелектуальних баз знань.

На основі аналізу дослідження [8] пропонується застосувати поняття гіперграфа, що розширює концепцію графа. Зокрема гіперграф дозволяє отримувати інформацію про фізичні та інші особливості елементів простору, розглядати не тільки одиничні об'єкти, але й групи відповідних ХТ, що встановлюють, наприклад, тип відносин, для деталізації надалі.

В ієрархії, визначеній на гіперграфі, відносини між вузлами різних графів, визначаються суміжними ХТ, з'єднаними з вузлами інших графів. Будь-яке з'єднання

гіперграфа може включати ХТ більш низького рівня ієрархії, тобто ХТ різних графів включаються в ХТ більш високого рівня ієрархії. За допомогою гіперграфів встановлюється взаємозв'язок між множинами окремих районів водного простору (4)-(6), розділених за принципами та методах традиційного судноводіння.

Моделі областей, що є підобластями більшого району, успадковують деякі властивості та характеристики, які можуть доповнюватися й деталізуватися, при цьому зберігаються відносини між властивостями, відображуваними ХТ.

Небезпеки пропонується додатково класифікувати за розташуванням, складністю конфігурації, доступністю для плавання, з урахуванням розмірів ЗНБ (7)-(9) у такий спосіб:

1. Точкові: відмітні глибини, невеликі острови, штучні навігаційні та технічні споруди (буї, знаки, бурові платформи, вишки, розміри ЗНБ, тощо).

2. Лінійні: причальні споруди, рекомендовані шляхи, СРР, фарватери. Дані елементи навколишнього середовища, легко піддаються формалізації й можуть бути досить просто представлені математично або алгоритмічно (без втрат у точності) або вже формалізовані системою умовних позначок на морських навігаційних картах.

3. Небезпеки складної форми: ділянки узбережжя, острова зі складною конфігурацією, небезпечні ізобати (глибини), тобто елементи, опис яких вимагає застосування складного математичного, логічного та алгоритмічного апарата (вибір ХК, апроксимація прямими відрізками з неминучою втратою точності). Графи небезпек складної форми можуть деталізуватися в процесі пошуку маршруту.

4. Приналежність суші (острова, миси, материки, тощо) або водної частини (мілководдя, вузькі глибоководні протоки, шхери, тощо).

5. Райони недоступні для плавання судна при будь-яких умовах, хоча б один з елементів паралелепіпеда ЗНБ судна (9) більший або дорівнює характерним розмірам водної частини небезпеки.

6. Райони, доступні для плавання судна за певних умов, тобто хоча б один з елементів паралелепіпеда ЗНБ судна (9) менше мінімальних значень характерних розмірів водної частини в певний час або за певних умов.

7. Райони, доступні для плавання судна при будь-яких умовах, тобто елементи паралелепіпеда ЗНБ судна (9) менше мінімальних значень характерних розмірів водної частини небезпеки.

Таким чином, під доступністю району для плавання судна можна прийняти обставини, проміжок часу, коли можливий прохід паралелепіпеда ЗНБ судна (9). Наприклад, деякі ділянки мілководдя можуть бути пройдені під час припливу, райони стрільб, військових навчань можуть вважатися режимними, прохід через які можливий у певний час.

### **Висновки.**

Необхідна для формування навігаційної обстановки інформація та форма її відображення спочатку може оцінюватися на основі ефективної морської практики, а отримана в такий спосіб база використовуватися надалі для настроювання системи, у залежності від індивідуальних особливостей судноводіїв.

В статті з використанням теорії множин запропонована формалізація (класифікація) навігаційної обстановки, що включає райони плавання, умови плавання та особливі умови

плавання. Застосування моделей та методу формалізації дозволить побудувати ефективні алгоритми пошуку маршруту руху суден, які можуть бути застосовані у автоматизованих системах судноводіння з елементами штучного інтелекту.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Алексеев, Л.Л. Практическое пособие по управлению морским судном [Текст].- СПб.: ЦНИИМФ, 2003. - 192 с.
2. Тихонов, В.И. Совершенствование теории судовождения на внутренних водных путях [Текст]: автореф. дис. д-ра. техн. наук: 05.22.19.- Н. Новгород, 2011.- 39 с.
3. Юдин, Ю.И. Использование идентифицированных математических моделей судна для обеспечения безопасности судовождения [Текст]/ Ю.И.Юдин, А.Г.Степачно, А.Н. Г ололобов// Вестник МГТУ.- 2009.- Т.12.- №1.- С.10-12.
4. Aarsther, K.G. Combined Maneuvering Analysis, AIS and Full-Mission Simulation [Text]/ K.G.Aarsther, T.Moan// Int. J. on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation.- 2007.- V.1.- No.1.- pp. 31 - 36.
5. Artyszuk, J. Data Smoothing Application to the Ship Motion Mathematical Model Identification [Text]/ Annual of Navigation.- 2000.- No. 2.- P.5-15.
6. Barrass, C.B. Ship design and performance for masters and mate [Text].- Burlington: Elsevier Butterworth-Heinemann Linacre House, 2004.- 264 p.
7. Morawski, L. Problem of Stopping Vessel at the Waypoint for Full-Mission Control Autopilot [Text]/ L.Morawski, V.Nguyen Cong// Int. J. on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation.- 2010.- V.4.- No.2.- P.151-156.
8. Вагущенко Л.Л. Поддержка решений по расхождению с судами / Л.Л. Вагущенко. – Одесса: Феникс, 2010. –229 с.
9. Обертюр К.Л. Повышение безопасности эксплуатации судов методами управления событиями: дис. ... канд.техн. наук 05.22.20 / Обертюр Константин Леонидович. – Одесса, 2015. – 223 с.
10. Бужбецкий Р.Ю. Совершенствование методов предупреждения столкновения судов с учетом особенностей их взаимодействия: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.13 / Бужбецкий Ростислав Юрьевич. – Одесса, 2016. – 223 с.
11. Мальцев А.С. Маневрирование судов при расхождении / А.С. Мальцев. – Одесса: Морской тренажерный центр,2005. – 208 с.
12. Тимощук О.М. Метод формалізації знань про оцінку обстановки судноводієм при виникненні небезпечної ситуації зближення (зіткнення). Системи обробки інформації. 2019. № 2(157). С. 154-160. <https://doi.org/10.30748/soi.2019.157.22>.

*Бойко А. Д., Горалік Є. Т.*

## **РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СУМАРНИХ ВИТРАТ НА ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ І ЛІКВІДАЦІЇ ОЧІКУВАНОГО ЗБИТКУ ВІД АВАРІЙНИХ МОРСЬКИХ ПОДІЙ**

*Відповідно до вимог Міжнародного Кодексу по Управлінню Безпекою кожна судноплавна компанія повинна розробляти, втілювати в життя і підтримувати системи управління безпекою. Метою роботи є підвищення ефективності системи управління безпекою судноплавства. Відповідно до мети в роботі з урахуванням особливостей управління безпекою судноплавства на морі виявлено наявність протиріччя в предметній області, що досліджується. З однієї сторони необхідно визначати такий рівень підвищення безпеки судноплавства для кожної судноплавної компанії, який буде оптимальним з точки зору економіки судноплавної компанії і безпеки судноплавства. А з іншої відсутні ефективні формальні методи та моделі вирішення задач управління факторами ризиків аварійних морських подій, що забезпечують мінімізацію витрат на впровадження заходів для запобігання і ліквідації очікуваного збитку від аварійних морських подій. В статі розроблена математична модель сумарних витрат на впровадження заходів для запобігання і ліквідації очікуваного збитку від аварійних морських подій в системі управління безпекою судноплавства з урахуванням ефективності відповідних заходів. Запропонована математична модель сумарних витрат дозволяє визначити цільовий рівень підвищення системи управління безпекою судноплавства при мінімальних сумарних витратах на впровадження необхідних заходів.*

**Ключові слова:** судноплавство, система управління безпекою, модель, аварійна морська подія, імовірність, фактор, витрати, заходи.

**Вступ.** Відповідно до вимог Міжнародного Кодексу по Управлінню Безпекою (ISM Code) кожна судноплавна компанія повинна розробляти, втілювати в життя і підтримувати системи управління безпекою. Система управління безпекою (СУБ) – це структурована і документована система, яка дозволяє персоналу судноплавної компанії та іншим підприємствам морського і річкового транспорту ефективно провадити її політику в галузі забезпечення безпеки та захисту довкілля [1].

На даний час застосовуються різні методи в СУБ судноплавства в частині ідентифікації, аналізу, зниження рівня ризиків аварійних морських подій. Аварійна морська подія (АМП) – це подія, що виникла в результаті експлуатації судна чи у зв'язку з нею, яка спричинила, або могла спричинити людські жертви, або заподіяти шкоду здоров'ю людей, загибель судна, або втрату його морехідного стану, а також забруднення навколишнього природного середовища [2, 3].

При цьому на безпеку експлуатації морського судна впливає значна кількість факторів і вплив цих факторів може мати різні негативні наслідки. Досягти абсолютної безпеки неможливо, при цьому витрати на забезпечення безпеки судноплавства мають

тенденцію до постійного зростання, в той же час дефіцит вкладень в забезпечення безпеки судноплавства може привести до АМП. У зв'язку з цим необхідний механізм визначення першочергових ризиків і найбільш ефективних заходів щодо зниження їх рівня таким чином, щоб забезпечувався збалансований розподіл витрат на впровадження заходів для запобігання і ліквідації очікуваного збитку від АМП.

**Анализ літератури.** Проблемам впровадження і функціонування СУБ судноплавства на морському транспорті присвячено багато робіт. Серед них можна виділити роботи [4 - 7] та інші. Дослідження, виконані в цій області, пов'язані з оцінкою, аналізом, розрахунком ступеня тяжкості, імовірності ризику, методологією побудови СУБ судноплавства тощо. Але питання, що стосуються підвищення ефективності СУБ судноплавства в частині проведення заходів, оптимальних з точки зору економіки судноплавної компанії, щодо зниження ризиків АМП на даний час фактично не опрацьовані, в тому числі з точки зору формалізації процесу їх вирішення. Так безпосередньо відсутні формальні методи та моделі вирішення задач управління факторами ризиків АМП, що забезпечують мінімізацію витрат на заходи для запобігання і ліквідації очікуваного збитку від АМП.

**Метою роботи** є підвищення ефективності системи управління безпекою судноплавства за рахунок розробки математичної моделі сумарних витрат на впровадження заходів для запобігання і ліквідації очікуваного збитку від аварійних морських подій.

**Основна частина.** Однотипні АМП, які відбуваються за одними і тими ж або різними причинами та призводять до однотипних наслідків, утворюють однорідний потік подій, що відрізняються між собою часом появи.

У зв'язку з тим, що всі АМП є достатньо рідкісними і незалежними подіями, то можливо прийняти, що вони підпорядковуються закону Пуассона [8]. З огляду на це ймовірність появи АМП (emergency maritime event)  $P(EME_j)$ , які розподіляються згідно із законом Пуассона, може бути формально визначена відповідно до виразу

$$P(EME_j) = \lambda_j \times T, \quad (1)$$

де  $\lambda_j$  – інтенсивність потоку однорідних АМП;

$T$  – час експлуатації судна.

Будь-яка АМП може бути наслідком декількох факторів (причин) [**Ошибка! Закладка не определена.**]. Кожен фактор має свою частку у виникненні АМП. У конкретній АМП мають місце свої фактори, що формально представляють собою повну групу подій, а частка фактору АМП є умовною імовірністю того, що АМП відбулася через цей фактор

$$\sum_{i=1}^I P(F_i/EME_j) = 1, \quad (2)$$

де  $F_i$  – фактор АМП,  $i = \overline{1, I}$ ,  $I$  – кількість факторів;

$EME_j$  – АМП,  $j = \overline{1, J}$ ,  $J$  – кількість АМП.

При цьому імовірність  $P(F_i/EME_j)$  не характеризує тяжкість наслідків АМП  $EME_j$ .

Кожна АМП, обумовлена навіть одним і тим же фактором (або декількома факторами), буде призводити до свого збитку. В зв'язку з цим для кожного фактору за

результатами статистичних даних визначається середня величина очікуваного збитку  $\overline{A}_{j_i}$  як середнє арифметичне. Збиток безпосередньо пов'язаний з ризиком. Ризик виникнення АМП  $EME_j$  по одному фактору будемо визначати згідно виразу

$$R_i = \lambda_j \times T \times \overline{A}_{j_i} \times P(F_i/EME_j). \quad (3)$$

Математичне сподівання ризику виникнення АМП  $EME_j$  з урахуванням впливу всіх факторів будемо визначати виразом

$$R_j = \lambda_j \times T \times \sum_{i=1}^I (\overline{A}_{j_i} \times P(F_i/EME_j)). \quad (4)$$

Сумарний ризик виникнення декількох АМП (які є по відношенню один до одного різнорідними) будемо визначати виразом

$$R_{EME} = \sum_{j=1}^J R_j = T \times \sum_{j=1}^J (\lambda_j \times \sum_{i=1}^I (P(F_i/EME_j) \times \overline{A}_{j_i})). \quad (5)$$

Для зниження або запобігання рівня ризиків АМП виконується сукупність відповідних заходів. Тоді імовірність запобігання АМП  $P_k^{pr}$  представимо як відношення інтенсивності потоку АМП певного типу після впровадження заходів, до інтенсивності потоку цих подій, яка була до впровадження заходів

$$P_k^{pr}(M_n/F_i) = \lambda_k^{bef}(M_n/F_i) / \lambda_k^{aft}(M_n/F_i), \quad (6)$$

де  $\lambda_k^{bef}(M_n/F_i)$  – вихідна інтенсивність потоку  $k$ -го типу АМП до впровадження заходів  $M_n$  щодо зниження ризиків;

$\lambda_k^{aft}(M_n/F_i)$  – інтенсивність потоку АМП  $k$ -го типу з урахуванням заходів, що запобігають АМП.

При цьому, якщо  $\lambda_k^{aft}(M) < \lambda_k^{bef}(M)$  та  $\lambda_k^{aft}(M) > 0$ , то виконання заходів  $M$  дозволяє попередити частину АМП. У разі, якщо  $\lambda_k^{aft}(M) = 0$ , то виконання заходів  $M$  дозволяє попередити всі АМП, а якщо  $\lambda_k^{aft}(M) = \lambda_k^{bef}(M)$ , то всі АМП відбуваються.

По кожному фактору АМП може виконуватися кілька заходів щодо зниження ризику і один захід може забезпечувати запобігання кількох факторів. Якщо виконується кілька заходів, то витрати на впровадження заходів  $N$  щодо зниження ризиків підсумовуються, а результуюча імовірність  $P_k^{pr}(M/F_i)$  запобігання дорівнює добутку імовірностей запобігання подій за підсумками впровадження кожного заходу  $M_n$ , котрий знижує ризик подій. Результуюча імовірність запобігання АМП по фактору  $F_i$  та  $j$ -му АМП з урахуванням кількох заходів  $N$  будемо визначати відповідно до виразу

$$P_k^{pr}(M_j/F_i) = \prod_{n=1}^N P_k^{pr}(M_{jn}/F_i). \quad (7)$$

При цьому, якщо імовірність запобігання АМП за результатами впровадження заходів щодо зниження ризиків АМП дорівнює нулю, то заходи є неефективними і всі АМП в цьому випадку відбуваються. Якщо імовірність запобігання АМП за результатами

впровадження заходів щодо зниження ризиків АМП прагне до одиниці, то заходи є ефективними.

Відповідно до виразу (6), сумарне значення ризику для всіх АМП при впровадженні заходів, спрямованих на зниження ризику АМП, з урахуванням виразу (7), будемо визначати відповідно до виразу

$$R_{EME}^{pr} = T \times \sum_{j=1}^J \left[ \lambda_j \times \sum_{i=1}^I \left( P(F_i/EME_j) \times \bar{A}_{ji} \times (1 - \prod_{n=1}^N P_k^{pr}(M_{jn}/F_i)) \right) \right]. \quad (8)$$

Скорочення ризику виникнення АМП від впровадження попереджувального заходу, в свою чергу, визначимо згідно виразу

$$\Delta R_{EME} = R_{EME} - R_{EME}^{pr}. \quad (9)$$

З метою забезпечення або підвищення безпеки мореплавання компаніями можуть розроблятися і застосовуватися різні заходи, спрямовані на усунення людських, технічних факторів та факторів, пов'язаних з зовнішніми впливами і докільям, наприклад: вдосконалення навчальних тренажерів; підвищення якості професійної підготовки персоналу, вдосконалення технології технічного обслуговування та ремонту і т.д. Вираз для визначення витрат  $K_{EME}$  для реалізації відповідних заходів представимо у наступному вигляді

$$K_{EME} = - \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I C_{0jni} \ln \left( 1 - P_k^{pr}(M_{jn}/F_i) \right), \quad (10)$$

де  $C_{0jni}$  – постійна процесу, яка характеризує швидкість його зміни.

Безпека мореплавання зі збільшенням вкладень фінансових коштів в заходи запобігання буде підвищуватися, але при цьому ефективність додаткових вкладень в заходи може бути нижче, ніж при первинному вкладенні до певного рівня  $P_{opt}^{pr}$ . Таким чином, важливо визначити таке значення  $P_{opt}^{pr}$ , з якого ефективність вкладень буде знижуватися. При цьому, пошук оптимального значення рівня безпеки мореплавства повинен бути виконаний з урахуванням параметра ефективності (в даному випадку імовірності запобігання АМП), який характеризує рівень зниження ризиків АМП (ефективність заходів) і вартість заходів. Імовірність запобігання АМП характеризує якість СУБ мореплавання.

Певна пропорція між сумарними витратами і імовірністю запобігання буде забезпечувати найбільшу ефективність забезпечення безпеки мореплавання. З огляду на це, як параметр оптимізації прийнята імовірність  $P^{pr}$ , а в якості критерію оптимізації – мінімальні сумарні витрати. Імовірність запобігання АМП та мінімальні сумарні витрати визначаються для кожного типу АМП. Згідно цього встановлюється відповідна класифікація критеріїв мінімальних сумарних витрат.

Виходячи з виразів для вкладень в забезпечення безпеки мореплавання (10) і ризику реалізації АМП (8), сумарні витрати будемо визначати на основі наступної математичної моделі сумарних витрат (при дискретних величинах):

$$A_{all} = R_{EME}^{pr} + K_{EME} =$$

$$= T \times \sum_{j=1}^J \left[ \lambda_j \times \sum_{i=1}^I \left( P(F_i/EME_j) \times \bar{A}_{jl} \times \left( 1 - \prod_{n=1}^N P_k^{pr}(M_{jn}/F_i) \right) \right) \right] - \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I C_{0jni} \ln \left( 1 - P_k^{pr}(M_{jn}/F_i) \right). \quad (11)$$

Розроблена математична модель сумарних витрат дозволяє визначити цільовий рівень підвищення безпеки мореплавання при мінімальних сумарних витратах.

**Висновки.** В роботі відповідно до особливостей управління безпекою судноплавства на морі виявлено наявність протиріччя в предметній області, що досліджується. З однієї сторони необхідно визначити такий рівень підвищення безпеки судноплавства для кожної судноплавної компанії, який буде оптимальним з точки зору економіки судноплавної компанії і безпеки судноплавства. А з іншої відсутні ефективні формальні методи та моделі вирішення задач управління факторами ризиків аварійних морських подій, що забезпечують мінімізацію витрат на впровадження заходів для запобігання і ліквідації очікуваного збитку від аварійних морських подій. В статі розроблена математична модель сумарних витрат на впровадження заходів для запобігання і ліквідації очікуваного збитку від аварійних морських подій в системі управління безпекою судноплавства з урахуванням ефективності відповідних заходів. Запропонована математична модель сумарних витрат дозволяє визначити цільовий рівень підвищення системи управління безпекою судноплавства при мінімальних сумарних витратах на впровадження необхідних заходів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Положення про систему управління безпекою судноплавства на морському і річковому транспорті, затверджене наказом Міністерства транспорту України від 20.11.2003 р. № 904 // Офіційний вісник України. – 2003. – № 52. – Т. 2. – Ст. 2844.
2. Інструкція про порядок здійснення контролю за виконанням судноплавними компаніями України нормативних актів з питань безпеки судноплавства, затверджена наказом Міністерства транспорту та зв'язку України 26.11.2004 р. № 1048 // Офіційний вісник України. – 2004. – № 50. – Ст. 3304.
3. Положення про Державну систему управління безпекою судноплавства, затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 7.10.2009 р. № 1137 // Офіційний вісник України. – 2009. – № 83. – Ст. 2810.
4. Мельник О.Н. Експлуатація неспеціалізованих суден при транспортуванні негабаритних і великовагових вантажів: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Мельник Олександр Ніколаєвич; ОНМУ. - Одеса, 2021. - 24 с.
5. Митрофанова Н.В. Методические основы оценки человеческого фактора в системе управления рисками судоходных компаний: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 08.00.05 / Митрофанова Надежда Владимировна; СПГУВК. - Санкт-Петербург, 2007. – 24 с.
6. Нычик Т.Ю. Оценка риска аварий и транспортных происшествий в судоходных шлюзах: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.19 / Нычик Татьяна Юрьевна; ВГАВАТ. - Од Санкт-Петербург, 2007. - 24 с.
7. Обертюр К.Л. Підвищення безпеки експлуатації суден методами управління подіями: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Обертюр Костянтин Леонідович; НУ ОМА. - Одеса, 2017. - 21 с.

8. Качинский А. Б. Засады системного аналізу безпеки складних систем [Текст] /А. Б. Качинский. – К.: ДП «НВЦ» Євроатлантикінформ, 2006. – 336 с.

**Boyko A.D., Horalick Ye.T.**

**DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF TOTAL COSTS FOR THE INTRODUCTION OF MEASURES TO PREVENT AND REMOVE EXPECTED LOSS FROM MARINE EVENTS**

*According to the requirements of the International Code of Safety Management, each shipping company must develop, implement and maintain safety management systems. The purpose of the work is to improve the efficiency of the navigation safety management system. According to the purpose of the work, taking into account the peculiarities of managing the safety of navigation at sea, the presence of a contradiction in the subject area under study was revealed. On the one hand, it is necessary to determine the level of navigation safety improvement for each shipping company, which will be optimal from the point of view of the shipping company's economy and navigation safety. On the other hand, there are no effective formal methods and models for solving the problems of managing the risk factors of emergency marine events that ensure minimization of the costs of implementing measures to prevent and eliminate the expected damage from emergency marine events. The article develops a mathematical model of the total costs for the implementation of measures to prevent and eliminate the expected damage from emergency marine events in the navigation safety management system, taking into account the effectiveness of the relevant measures. The proposed mathematical model of total costs makes it possible to determine the target level of improving the navigation safety management system with the minimum total costs for the implementation of the necessary measures.*

**Key words:** *shipping, safety management system, model, emergency marine event, probability, factor, costs, measures.*

*Гаценко Л.В., Федотов В.Т.*

## **МЕТОД СИНТЕЗУ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИГНАЛІВ НА ОСНОВІ ТРИКУТНОЇ ЧАС-ІМПУЛЬСНОЇ МОДУЛЯЦІЇ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ ЗАСОБІВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ**

*У статті обґрунтовано необхідність підвищення ефективності експлуатації засобів водного транспорту за рахунок своєчасного виявлення та усунення можливих відмов радіоелектронних систем протягом експлуатації. У роботі запропоновано та досліджено принцип підвищення надійності радіоелектронних систем засобів водного транспорту за рахунок своєчасного визначення можливих відмов. Це пропонується зробити шляхом удосконалення методу синтезу вимірювальних сигналів на основі трикутної час-імпульсної модуляції для контролю технічного стану радіоелектронних систем засобів водного транспорту.*

*Показано, що надійність радіоелектронних систем засобів водного транспорту може бути значно збільшена за рахунок підтримки параметрів контролю у необхідних межах за допомогою операцій виявлення та корекції відхилень цих параметрів відповідно до алгоритмів попереджувального контролю.*

*Метою статті є розробка методу синтезу вимірювальних сигналів на основі трикутного закону модуляції часових параметрів прямокутних імпульсів, що використовується з подальшою їх вузькосмуговою фільтрацією для формування прецизійних амплітудно-модульованих сигналів. Досліджено трикутний закон часових параметрів прямокутних імпульсів несучою для зазначених модульованих сигналів. Запропоновано методу синтезу вимірювальних сигналів на основі трикутної час-імпульсної модуляції для контролю технічного стану радіоелектронних систем засобів водного транспорту. Показано, що розроблений метод дозволяє проводити дослідження різних видів модуляції часових параметрів прямокутних імпульсів несучої.*

*Обґрунтовано, що запропонований метод трикутної модуляції часових параметрів несучої з подальшою вузькосмуговою фільтрацією забезпечує порівняно з методом бінарної модуляції зменшення коефіцієнта гармонік огинальної приблизно при тій же, досить малій похибці завдання коефіцієнту амплітудної модуляції формованого амплітудно-модульованого сигналу.*

**Ключові слова:** *засіб водного транспорту, синтез, вимірювальний сигнал, радіоелектронна система, модуляція*

### **Актуальність дослідження та аналіз літератури.**

Засоби водного транспорту (ЗВТ) включають до свого складу складні радіоелектронні системи (РЕС), що містять значну кількість модулів, вузлів, агрегатів (блоків) та окремих елементів, які є джерелами відмов з різними закономірностями зміни їх інтенсивності, можливостями їх виявлення та усунення протягом експлуатації [1-19]. Враховуючи агресивне середовище експлуатації ЗВТ (наприклад, морська вода призводить до передчасної корозії металевих елементів), актуальним завданням є

забезпечення необхідного рівня надійності РЕС з їх складу [3, 4]. Це пов'язано з тим, що основним модулем ЗВТ незалежно від призначення, що забезпечує безпеку на маршруті руху, є РЕС (наприклад, засоби радіозв'язку, станції радіолокації, засоби радіонавігації тощо). Вихід із ладу елементів РЕС на маршруті руху ЗВТ може призвести до значних втрат: аварії, пошкодження вантажу, збільшення тривалості маршруту тощо [2, 4, 5].

Сучасні ЗВТ обладнані автоматичними системами управління рухом, основу яких також є РЕС. Це призвело до збільшення витрат на організацію та проведення операцій контролю та діагностування технічного стану РЕС ЗВТ [6, 7]. Тому інноваційні розробки та сучасні технології в управлінні рухом ЗВТ вимагають вирішення нових завдань у галузі контролю технічного стану РЕС, особливо у процесі руху за маршрутом. Традиційні методи та засоби контролю технічного стану РЕС не дозволяють забезпечити необхідний рівень їх надійності при русі за маршрутом та ефективного вирішення проблем, які можуть виникнути при експлуатації ЗВТ [8, 9].

При проектуванні РЕС ЗВТ рівень надійності підвищується шляхом вибору доцільно-образної структури та розумної надмірності засобу оперативного контролю, самовідновлення та ремонтпридатності. У період експлуатації РЕС ЗВТ надійність її елементів забезпечується засобами технічного контролю та діагностування. Найбільший ефект досягається при оптимальному розподілі зусиль між цими двома напрямками [10, 11].

Надійність РЕС ЗВТ може бути значно збільшена підтримкою параметрів контролю (причин можливих відмов) у необхідних межах за допомогою операцій виявлення та корекції відхилень цих параметрів відповідно до алгоритмів (програм) попереджувального обслуговування. До актуальних і нетрадиційних науково-технічних завдань контролю технічного стану РЕС ЗВТ належить розробка прецизійних методів формування амплітудно-модульованих (АМ) сигналів в області низьких частот огибаючої (до кількох кілогерц) та несучої (десятки кілогерц) [12, 13]. Зокрема, такі методи, засновані на проміжному формуванні амплітудно-імпульсно-модульованих сигналів (з гармонійною та бінарною модуляцією амплітуд прямокутних імпульсів несучої) і подальшої їх вузькосмугової фільтрації для виділення АМ сигналів з синусоїдальними огиноюю та несучою [14, 15]. Ці методи значно перевершують класичні аналогові методи формування АМ сигналів за точністю та частотним діапазоном (в області низьких частот огиноюю та несучої), проте вони все ж таки не забезпечують вимог щодо дискретності та похибки (порядку тисячних часток відсотка) завдання коефіцієнта амплітудної модуляції (КАМ) в області малих його значень (до 10%) [11, 15]. Така точність необхідна при визначенні чутливості та похибок високоточних приладів і системи з АМ інформативними сигналами, що широко використовуються, наприклад, у сучасних навігаційних системах засобів водного транспорту різного призначення. Вказаним вимогам задовольняє метод формування прецизійних АМ сигналів на основі бінарної модуляції часових параметрів прямокутних імпульсів [16, 17, 20]. У той самий час цей спосіб формування АМ сигналів не завжди забезпечує необхідні значення коефіцієнта гармонік огиноюю. Очевидно, коефіцієнт гармонік огиноюю може бути зменшений при інших, складніших законах модуляції часових параметрів прямокутних імпульсів несучої, зокрема, трикутного, трапецеїдального, шматково-ступінчастого.

**Мета статті** полягає у розробці методу синтезу вимірювальних сигналів на основі трикутного закону модуляції часових параметрів прямокутних імпульсів, що використовується з подальшою їх вузькосмуговою фільтрацією для формування прецизійних АМ сигналів.

### Синтез вимірювальних сигналів на основі трикутної час-імпульсної модуляції

Вихідна послідовність двополярних прямокутних імпульсів несучою наведена на рисунку 1, де позначені:

$U$  – амплітуда імпульсів;

$t_i, t_i', t_i''$  – відповідно положення центру (середини), фронту та зрізу  $i$ -го імпульсу;  $\tau_i$  – тривалість  $i$ -го імпульсу [21].

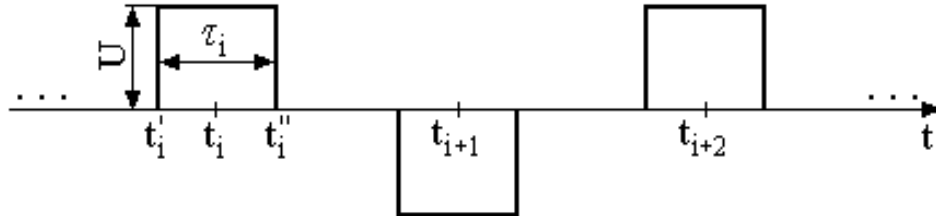


Рисунок 1 – Послідовність двополярних прямокутних імпульсів

Покажемо переваги трикутної модуляції часових параметрів імпульсів порівняно з відомою бінарною [11, 15, 20]. Причому розглянемо найбільш загальний випадок, коли форма імпульсів несучої може бути будь-якою та описується довільною функцією  $f(t, \tau)$ . Тоді імпульсну послідовність несучої представимо в аналітичній формі

$$F(t) = \sum_{i=0}^{2N-1} \varepsilon_i f(t - t_i; \tau_i), \quad (1)$$

де  $f(t - t_i; \tau_i)$  – функція, яка описує форму імпульсу;  $N = \omega/\Omega$  – відношення кругової частоти несучої  $\omega$  до кругової частоти оригінальної  $\Omega$ ;  $\varepsilon_i$  – величина для узгодження, яка дозволяє охопити однополярну та двополярну послідовність імпульсів несучої.

Величина для узгодження визначається виразом

$$\varepsilon_i = \frac{b}{2} [a + (-1)^i], \quad (2)$$

де для однополярної послідовності імпульсів несучої  $a = 1$  і  $b = 1$ , а для двополярної послідовності імпульсів несучої  $a = 0$  і  $b = 2$ . Розкладемо функцію  $F(t)$  у ряд Фур'є

$$F(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \dot{D}_n e^{jn\Omega t},$$

де

$$\dot{D}_n = \frac{1}{T} \int_0^T F(t) e^{-jn\Omega t} dt \quad (3)$$

– комплексний коефіцієнт Фур'є;  $T = 2\pi/\Omega$  – період оригінальної.

Після обробки виразів (1) і (3), отримаємо

$$\dot{D}_n = \frac{1}{T} \sum_{i=0}^{2N-1} \varepsilon_i q_i(n\Omega) e^{-jn\Omega t_i}, \quad (4)$$

де

$$q_i(n\Omega) = \int_{-\tau_i/2}^{\tau_i/2} f(t, \tau_i) e^{-jn\Omega t} dt. \quad (5)$$

Відмітимо, що величина  $q_i(n\Omega)$  залежить тільки від тривалості імпульсів  $\tau_i$  та не залежить від їх положення  $t_i$ .

Визначимо гармоніки порядку  $N+\ell$ , які розташовані поблизу несучої та потрапляють до смуги пропускання фільтру (значення  $\ell$  незначне, тобто  $\ell \ll N$ ). Враховуючи, що  $\Omega T = 2\pi$  і  $t_i = (T/2N)i + \Delta t_i$ , де  $\Delta t_i$  визначає закон модуляції положення  $t_i$  імпульсів несучої, із виразу (4) отримаємо

$$\dot{D}_{N+\ell} = \frac{1}{T} \sum_{i=0}^{2N-1} \varepsilon_i (-1)^i q_i(n\Omega) e^{-jn\Omega\Delta t_i} e^{-j\frac{\pi\ell}{N}i}. \quad (6)$$

Величина  $\dot{D}_{N+\ell}$  є  $\ell$ -тим коефіцієнтом Фур'є дискретної послідовності  $y(\tau_i; \Delta t_i) = \varepsilon_i (-1)^i q_i(n\Omega) e^{-jn\Omega\Delta t_i}$ , вигляд якої визначається законом модуляції. При відсутності модуляції коефіцієнт Фур'є  $\dot{D}_{N+\ell}$  не дорівнює нулю тільки при  $\ell = 0$ , тобто він дорівнює  $\dot{D}_N$ . При малих коефіцієнтах модуляції вигляд послідовності  $y(\tau_i; \Delta t_i)$  відтворює закон модуляції часових параметрів  $\tau_i$  і  $t_i$ . Отже, чим ближче закон модуляції величин  $\tau_i$  і  $t_i$  до гармонійного, тим швидше зменшуються коефіцієнти  $\dot{D}_{N+\ell}$  зі збільшенням  $\ell$  з обох боків від центральної частоти вузькосмугового фільтру. Спектр сигналу  $F(t)$  складається із центральної частоти  $\omega$  і з двох бічних частот  $\omega \pm \Omega$ , якщо послідовність  $y(\tau_i; \Delta t_i)$  є дискретною гармонійною. Таким чином, чим ближче закон модуляції часових параметрів  $\tau_i$  і  $t_i$  до гармонійного, тим, в першому наближенні (при малих коефіцієнтах модуляції), вихідний сигнал вузькосмугового фільтру ближче до АМ сигналу із гармонійним законом модуляції та у меншому ступені передатна характеристика вузькосмугового фільтру, а точніше відмінність її форми від ідеально прямокутної, буде впливати на його вихідний сигнал. Отже, трикутний закон модуляції часових параметрів імпульсів несучої, як ближчих до гармонійного, переважно бінарного, при будь-якій формі імпульсів несучої  $\pm\Omega$ , то на його виході залишаться лише складові частот  $\omega, \omega + \Omega$  і  $\omega - \Omega$ , тобто коефіцієнти Фур'є  $\dot{D}_N, \dot{D}_{N+1}, \dot{D}_{N-1}$ . Тоді вихідний сигнал вузькосмугового фільтру визначається співвідношенням [16, 22]

$$F^\phi(t) = 2|\dot{D}_N| f(t) \cos(\omega t + \chi), \quad (7)$$

де  $f(t) = |1 + \dot{M}_+ e^{j\Omega t} + \dot{M}_- e^{-j\Omega t}|$ ;

$$\dot{M}_+ = \frac{\dot{D}_{N+1}}{\dot{D}_N}; \quad \dot{M}_- = \frac{\dot{D}_{N-1}}{\dot{D}_N} \quad (8)$$

– парціальні коефіцієнти модуляції, що вносяться окремими гармоніками сигналу, що формується;  $\chi$  – початкова фаза несучої, яка визначається як сума аргументів коефіцієнта Фур'є  $\dot{D}_N$  початкової фази  $N$ -ої гармоніки сигналу, що формується, та величини  $(1 + \dot{M}_+ e^{j\Omega t} + \dot{M}_- e^{-j\Omega t})$ .

Із виразу (7) видно, що сигнал на виході фільтра дійсно представляє сигнал АМ, а його закон модуляції повністю визначається функцією  $f(t)$ . Для її визначення обчислимо попередньо квадрат функції  $f(t)$ :

$$f^2(t) = 1 + |\dot{M}_+|^2 + |\dot{M}_-|^2 + 2\operatorname{Re}(\dot{M}_+ e^{j\Omega t} + \dot{M}_- e^{-j\Omega t}) + 2\operatorname{Re}(\dot{M}_+ \dot{M}_- e^{j2\Omega t}). \quad (9)$$

Із формули (9) видно, що у випадку беруть участь як складові частоти оригінальної  $\Omega$ , а й складові частоти  $2\Omega$ . Для малих значень парціальних коефіцієнтів модуляції  $|\dot{M}_+| \ll 1$  і  $|\dot{M}_-| \ll 1$ , вираз (9) можна спростити:

$$f^2(t) = 1 + 2\operatorname{Re}(\dot{M}_+ e^{j\Omega t} + \dot{M}_- e^{-j\Omega t}) = 1 + 2|\dot{M}| \cos(\Omega t + \lambda), \quad (10)$$

$$\text{де } \dot{M} = \dot{M}_+ + \dot{M}_-^* = M e^{-j\lambda}; \quad (11)$$

\* – знак комплексного спряження;

$M, \lambda$  – модуль і аргумент комплексного коефіцієнту модуляції  $\dot{M}$ .

Із виразу (10) з урахуванням [22] малості значення  $M$  знаходимо

$$f(t) = 1 + M \cos(\Omega t + \lambda). \quad (12)$$

Із формули (12) видно, що при малих коефіцієнтах модуляції часових параметрів імпульсів несучої довільної форми вихідний сигнал вузькосмугового фільтра є амплітудно-модульованим із синусоїдальною оригінальною з коефіцієнтом амплітудної модуляції  $M$ , що визначається рівністю (11).

Формули (4), (5), (6), (8), (11) мають загальний характер і дозволяють отримати аналітичні вирази для обчислення коефіцієнта амплітудної модуляції для різних видів час-імпульсної модуляції вихідної послідовності імпульсів несучої довільної форми. Однак найбільш раціонально як несучу використовувати послідовність імпульсів прямокутної форми. У цьому випадку із виразу (5), а потім формули (4) маємо

$$\begin{aligned} q_i(n\Omega) &= U \int_{-\tau_i/2}^{\tau_i/2} e^{-jn\Omega t} dt = \frac{2U}{n\Omega} \sin \frac{n\Omega \tau_i}{2}; \\ \dot{D}_n &= \frac{U}{j2\pi n} \sum_{i=0}^{2N-1} \varepsilon_i \left( e^{j\frac{n\Omega \tau_i}{2}} - e^{-j\frac{n\Omega \tau_i}{2}} \right) e^{-jn\Omega t_i} = \\ &= \frac{U}{j2\pi n} \left[ \sum_{i=0}^{2N-1} \varepsilon_i e^{-jn\Omega t_i} - \sum_{i=0}^{2N-1} \varepsilon_i e^{-jn\Omega t_i} \right]. \end{aligned} \quad (13)$$

Нехай  $\Delta t_i'$  визначає закон модуляції фронту,  $\Delta t_i''$  – закон модуляції зрізу,  $\Delta \tau_i$  – закон модуляції тривалості,  $\Delta t_i$  – закон модуляції становища  $i$ -го імпульсу. З урахуванням цього запишемо систему рівнянь для часових параметрів послідовності імпульсів, що формується:

$$\begin{cases} t_i' = \frac{T}{2N}i - \frac{\tau}{2} + \Delta t_i'; \\ t_i'' = \frac{T}{2N}i + \frac{\tau}{2} + \Delta t_i''; \\ t_i = \frac{T}{2N}i + \frac{1}{2}(\Delta t_i' + \Delta t_i''); \\ \tau_i = \tau + \Delta t_i'' - \Delta t_i', \end{cases} \quad (14)$$

де  $\tau$  – тривалість імпульсів без модуляції.

Розв'язуючи систему рівнянь (14) щодо величин  $\Delta t_i$  і  $\Delta \tau_i$ , отримуємо

$$\Delta t_i = \frac{1}{2}(\Delta t_i' + \Delta t_i''); \quad (15)$$

$$\Delta \tau_i = \Delta t_i'' - \Delta t_i'. \quad (16)$$

Аналіз виразів (15) і (16) показує, що можливі чотири види модуляції часових параметрів прямокутних імпульсів несучої:

– фазова модуляція при постійній тривалості імпульсів несучої

$$\Delta t_i = \Delta t_i'; \quad \Delta t_i'' = \Delta t_i'; \quad \Delta \tau_i = 0;$$

– широтна модуляція або модуляція тривалості імпульсів, що несе при рівномірному їх слідуванні:

$$\Delta t_i = 0; \quad \Delta t_i' = -\Delta t_i''; \quad \Delta \tau_i = 2\Delta t_i'';$$

– модуляція фронту імпульсів несучої:  $\Delta t_i = 0; \quad \Delta t_i' \neq 0; \quad \Delta t_i'' = 0;$

– модуляція зрізу імпульсів несучої:  $\Delta t_i = 0; \quad \Delta t_i' = 0; \quad \Delta t_i'' \neq 0.$

Переходимо до дослідження трикутного закону часових параметрів прямокутних імпульсів несучою для зазначених видів модуляції.

Запишемо аналітичні вирази, що описують трикутний закон модуляції фронту та зрізу імпульсів несучої. Для трикутного закону модуляції фронту  $t_i'$  імпульсів несучої отримуємо

$$\Delta t_i' = \Delta'(N - |N - i|) = \begin{cases} \Delta i & \text{при } 0 \leq i \leq N; \\ \Delta(2N - i) & \text{при } i \geq N, \end{cases} \quad (17)$$

де  $\Delta'$  – одиничне збільшення (дискретність) зміни становища фронту  $t_i'$  імпульсів несучої.

Аналогічний вигляд має вираз для трикутного закону модуляції зрізу  $t_i''$  імпульсів несучої, якщо у виразі (17) зробити заміну  $\Delta t_i'$  на  $\Delta t_i''$  і  $\Delta'$  на  $\Delta''$ .

Для компактності наступних обчислень формулу (13) для коефіцієнта Фур'є  $\dot{D}_n$  функції  $F(t)$  представимо так:

$$\dot{D}_n = \frac{U}{j2\pi n} (S' - S''), \quad (18)$$

$$\text{де } S' = \sum_{i=0}^{2N-1} \varepsilon_i e^{-jn\Omega_i}; \quad (19)$$

$$S'' = \sum_{i=0}^{2N-1} \varepsilon_i e^{-jn\Omega t_i}. \quad (20)$$

Розрахуємо суму  $S'$ , для чого вираз (19) спростимо після підстановки рівності для  $t_i'$  із формули (14) з урахуванням співвідношення (17):

$$\begin{aligned} S' &= \sum_{i=0}^{2N-1} \varepsilon_i e^{-jn\Omega \left[ \frac{T}{2N} i - \frac{\tau}{2} + \Delta(N-|N-i|) \right]} = \\ &= e^{j\frac{n\Omega\tau}{2}} \left[ \sum_{i=0}^{2N-1} \varepsilon_i e^{-jn \left( \frac{\pi}{N} + \Omega\Delta \right) i} + \sum_{i=1}^N \varepsilon_i e^{-jn \left( -\frac{\pi}{N} + \Omega\Delta \right) i} \right]. \end{aligned} \quad (21)$$

Після підставлення виразу (2) до формули (21), отримаємо

$$S' = \frac{b}{2} e^{j\frac{n\Omega\tau}{2}} [a(S_1 + S_2) + S_3 + S_4], \quad (22)$$

$$\begin{aligned} \text{де } S_1 &= \sum_{i=0}^{N-1} e^{-jn \left( \frac{\pi}{N} + \Omega\Delta \right) i}; & S_2 &= \sum_{i=0}^N e^{-jn \left( -\frac{\pi}{N} + \Omega\Delta \right) i}; \\ S_3 &= \sum_{i=0}^{N-1} (-1)^i e^{-jn \left( \frac{\pi}{N} + \Omega\Delta \right) i}; & S_4 &= \sum_{i=0}^N (-1)^i e^{-jn \left( -\frac{\pi}{N} + \Omega\Delta \right) i}. \end{aligned}$$

Суми  $S_1, S_2, S_3, S_4$  є геометричними прогресіями. Розрахунок їх має вигляд

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{1 - e^{-jn \left( \frac{\pi}{N} + \gamma' \right) N}}{1 - e^{-jn \left( \frac{\pi}{N} + \gamma' \right)}}; & S_2 &= \frac{1 - e^{-jn \left( -\frac{\pi}{N} + \gamma' \right) N}}{1 - e^{-jn \left( -\frac{\pi}{N} + \gamma' \right)}}; \\ S_3 &= \frac{1 - (-1)^N e^{-jn \left( \frac{\pi}{N} + \gamma' \right) N}}{1 + e^{-jn \left( \frac{\pi}{N} + \gamma' \right)}}; & S_4 &= \frac{1 - (-1)^N e^{-jn \left( -\frac{\pi}{N} + \gamma' \right) N}}{1 + e^{-jn \left( -\frac{\pi}{N} + \gamma' \right)}}. \end{aligned}$$

де  $\gamma' = \Omega\Delta$ .

Використовуючи ці рівності, знаходимо

$$S_1 + S_2 = -e^{-j\frac{Nn\gamma'}{2} + j\frac{\pi\ell}{2}} \frac{\sin \left( \frac{Nn\gamma'}{2} - \frac{\pi\ell}{2} \right) \sin n\gamma'}{\sin \left( \frac{\pi\gamma'}{2} + \frac{\pi\ell}{2N} \right) \sin \left( \frac{\pi\gamma'}{2} - \frac{\pi\ell}{2N} \right)}; \quad (23)$$

$$S_3 + S_4 = e^{-j\frac{Nn\gamma'}{2} + j\frac{\pi\ell}{2}} \frac{\sin \left( \frac{Nn\gamma'}{2} - \frac{\pi\ell}{2} \right) \sin n\gamma'}{\sin \left( \frac{\pi\gamma'}{2} + \frac{\pi\ell}{2N} \right) \sin \left( \frac{\pi\gamma'}{2} - \frac{\pi\ell}{2N} \right)}; \quad (24)$$

Після підстановки виразів (23), (24) у формулу (22) та перетворення отримаємо

$$S' = \frac{b}{2} e^{j\frac{\pi\ell}{2} - j\frac{Nn\gamma'}{2} + j\frac{n\Omega\tau}{2}} \cdot \frac{\sin\left(\frac{Nn\gamma'}{2} - \frac{\pi\ell}{2}\right) \sin n\gamma'}{\sin\left(\frac{\pi\gamma'}{2} + \frac{\pi\ell}{2N}\right) \sin\left(\frac{\pi\gamma'}{2} - \frac{\pi\ell}{2N}\right)}.$$

При умовах  $\frac{\pi\ell}{2N} \ll 1$  і  $\frac{n\gamma'}{2} \ll 1$ , які характерні для сигналів, що формуються:

$$S' = \frac{b}{2} e^{j\frac{\pi\ell}{2} - j\frac{Nn\gamma'}{2} + j\frac{n\Omega\tau}{2}} \cdot \frac{n\gamma' \sin\left(\frac{Nn\gamma'}{2} - \frac{\pi\ell}{2}\right)}{\frac{n^2(\gamma')^2}{4} - \frac{\pi^2\ell^2}{4N^2}}. \quad (25)$$

Аналогічний вираз для величини  $S''$  отримаємо із формули (25) після проведення формальної заміни  $\tau$  на  $-\tau$ ,  $\Delta$  на  $\Delta''$ ,  $\gamma$  на  $\gamma''$ :

$$S'' = \frac{b}{2} e^{j\frac{\pi\ell}{2} - j\frac{Nn\gamma''}{2} - j\frac{n\Omega\tau}{2}} \cdot \frac{n\gamma'' \sin\left(\frac{Nn\gamma''}{2} - \frac{\pi\ell}{2}\right)}{\frac{n^2(\gamma'')^2}{4} - \frac{\pi^2\ell^2}{4N^2}}. \quad (26)$$

Формули (18) та (25), (26) є вихідними для методу синтезу вимірювальних сигналів на основі трикутної час-імпульсної модуляції для контролю технічного стану РЕС ЗВТ. Крім того розроблений метод дозволяє проводити дослідження різних видів модуляції часових параметрів прямокутних імпульсів несучої. Наведемо результати цих досліджень.

Фазова модуляція імпульсів несучої. Для неї справедливий рівність  $\Delta' = \Delta''$ ,  $\gamma' = \gamma'' = \gamma$  з урахуванням яких, а також виразів (25), (26) з (18) знаходимо

$$\dot{D}_n = \frac{Ub}{2\pi} e^{j\frac{\pi\ell}{2} - j\frac{Nn\gamma}{2}} \cdot \frac{\gamma \sin\left(\frac{Nn\gamma}{2} - \frac{\pi\ell}{2}\right)}{\frac{n^2\gamma^2}{4} - \frac{\pi^2\ell^2}{4N^2}} \sin \frac{n\Omega\tau}{2}. \quad (27)$$

Із співвідношення (27) розрахуємо коефіцієнти Фур'є  $\dot{D}_N$ ,  $\dot{D}_{N+1}$  і  $\dot{D}_{N-1}$ , за допомогою яких обчислимо парціальні коефіцієнти  $\dot{M}_+$  і  $\dot{M}_-$ , а потім отримаємо вираз для КАМ АМ сигналу на виході вузькосмугового фільтру.

Для визначення коефіцієнтів Фур'є  $\dot{D}_N$  підставимо у вираз (27)  $n = N$  і  $\ell = 0$ :

$$\dot{D}_N = \frac{Ub}{\pi} e^{-j\frac{N^2\gamma}{2}} \cdot \frac{\sin \frac{N^2\gamma}{2}}{\frac{N^2\gamma}{2}} \sin \frac{N\Omega\tau}{2}, \quad (28)$$

а для визначення коефіцієнтів Фур'є  $\dot{D}_{N\pm 1}$  до виразу (27) підставимо  $n = N \pm 1$  і  $\ell = \pm 1$

$$\dot{D}_{N\pm 1} = -j \frac{Ub}{2\pi} e^{-j \frac{N(N\pm 1)\gamma}{2}} \cdot \frac{\gamma \cos \frac{N(N\pm 1)\gamma}{2}}{\frac{(N\pm 1)^2 \gamma^2 - \pi^2}{4} \frac{\pi^2}{4N^2}} \sin \frac{(N\pm 1)\Omega\tau}{2}. \quad (29)$$

Після підставлення співвідношень (28) і (29) до рівняння (8), знаходимо парціальні коефіцієнти модуляції

$$\dot{M}_{\pm} = -j e^{\pm j \frac{N\gamma}{2}} \cdot \frac{\cos \frac{N(N\pm 1)\gamma}{2}}{(N\pm 1)^2 \gamma^2 - \frac{\pi^2}{N^2}} \cdot \frac{N^2 \gamma^2}{\sin \frac{N^2 \gamma}{2}} \cdot \frac{\sin \frac{(N\pm 1)\Omega\tau}{2}}{\sin \frac{N\Omega\tau}{2}}. \quad (30)$$

З урахуванням виразів (30) і (11) для комплексного коефіцієнта модуляції отримаємо

$$\dot{M} = -j e^{\pm j \frac{N\gamma}{2}} \cdot \frac{N^2 \gamma^2}{\sin \frac{N^2 \gamma}{2} \sin \frac{N\Omega\tau}{2}} \times \left[ \frac{\cos \frac{N(N+1)\gamma}{2} \sin \frac{(N+1)\Omega\tau}{2}}{(N+1)^2 \gamma^2 - \frac{\pi^2}{N^2}} - \frac{\cos \frac{N(N-1)\gamma}{2} \sin \frac{(N-1)\Omega\tau}{2}}{(N-1)^2 \gamma^2 - \frac{\pi^2}{N^2}} \right],$$

звідки знайдемо модуль КАМ

$$M = |\dot{M}| = \frac{N^2 \gamma^2}{\sin \frac{N^2 \gamma}{2} \sin \frac{N\Omega\tau}{2}} \left[ \frac{\cos \frac{N(N+1)\gamma}{2} \sin \frac{(N+1)\Omega\tau}{2}}{(N+1)^2 \gamma^2 - \frac{\pi^2}{N^2}} - \frac{\cos \frac{N(N-1)\gamma}{2} \sin \frac{(N-1)\Omega\tau}{2}}{(N-1)^2 \gamma^2 - \frac{\pi^2}{N^2}} \right].$$

Із співвідношення (31) видно, що КАМ АМ достатньо складно залежить від параметру  $\gamma$ , який характеризує часову модуляцію. Тільки для дуже малої модуляції, коли  $N^2 \gamma \ll 1$ , співвідношення (31) значно спрощується

$$M = \frac{4}{\pi^2} N^2 \gamma \sin \frac{\Omega\tau}{2} \operatorname{ctg} \frac{N\Omega\tau}{2}.$$

Враховуючи, що

$$N^2 \gamma = N^2 \Omega \Delta = \omega N \Delta = \omega \Delta t_{\max} = 2\pi \frac{\Delta t_{\max}}{T},$$

де  $N\Delta = \Delta t_{\max}$ ,

отримаємо

$$M = \frac{8}{\pi} \sin \frac{\Omega\tau}{2} \operatorname{ctg} \frac{\omega\tau}{2} \cdot \frac{\Delta t_{\max}}{T} = k_1 \frac{\Delta t_{\max}}{T},$$

де  $k_1 = \frac{8}{\pi} \sin \frac{\Omega\tau}{2} \operatorname{ctg} \frac{\omega\tau}{2}$  – чисельний коефіцієнт.

Оскільки  $\Omega t = \frac{\omega\tau}{N} \ll 1$ , то

$$k_1 = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{\omega\tau}{N} \operatorname{ctg} \frac{\omega\tau}{2} \ll 1.$$

Таким чином, при фазовій модуляції прямокутних імпульсів несучої коефіцієнт амплітудної модуляції  $M$  АМ сигналу на виході вузькосмугового фільтру пропорційний відносній модуляції положення імпульсів  $\Delta t_{\max}/T$  з коефіцієнтом  $k_1 \ll 1$ , що суттєво обмежує діапазон змінювання КАМ, але при цьому дозволяє отримати дуже малі значення КАМ.

Широтна модуляція імпульсів несучої. У цьому випадку  $\Delta t_i = 0$ ,  $\Delta t'_i = \Delta t''_i$ ,  $\Delta' = \Delta''$ ,  $\gamma' = \gamma'' = \gamma$ , тоді із виразу (18) знаходимо

$$\begin{aligned} \dot{D}_n = & \frac{Ub}{2\pi j} e^{j\frac{\pi\ell}{2}} \cdot \frac{\gamma \sin\left(\frac{Nn\gamma}{2} - \frac{\pi\ell}{2}\right)}{\frac{n^2\gamma^2}{4} - \frac{\pi^2\ell^2}{4N^2}} \times \\ & \times \left( e^{-j\frac{Nn\gamma}{2} + j\frac{n\Omega\tau}{2}} - e^{j\frac{Nn\gamma}{2} - j\frac{n\Omega\tau}{2}} \right). \end{aligned}$$

Звідси, аналогічно попередньому, отримаємо вирази для коефіцієнтів Фур'є  $\dot{D}_N$ ,  $\dot{D}_{N\pm 1}$  та парціальних коефіцієнтів модуляції  $\dot{M}_{\pm}$

$$\begin{aligned} \dot{D}_N = & \frac{2Ub}{\pi} \cdot \frac{\sin \frac{N^2\gamma}{2}}{N^2\gamma^2} \cdot \sin\left(\frac{\Omega\tau - N\gamma}{2} N\right); \\ \dot{D}_{N\pm 1} = & -\frac{2Ub}{\pi} \cdot \frac{\gamma \cos \frac{N(N\pm 1)\gamma}{2}}{(N\pm 1)^2\gamma^2 - \frac{\pi^2}{N^2}} \cos\left[\frac{N\gamma - \Omega\tau}{2} (N\pm 1)\right]; \\ \dot{M}_{\pm} = & -\frac{N^2\gamma^2}{(N\pm 1)^2\gamma^2 - \frac{\pi^2}{N^2}} \cdot \frac{\cos \frac{N(N\pm 1)\gamma}{2}}{\sin \frac{N^2\gamma}{2}} \cdot \frac{\cos\left[\frac{N\gamma - \Omega\tau}{2} (N\pm 1)\right]}{\sin\left(\frac{\Omega\tau - N\gamma}{2} N\right)}. \end{aligned}$$

Знаходимо комплексний коефіцієнт модуляції

$$\dot{M} = \dot{M}_+ + M_-^* = \frac{N^2 \gamma^2}{\sin \frac{N^2 \gamma}{2} \sin \left( \frac{\Omega \tau - N \gamma}{2} N \right)} \times$$

$$\times \left\{ \frac{\cos \frac{N(N+1)\gamma}{2} \cos \left[ \frac{\Omega \tau - N \gamma}{2} (N+1) \right]}{\frac{\pi^2}{N^2} - (N+1)^2 \gamma^2} + \frac{\cos \frac{N(N-1)\gamma}{2} \cos \left[ \frac{\Omega \tau - N \gamma}{2} (N-1) \right]}{\frac{\pi^2}{N^2} - (N-1)^2 \gamma^2} \right\}$$

та його модуль

$$M = |\dot{M}| = \frac{N^2 \gamma^2}{\sin \frac{N^2 \gamma}{2} \sin \left( \frac{\Omega \tau - N \gamma}{2} N \right)} \times$$

$$\times \left| \frac{\cos \frac{N(N+1)\gamma}{2} \cos \left[ \frac{\Omega \tau - N \gamma}{2} (N+1) \right]}{\frac{\pi^2}{N^2} - (N+1)^2 \gamma^2} + \frac{\cos \frac{N(N-1)\gamma}{2} \cos \left[ \frac{\Omega \tau - N \gamma}{2} (N-1) \right]}{\frac{\pi^2}{N^2} - (N-1)^2 \gamma^2} \right|. \quad (32)$$

Зауважимо, що формула (32) справедливо для широтної модуляції, яка починається зі зменшенням тривалості імпульсів несучої, оскільки  $\Delta t_i' > 0$ ,  $\Delta t_i'' < 0$ . При цьому має виконуватись умова

$$\Delta \tau_{\max} = 2\Delta t_{\max} = 2N\Delta < \tau \text{ або } N\gamma < \frac{\Omega \tau}{2}.$$

Для широтної модуляції, яка починається з розширення імпульсів несучої, у виразі (32) потрібно зробити заміну  $\gamma$  на  $-\gamma$ .

При  $N \gg 1$  формула (32) набуває вигляду

$$M = \frac{2N^2 \gamma^2}{\left| \frac{\pi^2}{N^2} - N^2 \gamma^2 \right|} \cdot \text{ctg} \frac{N^2 \gamma}{2} \text{ctg} \left( \frac{\Omega \tau \pm N \gamma}{2} N \right).$$

Підставляючи до неї рівність

$$N^2 \gamma = N^2 \Omega \Delta = \omega \Delta t_{\max},$$

Отримаємо

$$M = \frac{2(\omega \Delta t_{\max})^2}{\pi^2 - (\omega \Delta t_{\max})^2} \cdot \text{ctg} \frac{\omega \Delta t_{\max}}{2} \text{ctg} \frac{\omega(\tau \pm \Delta t_{\max})}{2}.$$

Для малих коефіцієнтів модуляції, коли  $\omega \Delta t_{\max} \ll 1$  і  $\Delta t_{\max} \ll \tau$ , отримаємо

$$M = \frac{8}{\pi} \operatorname{ctg} \frac{\omega \tau}{2} \cdot \frac{\Delta t_{\max}}{T} = k_2 \frac{\Delta t_{\max}}{T},$$

де  $k_2 = \frac{8}{\pi} \operatorname{ctg} \frac{\omega \tau}{2}$  – чисельний коефіцієнт.

Модуляція зрізу імпульсів несучої. Для неї справедливі рівності:  $\Delta t_i' = 0, \gamma' = 0, \gamma'' = \gamma$

Проробивши обчислення за тією ж методикою, що й для широтної модуляції, отримуємо такі вирази для КАМ АМ сигналу

$$M = 4\omega\Delta t_{\max} \cdot \frac{\cos \omega\Delta t_{\max}}{\left|\pi^2 - (\omega\Delta t_{\max})^2\right|} \cdot \frac{\sin\left(\omega\tau + \frac{\omega\Delta t_{\max}}{2}\right)}{1 + \left(\frac{2 \sin \frac{\omega\Delta t_{\max}}{2}}{\omega\Delta t_{\max}}\right)^2 - \frac{4 \sin \frac{\omega\Delta t_{\max}}{2}}{\omega\Delta t_{\max}} \cos[\omega(\tau \pm \Delta t_{\max})]}.$$

Для малих значень коефіцієнтів модуляції ( $\omega\Delta t_{\max} \ll 1$ , тобто  $\Delta t_{\max} \ll \tau$ ) цей вираз перетворюється до вигляду

$$M = \frac{4}{\pi} \operatorname{ctg} \frac{\omega \tau}{2} \cdot \frac{\Delta t_{\max}}{T} = k_3 \frac{\Delta t_{\max}}{T},$$

де  $k_3 = \frac{4}{\pi} \operatorname{ctg} \frac{\omega \tau}{2}$  – чисельний коефіцієнт.

Модуляція фронту імпульсів несучої:  $\Delta t_i = 0, \gamma' = \gamma, \gamma'' = 0$ .

Для цього виду час-імпульсної модуляції є той же вираз для КАМ АМ сигналу на виході вузькосмугового фільтра.

Аналіз отриманих співвідношень для КАМ показує наступне.

Однополярна та двополярна послідовності імпульсів несучої приводять до однакових значень КАМ АМ сигналу, але при двополярній послідовності імпульсів несучої вдвічі збільшується амплітуда вихідного сигналу при однаковій вихідній амплітуді імпульсів несучої (без модуляції). При фазовій модуляції значення КАМ виходить значно менше (приблизно в  $N$  раз при  $\omega\tau \approx 1$ ), ніж при широтній модуляції. У той же час двостороння широтна модуляція забезпечує вдвічі більше значення КАМ, ніж модуляція фронту або зрізу імпульсів несучої. Це твердження, проте, справедливе лише за малих значеннях коефіцієнтів модуляції, які пропорційні коефіцієнтам модуляції часових параметрів імпульсів несучої з відповідними чисельними коефіцієнтами, які від виду модуляції. Якщо ж КАМ не малі, то вони визначаються складнішими залежностями, але й точнішими, які дозволяють зменшити методичну похибку. У цьому випадку для необхідних значень КАМ параметри тимчасової модуляції можуть бути розраховані заздалегідь або за допомогою вбудованого мікропроцесора та записані на згадку про міру (калібратора).

**Висновки.** Принцип побудови міри (калібратора) КАМ АМ сигналів для контролю технічного стану РЕС ЗВТ, заснований на різних видах трикутної модуляції часових параметрів прямокутних імпульсів несучої, описується узагальненою структурною

схемою міри на основі методу бінарної модуляції [11, 15, 20]. Порядок інструментальної та методичної складових похибки запропонованого методу становить приблизно тисячні частки відсотка, що перевищує відомий метод бінарної модуляції. У той же час коефіцієнт гармонік  $k_r$  оригінальної АМ сигналу при використанні методу трикутної модуляції часових параметрів несучої становить приблизно  $k_r = 0,12$  порівняно з  $k_r = 0,48$  для методу бінарної модуляції.

Таким чином, запропонований метод трикутної модуляції часових параметрів несучої з подальшою вузькосмуговою фільтрацією забезпечує порівняно з методом бінарної модуляції зменшення коефіцієнта гармонік, що огинає приблизно при тій же, досить малої похибки завдання КАМ формованого АМ сигналу.

Отже, розроблений метод синтезу вимірювальних сигналів на основі трикутної час-імпульсної модуляції дозволяє підвищити рівень надійності вимірювальної апаратури для контролю технічного стану радіоелектронних систем засобів водного транспорту. Це, в свою чергу, підвищить ефективність експлуатації радіоелектронних систем засобів водного транспорту за рахунок своєчасного виявлення можливих відмов і дозволить уникнути можливих фінансових втрат із-за можливих аварій (поломок, катастроф) під час руху транспорту за встановленим маршрутом.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Каретников В.В., Пащенко И.В., Соколов А.И., Кузнецов И.Г. К вопросу построения автоматизированной системы мониторинга параметров высокоточного навигационного поля / Морская радиоэлектроника. – 2015. – № 2 (52). – С. 24-27.
2. Герасимов С.В., Гаценко Л.В. Метод повышения надежности радиоэлектронной аппаратуры средств водного транспорта при эксплуатации по техническому состоянию // Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri (Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy). – № 1. – 2021. – С. 118-126.
3. Rogers R.M. Applied Mathematics in Integrated Navigation Systems / AIAA Educational Series. – American Institute of Aeronautics and Astronautics, Reston. – 2003 p.
4. Herasimov, S., Shapran, Yu., Kirvas, V. Development and research of the method of calculating the reliability of the measurement control parameters of radio engineering systems of maritime transport // Systems of Arms and Military Equipment. – 2017. – № 4 (52). – P.p. 5-10.
5. Grewal M. S., Weill L. R., Andrews A. P. Global Positioning Systems / Inertial navigation and integration. – Wiley, New York. – 2007.
6. Алешин Б.С., Веремченко К.К. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии. – М.: Наука, 2006. – 424 с.
7. Herasimov S., Gridina V. Method justification nomenclature control parameters of radio systems and purpose of their permissible deviations // Information processing systems. – 2018. – № 2 (153). – P.p. 159-164. – <https://doi.org/10.30748/soi.2018.153.20>.
8. Басов В.Г. Измерительные сигналы и функциональные устройства их обработки. – Минск: БГУИР, 2012. – 119 с.
9. Герасимов С.В., Рошупкін Є.С. Теоретические основы оценки ошибок значений сигналов с гармонически меняющимися параметрами // Озброєння та військова техніка. – 2018. – Вип. 2 (18). – С. 43-49.
10. Norman Friedman. The Naval Institute Guide to World Naval Weapon System. – Naval Institute Press, 2006. – 858 p.

11. Чинков В.М., Герасимов С.В. Дослідження та обґрунтування критеріїв оптимізації вимірювальних сигналів для контролю технічного стану систем автоматичного управління // Український метрологічний журнал. – 2013. – № 4. – С. 43-47.
12. Страхов А. Ф. Автоматизированные измерительные комплексы. – М.: Энергоиздат, 1990. – 216 с.
13. Прибілєв Ю.Б., Герасимов С.В., Борисенко М.В. Графоаналітичний метод компромісного розподілу витрат на забезпечення запасу точності та надійності елементної бази вимірювальних каналів контрольно-випробувальної станції // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. –2020. – Вип. 4 (6). – С. 100-106. – <https://doi.org/10.30748/zhups.2020.66.14>.
14. Admiralty list of radio signals. Global maritime distress and safety system (GMDSS). – Vol 5. NP 285. – 2000. – 338 p.
15. Daki O., Herasimov S., Zubrytskyi H. Digital Correlation Method For Power Measurement // Information Processing Systems. – 2020. – № 4 (163). – С. 15-26. – <https://doi.org/10.30748/soi.2020.163.02>.
16. Qriffiths B. E. Optimal control of jump-linear gaussian systems / Int. J. of control. – Vol. 42. N. 4. – 1985. – P.p. 791-819.
17. Herasimov S., Pavlii V., Tymoshchuk O. Testing Signals for Electronics: Criteria for Synthesis // Journal of Electronic Testing. – 2019. – Vol. 35. – Is. 148. – P.p. 1-9. – <https://doi.org/10.1007/s10836-019-05798-9>.
18. Веселовский К. Системы подвижной радиосвязи: пер. с польск. / под ред. А. И. Ледовского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. –536 с.
19. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: Эко-Трендз, 2007. – 238 с.
20. Чинков В.Н, Герасимов С.В. Варіаційний метод і методики синтезу оптимального вимірювального сигналу для контролю технічного стану системи автоматичного управління // Український метрологічний журнал. – 2014. – № 1. – С. 59-64.
21. Биргер И.А. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1998.
22. Шалыгин А.С., Палагин Ю.И. Прикладные методы статистического моделирования. – Л.: Машиностроение, 1986. – 256 с.

## REFERENCES

1. Karetnikov V.V., Pashchenko I.V., Sokolov A.I. and Kuznetsov I.G. (2015) On the issue of building an automated system for monitoring the parameters of a high-precision navigation field, Marine radio electronics, No. 2 (52), p.p. 24-27.
2. Herasimov S. and Gatsenko L. (2021) Method for improving the reliability of radio-electronic equipment of water transport during operation according to technical condition, Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy, № 1, p.p. 118-126.
3. Rogers R.M. (2003) Applied Mathematics in Integrated Navigation Systems, AIAA Educational Series, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Reston, 203 p.
4. Herasimov S., Shapran Yu. and Kirvas V. (2017) Development and research of the method of calculating the reliability of the measurement control parameters of radio engineering systems of maritime transport, Systems of Arms and Military Equipment, № 4 (52), p.p. 5-10.

5. Grewal M.S., Weill L. and Andrews A.P. (2007) *Global Positioning Systems, Inertial navigation and integration*, Wiley, New York, 264 p.
6. Aleshin B.S. and Veremenko K.K. (2006) *Orientation and navigation of mobile objects: modern information technologies*, Moscow: Nauka, 424 p.
7. Herasimov S. and Gridina V. (2018) Method justification nomenclature control parameters of radio systems and purpose of their permissible deviations, *Information processing systems*, № 2 (153), p.p. 159-164, <https://doi.org/10.30748/soi.2018.153.20.0>
8. Basov V.G. (2012) *Measuring signals and functional devices for their processing*, Minsk: BSUIR, 119 p.
9. Herasimov S.V. and Roshchupkin E.S. (2018) Theoretical foundations for estimating errors in the values of signals with harmonically varying parameters, *Weapons and military equipment*, Vol. 2 (18), p.p. 43-49.
10. Norman Friedman (2006) *The Naval Institute Guide to World Naval Weapon System*. Naval Institute Press, 858 p.
11. Chinkov V. and Herasimov S. (2013) Follow-up and priming of the criteria for optimizing vibrational signals for the control of the technical state of automatic control systems, *Ukrainian Metrological Journal*, No. 4, p.p. 43-47.
12. Strakhov A.F. (1990) *Automated measuring complexes*, Moscow: Energoizdat, 216 p.
13. Pribylev Yu., Herasimov S. and Borisenko M. (2020) Graphoanalytical method of compromise distribution of costs to ensure the margin of accuracy and reliability of the element base of measuring channels of the control and test station, *Proceedings of Kharkiv National University of the Air Force*, Vol. 4 (6), p.p. 100-106, <https://doi.org/10.30748/zhups.2020.66.14>.
14. Admiralty list of radio signals (2000) *Global maritime distress and safety system (GMDSS)*, Vol 5, NP 285, 338 p.
15. Daki O., Herasimov S. and Zubrytskyi H. (2020) Digital Correlation Method For Power Measurement, *Information Processing Systems*, № 4 (163), p.p. 15-26, <https://doi.org/10.30748/soi.2020.163.02>.
16. Qriffiths B.E. (1985) Optimal control of jump-linear gaussian systems, *Int. J. of control*, Vol. 42, N. 4, p.p. 791-819.
17. Herasimov S., Pavlii V. and Tymoshchuk O. (2019) Testing Signals for Electronics: Criteria for Synthesis, *Journal of Electronic Testing*, Vol. 35, Is. 148, p.p. 1-9, <https://doi.org/10.1007/s10836-019-05798-9>.
18. Veselovsky K. (2006) *Systems of mobile radio communication: per. from Polish*, ed. A. I. Ledovsky, Moscow: Hotline - Telecom, 536 p.
19. Gromakov Yu.A. (2007) *Mobile radio standards and systems*, Moscow: Eco-Trends, 238 p.
20. Chinkov V. and Herasimov S. (2014) Variation method and methods of synthesis of optimal measuring signal for control of technical condition of automatic control system, *Ukrainian Metrological Journal*, № 1, p.p. 59-64.
21. Birger I.A. (1998) *Technical diagnostics*, Moscow: Mashinostroenie, 208 p.
22. Shalygin A.S. and Palagin Yu.I. (1986) *Applied methods of statistical modeling*, Leningrad: Mashinostroenie, 256 p.

**Hatsenko L., Fedotov V.T.**

**METHOD OF SYNTHESIS OF MEASURING SIGNALS BASED ON TRIANGULAR TIME-PULSE MODULATION FOR TECHNICAL CONDITION CONTROL RADIO ELECTRONIC SYSTEMS OF WATER VEHICLES**

*The article substantiates the need to increase the efficiency of operation of water transport through timely detection and elimination of possible failures of electronic systems during operation. The principle of increase of reliability of radio electronic systems of means of water transport at the expense of timely definition of possible failures is offered and investigated in the work. It is proposed to do this by improving the method of synthesis of measuring signals based on triangular time-pulse modulation to monitor the technical condition of electronic systems of water transport. It is shown that the reliability of electronic systems of water transport can be significantly increased by maintaining control parameters within the required limits by detecting and correcting deviations of these parameters in accordance with the algorithms of preventive control. The aim of the article is to develop a method for the synthesis of measuring signals based on the triangular law of modulation of time parameters of rectangular pulses, which is used with their subsequent narrowband filtering to form precise amplitude-modulated signals. The triangular law of time parameters of rectangular pulses of the carrier for the specified modulated signals is investigated. The method of synthesis of measuring signals on the basis of triangular time-pulse modulation for control of a technical condition of radio electronic systems of means of water transport is offered. It is shown that the developed method allows to carry out researches of different types of modulation of time parameters of rectangular pulses of the carrier. It is substantiated that the proposed method of triangular modulation of time parameters of the carrier with subsequent narrowband filtering provides compared to the method of binary modulation reduction of the harmonic coefficient of bending at approximately the same, rather small error of the amplitude modulation factor.*

**Keywords:** *water transport, synthesis, measuring signal, electronic system, modulation*

*Левченко О. В.*

## **СИНТЕЗ ВАРІАНТІВ ДІЙ СУДНОВОДІЯ У НЕБЕЗПЕЧНИХ СИТУАЦІЯХ З УРАХУВАННЯМ ЧАСОВИХ ТА РЕСУРСНИХ ОБМЕЖЕНЬ У СУДНОВИХ СППР**

*У статті розглядається можливість вироблення можливих варіантів дій судноводія в небезпечній ситуації з урахуванням наявних ресурсних та часових обмежень у засобах автоматизації систем управління рухом судна. Зазначені особливості управління судном у небезпечній ситуації зближення (зіткнення) визначають наявність суперечностей між вимогами оперативності прийняття рішення судноводієм з одного боку, та можливостями їх вирішення – з іншого. Найбільш дієвим способом вирішення цієї суперечності є автоматизація процесів управління. Зараз не викликає сумніву той факт, що облік та аналіз великої кількості різноманітних даних, виконання громіздких розрахунків можливі лише при використанні обчислювальних та інших засобів автоматизації. Відповідно, наведено синтез варіантів рішень у системі управління рухом судна з врахуванням обмежень по дистанції та часу зіткнення. Проведений аналіз можливості досягнення множини цілей управління по ресурсам і часу на стрічковій діаграмі та методами мережного планування та управління. Розроблений метод дозволяє модифікувати рекомендований варіант рішення таким чином, щоб для нього можна було сформулювати принаймні один реалізований варіант дій судноводія, що можна реалізувати в умовах наявних обмежень. При цьому варіант розвитку ситуації (відповідно до навігаційної обстановки) визначається існуючим запасом часу у судноводія. Якщо процесі вироблення рішень для деякого варіанта розвитку ситуації не вдається сформулювати жодного реалізованого варіанта дій судноводія, то досягнення цілей управління у цій ситуації неможливо. У цьому випадку аналізований варіант розвитку ситуації потребує уточнення. Наведений приклад фрагменту графу варіанту досягнення цілей, що відображає процес вирішення задачі у системі управління рухом судна. Розглянуто метод, що дозволяє синтезувати нездійсненні плани реалізації. Висновки. Розроблений метод синтезу можливих варіантів рішень дозволяє сформулювати в реальному масштабі часу для кожного варіанту розвитку ситуації множини варіантів досягнення дій судноводія, якщо вони існують.*

**Ключові слова:** судно, судноводій, ситуація небезпечного зближення, навігаційна обстановка, ергатична система, людський фактор.

**Постановка проблеми.** Однією з основних завдань систем управління рухом судна є аналіз навігаційної обстановки, що склалася, синтез і видача судноводію можливих варіантів дій які необхідно здійснити для запобігання ситуації небезпечного зближення (зіткнення) (досягнення актуальних цілей управління).

При побудові можливих варіантів дій в небезпечній ситуації, судноводію потрібно враховувати не тільки, можливість досягнення цілі, а й існуючі обмеження ресурсу часу виконання маневру судном. Тому необхідна розробка відповідного методу, що дозволяє як побудувати можливі шляхи досягнення необхідних цілей управління, і також виконувати аналіз можливості реалізації з урахуванням ресурсних та часових обмежень. Таким чином, методи системи цільових установок можуть бути використані в СУРС для аналізу можливості досягнення цілей управління відповідно до наявного ресурсів та часу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У межах математичного апарату системи цільових установок можливі синтезувати можливі підходи досягнення цілей, які представлені у вигляді мережевих моделей. Це необхідно враховувати при виборі методу, що використовується для перевірки реалізованості різних варіантів ресурсів і часу. Аналіз можливості досягнення множини цілей управління судном фактично зводиться до завдання розподілу наявних ресурсів часу та дистанції для деякої послідовності дій. У роботах [1, 2, 3] запропоновано здійснювати аналіз можливості досягнення множини цільових станів за ресурсами та часом безпосередньо на стрічковій діаграмі Ганта. Однак, всі методи планування та управління, засновані на використанні таких діаграм, мають ряд серйозних недоліків, які не дозволяють їх застосовувати для вирішення завдань управління в системах реального часу. Найбільш суттєвими є такі [4, 5, 6]:

- використовувані стрічкові діаграми не відображають всієї складності аналізованих процесів і не дозволяють уявити різні взаємозв'язки між окремими діями (роботами);
- невідповідність цих методів планування та управління різноманіттю аналізованих робіт призводить до збільшення часу реалізації варіанта вирішення. Причому найчастіше це не тому, що спочатку встановлені терміни розраховані неправильно, а через неузгодженість окремих робіт між собою;
- ці методи не враховують існуючу невизначеність, властиву будь-якому реальному процесу управління бойовими діями;
- дуже обмежені можливості прогнозування виконання комплексу робіт, що ускладнює вибір правильного рішення під час розподілу ресурсів системи;
- ці методи не дозволяють здійснювати оперативне коригування плану реалізації комплексу робіт.

Таким чином, розглянуті методи, засновані на стрічкових діаграмах, не застосовні для вирішення задачі розподілу ресурсів у системах управління реального часу, що зумовлює необхідність використання інших методів для вирішення даного завдання.

В даний час для вирішення завдань подібного класу найбільш добре розроблені методи планування та управління мережами. Вони мають ряд переваг, серед яких найбільш істотними, стосовно вирішуваного завдання, є такі [7,8]:

1. Методи системи цільових установок дають можливість найбільш ефективного використання наявних ресурсів та виконання комплексу робіт у найкоротші терміни.
2. Дозволяють встановити послідовність та терміни використання обмеженого запасу ресурсів протягом усього періоду досягнення поставлених цілей управління.
3. Дозволяють повніше враховувати рівень взаємозв'язку, інтеграції планів, які включають великі комплекси робіт.
4. Полегшують розподіл ресурсів у часі між найважливішими і щодо менш важливими діями.
5. Придатні обробки інформації з допомогою ЕОМ.
6. Дозволяють запобігти пропуску дій, об'єктивно необхідних для досягнення цілей управління.
7. Роблять можливим оцінку та передбачення наслідків тих чи інших змін порядку виконання робіт та дозволяють обчислити тимчасові характеристики робіт.
8. Дозволяють виявити галузі потенційних труднощів, вказують місця, де потрібні запобіжні дії або покращення організації робіт.
9. Забезпечують наочне та зручне для сприйняття користувачів уявлення комплексу робіт, як загалом, так і по його частинах.
10. Час, необхідний аналіз мережевої моделі і розподіл ресурсів із її використанням під час вирішення завдань великої розмірності набагато менше, ніж час необхідне вирішення цього завдання іншими методами (наприклад, методами математичного програмування).

**Мета дослідження** полягає в підвищенні оперативності та обґрунтованості прийняття рішення судноводієм для забезпечення безпеки судноводіння.

**Основні результати дослідження.** Загалом, виходячи з аналізу інформації про навігаційну обстановку, що отримується з судових джерел інформації, неможливо точно прогнозувати розвиток ситуації в умовах небезпечного зближення (зіткнення). Це зумовлено невизначеністю маневру судна-небезпеки (СН) та наявністю впливу випадкових зовнішніх факторів морської обстановки. Тому необхідно визначити деякі варіанти розвитку ситуації, відповідають послідовності дій судноводія у небезпечній ситуації.

Варіант розвитку ситуації (ВРС) – це спосіб досягнення визначеної цілі управління, що розглядається через наявність дій з невизначеним результатом (тобто наявність вершин-розгалужень в узагальненій мережевій моделі). Загальна кількість ВРС обмежена кількістю та структурою вершин-розгалужень узагальненої мережевої моделі [9]. Кожному ВРС відповідає деяким кінцевий варіант дій судноводія (ВДС), що характеризують можливість вибору різних дій щодо виконання маневру для досягнення цілей управління судном в небезпечних ситуаціях. Тому, ВДС пов'язані з наявністю вершини диз'юнктивного типу в узагальненій моделі мережі. ВДС характеризується планом, який визначає послідовність виконання судноводієм та екіпажом дій, узгоджених за часом, щодо виконання необхідного маневру судна для запобігання виникненню небезпечної ситуації зближення (зіткнення). Вибраний план дій має задовольняти наявному ресурсу безпечного часу, дистанції та маневреним характеристикам судна. Звідси випливає, що ВДС реалізується, якщо виконуються наступні умови:

1. Зберігається послідовність та терміни виконання плану (тобто жодна дія не починається раніше ніж завершується попередня).
2. Використання ресурсів не перевищує наявний ліміт.
3. План ВДС виконується в кінцевий термін, який не перевищує безпечного часу виконання маневру ухилення від перешкоди  $t_{\min}^{den}$ .

Рекомендованим варіантом рішення для судноводія (РВС), розуміється один з ВДС, що може бути реалізований наявним ресурсом часу та дистанції для маневру. ВДС можна вважати допустимий, якщо в даній ситуації судноводій має достатній резерв ресурсів, необхідних для здійснення управління судном в небезпечній ситуації.

Оскільки неможливо заздалегідь знати, який варіант ситуації матиме розвиток в умовах небезпечної обстановки, то цілі управління судном будуть повністю досягнуті, якщо всі можливі ВРС ведуть до запобігання небезпечного зближення (зіткнення). Системи управління рухом судна (СУРС) працюють в режимі реального часу, де однією з основних вимог є оперативність обробки інформації та видачі рекомендацій щодо підтримки прийняття рішення судноводієм. Тому необхідно оцінити можливість вирішення завдання в повному обсязі в межах встановлених термінів.

У той же час, загальний час, необхідний для синтезу та аналізу всіх ВДС, може бути оцінений за такою формулою:

$$t_{np} = \sum_{i=1}^{N_{врс}} (N_{вдс} \cdot t_{обр}^{cp}), \quad (1)$$

де  $N_{врс}$  – кількість ВРС;

$N_{вдс}$  – кількість можливих ВДС;

$t_{обр}^{cp}$  – середній час, потрібний на синтез й аналіз одного ВДС.

Загалом, кількість ВРС визначається сумою та структурою (кількість альтернативних зв'язків) вершин-розгалужень, а відповідно до цього можна розрахувати за такою формулою:

$$N_{epc} = \prod_{l=1}^L \sum_{j=1}^{N_{pr}} (d_j - m), \quad (2)$$

де  $L$  – кількість вихідних вершин-розгалужувачів. При цьому вважається, що вершина, що розглядається, є вихідною, якщо на шляху від безлічі початкових умов до цієї вершини немає жодної іншої вершини-розгалужувача.

$N_{pr}$  – сумарна кількість вершин-розгалужувачів, які знаходяться на шляху від  $g$ -тої вихідної вершини-розгалужувача до безлічі вершин, що мають максимальний рівень ієрархії (кінцевих вершин ОСМ);

$d_j$  – кількість альтернативних відносин  $j$ -тої вершини-розгалужувача;

$m$  – змінна, що приймає значення 0, якщо вершина-розгалужувач є вихідною, і 1 в іншому випадку.

Аналогічним чином, значення величини  $N_{одс}$  визначається сумою та структурою (кількість вхідних дуг) диз'юнктивних вершин фрагмента мережевої моделі, що відповідає  $i$ -му ВРС, і розраховується за формулою:

$$N_{одс} = \prod_{j=1}^J \sum_{k=1}^{N_{ог}^j} (h_k - 1), \quad (3)$$

де  $J$  – количество исходных диз'юнктивных вершин. Считается, что рассматриваемая вершина является исходной, если на пути от этой вершины до множества конечных вершин ОСМ нет ни одной другой вершины диз'юнктивного типа.

$N_{ог}^j$  – суммарное количество диз'юнктивных вершин, которые находятся на пути от  $b$ -той исходной вершины диз'юнктивного типа до множества вершин НУ ОСМ;

$h_k$  – количество дуг входящих в  $s$ -тую диз'юнктивную вершину;

В роботах [10,11,12] визначається порядок вироблення рішень судноводієм в процесі управління рухом судна, залежно від ситуації, яка розвивається в заданих умовах морської обстановки. Відповідно, синтез альтернативних варіантів рішень, з урахуванням ресурсних обмежень, включає:

1. Корегування оцінок умов обстановки з урахуванням стану судна та ознак ситуації.

В першу чергу уточняється умови ситуації, що склалася в даний момент часу аналізуючи отриманий набір початкових ознак. Після цього виконується усікання узагальненої мережевої моделі на основі поточної ситуації. На цьому етапі виключаються з подальшого розгляду рішення, що не відповідають початковим умовам. Результати виконання обраного ВДС стають початковими умовами для наступного вироблення ВРС, досягнення якого можливе в майбутньому (з урахуванням динаміки зміни обстановки). У [13] було показано, що виключення альтернатив не призведе до появи некоректності, тому

немає необхідності аналізувати повноту та узгодженість усіченої узагальненої мережевої моделі.

2. Синтез можливих варіантів розвитку ситуації. На цьому етапі визначаються всі можливі варіанти розвитку ситуації, виходячи з нової структури узагальненої мережевої моделі. Розподіл всіх можливих варіантів розвитку ситуації на графі узагальненої мережевої моделі, доцільно виконувати "знизу вгору". Це дозволить найбільш просто підкреслити випадки альтернативного розгалуження графа з мінімальною кількістю операцій, що виконуються. Оскільки наявність варіантів розвитку ситуації обумовлено лише вершин-розгалужень, для виділення цих варіантів можна визначити, що при русі по узагальненій мережевій моделі "знизу вгору", виникає вершина-розгалуження, то кількість ВРС буде дорівнювати кількості виходів даної вершини, а гілка нижче буде присутня (бути загальним) у кожному з цих варіантів.

3. Аналіз можливості запобігання небезпечному зближенню (зіткненню) в повному обсязі за наявний час та у відповідності до наявного ресурсу.

На цьому етапі визначається можливість синтезу та аналізу всіх варіантів дій судноводія у певний період часу. При цьому середній час аналізу  $t_{обр}^{cp}$  всіх ВРС можна оцінити відповідно до виразу (1). Якщо  $t_{np}$  перевищує значення часу, відведений для прийняття рішення, то частина варіантів рішень, виключається з подальшого розгляду.

4. Синтез та аналіз реалізації РВС для всіх сформованих ВРС. Синтез РВС здійснюється для кожного конструктивного варіанту окремо. У той же час, розподіл всіх можливих РВС є доцільним проводити "зверху вниз", у цьому випадку найбільш просто виділяють випадки розгалуження графу. Порядок розподілу РВС на графі проводиться наступним чином, якщо вершина диз'юнктивного типу, кількість варіантів у списку всіх можливих буде дорівнювати сукупності вершин, які складають достатні умови для досягнення вершин всіх можливих ВДС. Після цього виконується аналіз реалізації синтезованого ВДС. Якщо існує декілька можливих варіантів рішень, що відповідає одному ВРС, вибір раціонального варіанту виконується на основі узагальнених показників якості управління.

5. Визначення ситуації, для якої не може бути утворено принаймні одного варіанту РВС, щодо уникнення небезпечної ситуації.

Якщо існує такий ВРС при якому неможливо вироблення, то реалізація ВДС у сформульованій ранній формі неможлива. У цьому випадку завдання, що відповідає одноразовій композиції та запас ресурсів, повинна бути сформульована відповідним регулюванням узагальненої мережевої моделі.

Ряд робіт було присвячено розробці та реалізації окремих етапів процедури синтезу можливих рішень у засобах автоматизації в системах управління судном [14,15,16]. Однак розроблені методи аналізу ВРС з урахуванням часових обмежень, не дозволяють розподіл ресурсів для завдань які містять велику кількість ознак в режимі реального часу, а також не враховують невизначеність вихідних даних. Визначення коректності СВР здійснюється на підставі результатів аналізу відповідності щодо наявних ресурсів та часу.

Особливість представлення ВДС узагальненою мережевою моделлю має відповідати:

1. Чітко визначеній послідовності ВДС.
2. Мережева модель, що відповідає ВДС, містить лише вершини кон'юнкції.
3. Дуги мережевої моделі відображають послідовність ВДС.

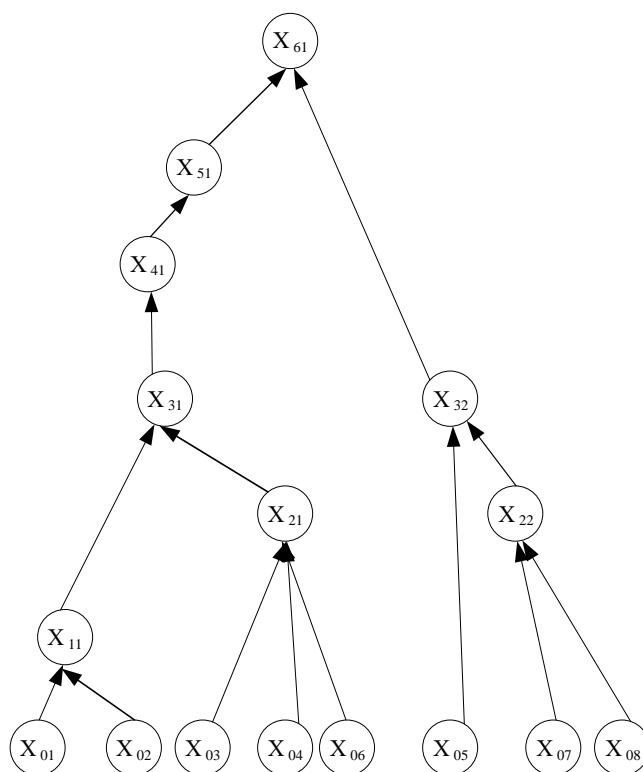


Рисунок 1 – Приклад фрагмента графа ВДС, що відображає процес вирішення задачі запобігання ситуації зіткнення навігаційною перешкодою

4. Кожній дії відповідає певна кількість ресурсів, які можуть бути використані для здійснення цієї дії та часовий інтервал, необхідний для його виконання. Часовий інтервал визначається початковими умовами обстановки.

З кожною дією судноводія пов'язані дії, які повинні бути завершені до їх початку. Якщо це багато порожніх, то робота називається джерелом. Крім того, ідентифікуються багато творів, які безпосередньо дотримуються цієї роботи. Якщо ця множина порожня, то дія називається початковою. Елементи цих множин визначають послідовність виконання дій та залежать від структури графу ВДС.

В ситуації небезпечного зближення (зіткнення) судноводій має деяку множину ресурсів для виконання дій.

Приклад фрагмента графу ВДС, що відображає процес вирішення задачі запобігання ситуації зіткнення навігаційною перешкодою в ході проходження вузькостей, наведено на рис.1. Семантична інтерпретація вершин розглянутого графу ВДС наведена у табл.1.

У загальному випадку, завдання аналізу реалізованості СВР можна сформулювати наступним чином: скласти здійснений план реалізації ВДС за відповідних обмежень на час досягнення поставлених цілей управління та запас ресурсів, що є у розпорядженні.

Час використання ресурсу (час виконання дії) визначається типом ресурсу, маневреними характеристиками судна та набором вихідних параметрів для вирішення завдання розподілу ресурсів (такими як характеристики навігаційної небезпеки, географічне розташування ресурсу тощо).

Визначення часу виконання дійсних робіт та часу очікування має явно виражений розрахунковий характер, тому їх обчислення доцільно здійснювати за допомогою спеціально розроблених розрахункових процедур.

Таблиця 1 – Семантична інтерпретація вершин розглянутого графа ВДС

Значення	Семантична інтерпретація вершин
X <sub>01</sub>	Погана видимість
X <sub>02</sub>	Стиснені умови плавання
X <sub>03</sub>	Лінійне прискорення судна
X <sub>04</sub>	Кутове прискорення судна
X <sub>05</sub>	Випадкове збурення, яке впливають на судно
X <sub>06</sub>	Ймовірність, характеризуюча вплив чинників на габарити суднового ходу протяг даної ділянки
X <sub>07</sub>	Ймовірність, характеризуюча зміну інформаційного складу навігаційного простору ділянки водних шляхів.
X <sub>08</sub>	Інформація про маневрені можливості власного судна
X <sub>11</sub>	Виявлена навігаційна перешкода
X <sub>21</sub>	Віддана команда на початок маневру
X <sub>22</sub>	Виконується маневр розходження з навігаційною перешкодою
X <sub>31</sub>	Стан судна
X <sub>32</sub>	Навігаційна перешкода
X <sub>41</sub>	Ймовірність виникнення ситуації ризику явища
X <sub>51</sub>	можливість проводки суден в межах рекомендованого суднового ходу
X <sub>61</sub>	Запобігання небезпечній ситуації зближення (зіткнення)

У загальному випадку час реалізації робіт, які необхідно виконати для досягнення поставленої мети управління, може бути заданий точковим значенням або інтервалом можливих значень. Насамперед розглянемо порядок аналізу реалізованості ВДЦ у разі, якщо всі значення часів виконання робіт задані лише точковими значеннями, а потім розкриємо особливості аналізу реалізованості у загальному випадку.

**Висновки.** При синтезі ВДС в СУРС необхідно враховувати як можливість досягнення поставлених цілей управління, а й існуючі обмеження кількості використання ресурсів та час виконання маневру. Тому необхідна розробка методу, що дозволяє як побудувати можливі шляхи досягнення цілей, а й здійснити їх аналіз реалізованості з урахуванням існуючих обмежень. У загальному випадку, виходячи з аналізу інформації, яка характеризує навігаційну обстановку, що склалася, і використовується судноводієм у процесі вироблення рішень неможливо однозначно визначити, як надалі розвиватиметься ситуація. Варіант розвитку обстановки вважається коректним у цій ситуації, якщо для нього можна сформулювати хоча б один варіант досягнення цілей, що реалізується за ресурсами та часом. Розроблений метод синтезу можливих варіантів рішень дозволяє сформулювати в реальному масштабі часу для кожного варіанта розвитку обстановки множини реалізованих варіантів досягнення цілей управління судном (варіантів розподілу ресурсів), якщо вони існують. При цьому враховується той факт, що вихідні дані для розрахунків можуть бути як у вигляді точкових значень, так і у вигляді інтервалів можливих значень.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Bondy J. A., Murty U. S. R. Graph Theory. San Francisco : Springer, 2008. 655 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-970-5>

2. Себряков Г.Г. Моделирование деятельности человека-оператора в полуавтоматических системах управления динамическими объектами / Г.Г. Себряков // Мехатроника, автоматизация, управление. – № 4. – 2010. – С.17 – 29.
3. Шептуха Ю. М. К вопросу синтеза эргатической системы принятия решений о маневре безопасного расхождения судов / Ю.М. Шептуха // Кибернетика и вычислительная техника. – № 84. – 1989. – С. 43-45.
4. Смоленцев С.В. Человеческий фактор и пути обеспечения безопасности мореплавания с использованием динамических семантических сетей / С. В. Смоленцев // Морские информационные технологии. – С.Пб.: Элмор, 2002. –Вып.2. – С. 4-8.
5. Бень А.П. Методы оценки опасности траектории движения судов в системах поддержки принятия решений / А. П. Бень // Вестник ХНТУ : сб. науч. трудов Херсонского национального технического университета. – 2009. – Вып. 1 (34). – С. 429-433.
6. Бень А.П. Принципи побудови систем підтримки прийняття рішень судноводія / А.П. Бень // Матеріали другої науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010)» (25–27 травня 2010 р., Херсон, ХДМІ.) – Т.1. – С. 8–10.
7. Мальцев А.С. Интеллектуальные гибридные системы поддержки принятия решений при расхождении судов / А.С. Мальцев // Судовождение : Сб. научн. Трудов / ОНМА, Вып. 11. – Одесса : ИздатИнформ, 2006. – С. 74-86
8. Цымбал Н.Н., Бужбецкий Р.Ю. Учет ограничений МППСС–72 при выборе маневра расхождения судов / Н.Н. Цымбал // Судовождение. – Вып. 11. – 2006. – С. 134-138.
9. Бурмака И.А. Поликритериальное управление процессомс удовождения / И.А. Бурмака, С.А. Дудник // Судовождение. – Вып. 12. – 2006 – С. 26-30.
10. Ермаков С. В. Управление риском чрезвычайных ситуаций на основе прогнозирования и минимизации влияния человеческого фактора на навигационную безопасность плавания судна : дис. ... кандидата техн. наук 05.26.02 / Ермаков Сергей Владимирович . Калининград, 2018. – 208 с.
11. Борсук С. П. Ергономічні основи проактивної кваліметрії закономірностей прояву людського чинника в аеронавігаційних системах : дис. ... кандидата техн. наук 05.01.04 / Борсук Сергій Павлович. Харків, 2019. – 378 с.
12. Тихонов І. В. Методологічні основи поліергатичного забезпечення навігації та управління рухом водних транспортних засобів (цільова технологія безпеки) : дис. ... кандидата техн. наук 05.22.13 / Тихонов Ілля Валентинович. Київ, 2018. – 441 с.
13. Смоленцев С. В. Автоматический синтез решений по расхождению судов в море / С. В. Смоленцев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2016. – № 2 (38). – С. 7–15.
14. Пипченко А.Д. Анализ аварийности мирового флота 2005-2015 / А.Д. Пипченко // Судовождение. – 2017. – Вып.27. – С. 159-168.
15. Вагущенко Л. Л. Поддержка решений по расхождению с судами / Л.Л. Вагущенко Одесса: Феникс, 2010. – 229 с.
16. Астреин В. В. Методология анализа и синтеза сложных активных технических систем и ее реализация в системе безопасности судовождения: дис. ... доктора техн. наук : 05.13.01 / Астреин Вадим Викторович. Краснодар, 2017. – 311 с.

## REFERENCES

1. Bondy J. A., Murty U. S. R. Graph Theory. San Francisco : Springer, 2008. 655 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-84628-970-5>

2. Sebryakov, G.G. (2010) Modeling human operator activity in semi-automatic control systems for dynamic objects. *Mechatronics, automation, management*. № 4. P.17 – 29.
3. Sheptukha, Yu. M. (1989) On the synthesis of an ergatic system for making decisions on the maneuver of safe separation of ships... *Cybernetics and Computing*. № 8. P. 43-45.
4. Smolentsev, S.V. (2002) The human factor and ways to ensure the safety of navigation using dynamic semantic networks. *Marine information technology*. Vol. 2. P. 4-8.
5. Ben, A.P. (2009) Methods for assessing the hazard of the trajectory of the movement of ships in decision support systems. *Bulletin of KhNTU: Sat. scientific. Proceedings of the Kherson National Technical University*. Vol. 1 (34). P. 429-433.
6. Ben, A.P. (2010) Principles of Incentive Systems for Acceptance of Shipbuilding Solutions Materials of another scientific-practical conference "Current information and innovation technologies in transport (MINTT-2010)». Vol. 1. P. 8–10.
7. Maltsev, A.S. (2006) Intelligent Hybrid Decision Support Systems. *Navigation: Sat. Scientific proceedings ONMA*, Vol. 11. P. 74-86
8. Tsymbal, N.N. Buzhbetsky, R.Yu. (2006) Taking into account the limitations of the COLREGs-72 when choosing the ship-to-pass maneuver. *Navigation*. Vol. 11. P. 134-138.
9. Burmaka, I.A. (2006) Polycriteria process control with satisfaction. *Navigation*. – Vol. 12. P. 26-30.
10. Ermakov S.V. (2018) Emergency risk management based on forecasting and minimizing the influence of the human factor on the navigational safety of a vessel's navigation: PhD thesis, Kaliningrad, 208 p.
11. Borsuk, S.P. Ergonomic fundamentals of proactive qualitometry of regularities to show a human official in aeronautical systems: PhD thesis, Kharkiv, 378 p.
12. Tikhonov, I. N. (2018) Methodological bases of polyergic safety of navigation and management of water transport facilities (central technology of safety) : PhD thesis, Kiyv, 441 p.
13. Smolentsev, S.V. (2016) Automatic synthesis of solutions for diverging vessels at sea. *Bulletin of the State University of Maritime and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov*. № 2 (38). P. 7–15.
14. Pipchenko, A.D. (2017) Analysis of the accident rate of the world fleet 2005-2015. *Navigation*. Vol. 27. P. 159-168.
15. Vagushchenko, L.L. (2010) Support for decisions on disagreement with courts. 229 p.
16. Astrein, V.V. (2017), Methodology of analysis and synthesis of complex active technical systems and its implementation in the navigation safety : PhD thesis, , Krasnodar, 311 p.

**Levchenko O.**

**SYNTHESIS OF VESSELS 'OPTIONS IN DANGEROUS SITUATIONS TAKING INTO ACCOUNT TIME AND RESOURCE RESTRICTIONS IN VESSEL DSS**

*The article considers the possibility of developing possible options for the actions of the driver in a dangerous situation, taking into account the available resource and time constraints in the means of automation of ship traffic control systems. These features of ship management in a dangerous situation of convergence (collision) determine the presence of contradictions between the requirements of efficiency of decision-making by the driver on the one hand, and the possibility of resolving them - on the other. The most effective way to resolve this contradiction is to automate management processes. Now there is no doubt that the accounting and analysis of a large number of different data, the implementation of cumbersome calculations are possible only with the use of computing and other automation tools. Accordingly, a synthesis of solutions in the ship's traffic control system is given, taking into account the limitations on the distance and time of the collision. The analysis of possibility of achievement of set of purposes of management on resources and time on the tape diagram and methods of network planning and management is*

carried out. The developed method allows to modify the recommended variant of the decision so that for it it was possible to form at least one realized variant of actions of the driver which can be realized in the conditions of existing restrictions. Thus the variant of the developed situation (according to a navigational situation) is defined by an existing reserve of time at the driver. If in the process of making decisions for some variant of the situation it is not possible to form any realized variant of the driver's actions, then it is impossible to achieve the management goals in this situation. In this case, the analyzed version of the situation needs to be clarified. An example of a fragment of the graph of the option to achieve the goals, which reflects the process of solving the problem in the control system of the ship. The method that allows to synthesize unfeasible implementation plans is considered. Conclusions. The developed method of synthesis of possible solutions allows to form in real time for each variant of development of a set of options of achievement of actions of the driver if they exist.

**Key words:** ship, navigator, situation of dangerous rapprochement, navigation situation, ergatic system, human factor.

**Левченко О.**

### **СИНТЕЗ ВАРИАНТОВ ДЕЙСТВИЙ СУДОВОДИТЕЛЯ В ОПАСНЫХ СИТУАЦИЯХ С ТРИСТИРОВАНИЕМ ВРЕМЕННЫХ И РЕСУРСНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ В СУДОВЫХ СППР**

В статье рассматривается возможность разработки возможных вариантов действий судоводителя в опасной ситуации с учетом имеющихся ресурсных и временных ограничений в средствах автоматизации систем управления движением судна. Указанные особенности управления судном в опасной ситуации сближения (столкновения) определяют наличие противоречий между требованиями оперативности принятия решения с одной стороны, и возможностями их решения – с другой. Наиболее действенным способом разрешения этого противоречия является автоматизация процессов управления. Сейчас не вызывает сомнения тот факт, что учет и анализ большого количества разнообразных данных, выполнение громоздких расчетов возможны только при использовании вычислительных и других средств автоматизации. Соответственно, приведен синтез вариантов решений в системе управления движением судна с учетом ограничений по дистанции и времени столкновения. Проведен анализ возможности достижения множества целей управления по ресурсам и времени на ленточной диаграмме и методам сетевого планирования и управления. Разработанный метод позволяет модифицировать рекомендуемый вариант решения таким образом, чтобы для него можно было сформировать по меньшей мере один реализуемый вариант действий судоводителя, что можно реализовать в условиях имеющихся ограничений. При этом вариант развития ситуации (в соответствии с навигационной обстановкой) определяется существующим запасом времени у судоводителя. Если в процессе выработки решений для некоторого варианта развития ситуации не удастся сформировать ни одного реализуемого варианта действий судоводителя, то достижение целей управления в данной ситуации невозможно. В этом случае рассматриваемый вариант развития ситуации требует уточнения. Приведен пример фрагмента графа варианта достижения целей, отражающий процесс решения задачи в системе управления движением судна. Рассмотрен метод, позволяющий синтезировать невыполнимые планы реализации. Выводы. Разработанный метод синтеза возможных вариантов решений позволяет сформировать в реальном масштабе времени для каждого варианта развития ситуации множество вариантов достижения действий судоводителя, если они существуют.

**Ключевые слова:** судно, судоводитель, ситуация опасного сближения, навигационная обстановка, , человеческий фактор.

*Постніков Є.Є.*

## МОДЕЛЬ ДИНАМІКИ ПЛАВУЧОЇ БУКСИРУЄМОЇ ПЛАТФОРМИ НА ХВИЛЮВАННІ

*Буксирування об'єктів морем є особливим випадком морської практики. Як правило, буксирування здійснюється спеціалізованими транспортно-буксирними суднами або потужними комерційними буксирами, або буксирами-рятувальниками. Операція по буксируванню передбачає навігаційний аналіз майбутнього маршруту переходу, проведення попередніх розрахунків по забезпеченню надійності буксирної лінії, вироблення рекомендацій капітанам по проведенню буксировочної операції. Для розробки практичних проектних рекомендацій необхідно правильно моделювати динамічну поведінку морських об'єктів, тобто отримувати оцінки амплітудно-частотних та фазово-частотних характеристик (при рішенні задач у частотній області), отримувати характеристики динамічних процесів (при рішенні задач у часовій області). Існуючі методики рішення таких задач стосовно до маломорехідних морських об'єктів у даний час засновані на теорії ідеальної рідини, що значно звужує область можливих практичних розрахунків.*

*В статті розроблена математична модель та проведене оцінювання динаміки плавучої буксируємої платформи на хвилюванні.*

***Ключові слова:** буксирування, динаміка, морська платформа, навігаційна безпека, хвилювання.*

**Вступ.** Стрімкий розвиток морської техніки пов'язаний з появою нових суден та маломорехідних об'єктів, які знадні освоювати морський (океанічний) простір, добувати корисні копалини, проводити наукові дослідження, розширювати горизонт знання людини про оточуючий світ. Дослідження навігаційної природи руху суден та мало морехідних об'єктів в умовах хвилювання є вихідними даними для проектування та розробки нових технічних рішень, оцінювання ризиків при виконанні буксировочних операцій маломорехідних об'єктів. Визначення гідродинамічних і динамічних характеристик таких об'єктів при відсутності реальних, відпрацьованих на практиці прототипів вимагає проведення значної кількості складних, дорогих модельних та натурних експериментів. Для розробки практичних проектних рекомендацій необхідно правильно моделювати динамічне поведіння морських об'єктів.

Слід відзначити, що безпека мореплавання є найважливішим фактором при здійсненні морського судноплавства. На теперішній час питання безпеки залишається одним із пріоритетних практично у всіх морських державах світу. Хвилювання, як правило, впливає на безпеку навігації для судів та буксируємих споруд у відкритому морі. Рух у штормових умовах пов'язаний з цілим рядом небезпечних обставин: посиленням хитавиці, зариванням у хвилю, потрапляння на палубу великих мас води, обрив буксировочного тросу. Особливий вплив морське хвилювання робить на такі морехідні якості судна, як остійність, хитавиця та керованість. Особливо актуальним питання оцінювання динаміки мало морехідного об'єкту на хитавиці стає під час оцінювання ризиків маневрування при буксируванні.

**Мета статті** є розроблення математичної моделі та методу оцінювання динаміки плавучої буксируємої платформи на хвилюванні.

#### **Аналіз літературних джерел.**

Слід відзначити, що дослідження стану морських платформ та їх морських характеристик знайшли своє відображення в роботах Акімова О.В., Кравченко А.А. [1, 2], Слуцького Н.Г. [3], Товстокорого О.М., Нестеренка В.Б., Завальнюка О.Б. [4]. Дослідження динаміки морських об'єктів на хвилюванні досліджені в роботах Н.В. Корнєва [5, 6], М.П. Лобачова [7, 8], І.В. Ткаченко [9], J.H. Ferziger, M. Peric [10], E.G. Paterson, R. Wilson [11], H.W. Coleman [12]. В той же час єдиних підходів щодо оцінювання динаміки складних маломорехідних, буксируємих об'єктів на хвилюванні виявлено не було.

#### **Основна частина.**

На першому етапі необхідно побудувати математичну модель динаміки руху платформи на хвилюванні.

Для визначення розмірів чисельної області необхідно зробити теоретичний аналіз динаміки морського об'єкта на хвилюванні. Класичним прикладом такого аналізу є побудова амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) певного виду коливань.

Найцікавішими видами хитавиці є її основні види: кильова, вертикальна й бортова. У виді особливостей архітектурно-конструктивного типу морської платформи (МП) кильова й бортова хитавиці цього типу морських об'єктів відрізняються слабко, на відміну від звичайних суден. Тому для досить повного аналізу динаміки поведінки МП на морському хвилюванні досить розглянути кильові (на зустрічному або попутному хвилюванні) або бортові (на лаговому хвилюванні) та вертикальні коливання на відповідному курсовому куті до хвилювання.

Оскільки більшість МП симетричні відносно діаметральної площини та мідель-шпангоута, то рівняння розглянутих коливань будуть незалежні друг від друга.

МП може експлуатуватися у двох режимах: транспортувальному, коли осад не перевищує верхньої крайки понтонів та стаціонарному, коли понтони повністю занурені під воду шляхом баластування, а діюча ватерлінія проходить через стабілізуючі колони.

Типовий вид АЧХ вертикальної динаміки МП показано на рисунку 1 [7]. На рис. 1 введені наступні позначення:  $\eta_3$  - амплітуда вертикальних коливань,  $\zeta_a$  - амплітуда хвилі, що набігає,  $k$  - хвильове число хвилі, що набігає,  $B$  - поперечний кліренс (відстань між діаметральних площин понтонів),  $\omega_n$  - власна частота вертикальних коливань МП,  $z_m$  -  $z$ -положення центру ваги (ЦВ) понтонів,  $g$  - прискорення вільного падіння,  $T$  - період коливань,  $T_n$  - власний період вертикальних коливань МП.

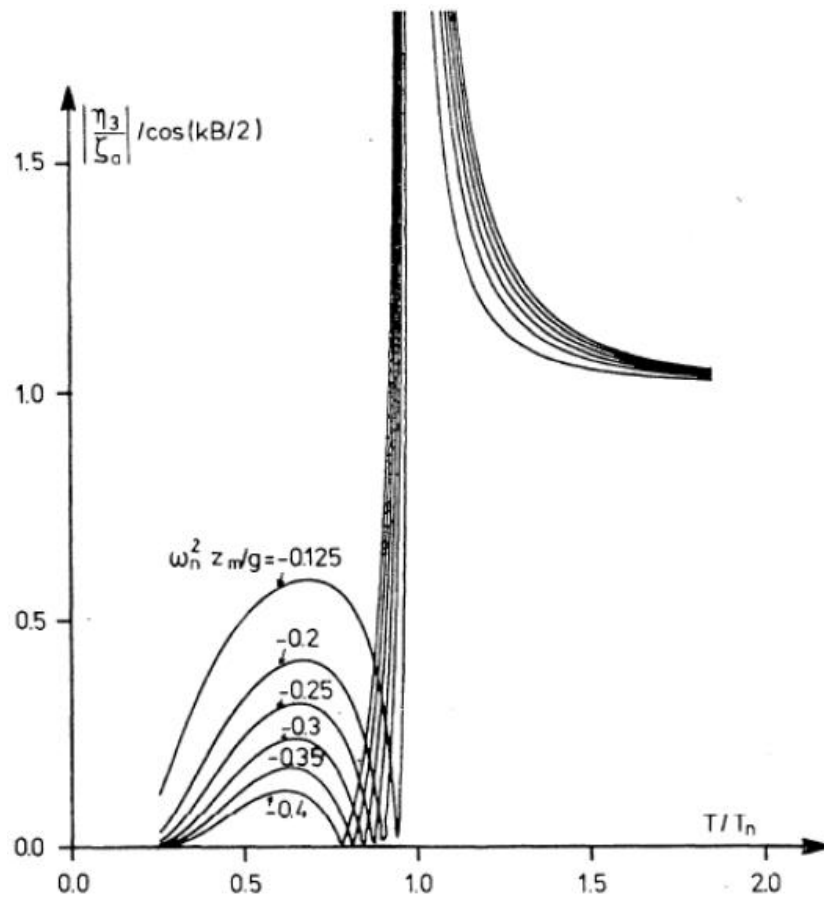


Рисунок 1 – Амплітудно-частотна характеристика вертикальної хитавиці морської платформи

Згідно з даними, наведеними на рис. 1. АЧХ вертикальної хитавиці МП має два піки, один з яких резонансний. Відомо, що резонанс хитавиці настає при збігу власної частоти хитавиці й частоти хвилі, що набігає [6-8].

Для розрахунків власної частоти вертикальної хитавиці МП можна скористатися наступною формулою [7]:

$$\omega_{\zeta} = \sqrt{\frac{\rho g A_w}{M + A_{33}}} \quad (1)$$

де  $\omega_{\zeta}$  - власна частота вертикальних коливань МП,  $A_w$  - площа ватерлінії,  $M$  - масова водотоннажність,  $A_{33}$  - приєднана маса.

Для визначення приєднаної маси можна скористатися рівнянням з [9]:

$$A_{33} = 4.6\rho AL \quad (2)$$

де  $A$  - площа поперечного перерізу понтона, або рівнянням з [8]:

$$A_{33} = 1.5\rho\pi \left( n_p L_p (B_p/2)^2 + n_c L_c (B_c/2)^2 \right), \quad (3)$$

де  $n_p$ ,  $L_p$  і  $B_p$  - кількість, довжина й ширина понтонів відповідно,  $n_c$ ,  $L_c$  і  $B_c$  - кількість, довжина й ширина стабілізуючих колон відповідно.

Власні період коливань пов'язаний із власною частотою наступною формулою:

$$T_\zeta = 2\pi/\omega_\zeta$$

Згідно [8] МП повинні проектувати з умовою – власний період вертикальних, кильових і бортових коливань повинен бути не менш 20с, що сильно перевищує більшість хвиль, які зустрічаються у відкритих морях.

Згідно з даними, що наведені на рис. 1, АЧХ вертикальної хитавиці МП має також період, коли вертикальна хитавиця дорівнює нулю. Згідно [8] цю частоту можна розрахувати за формулою:

$$\omega = \frac{\omega_\zeta}{\sqrt{1 - |z_m| \omega_\zeta^2/g}} \quad (4)$$

Для розрахунків власної частоти кильової й бортової хитавиці рекомендується використовувати відповідно з формулою [5]:

$$\omega_\psi = \sqrt{\frac{\rho g \nabla H_0}{I_5 + A_{55}}} \quad (5)$$

$$\omega_\theta = \sqrt{\frac{\rho g \nabla h_0}{I_4 + A_{44}}} \quad (6)$$

де  $\nabla$  - об'ємна водотоннажність,  $H_0$  - початкова поздовжня метацентрична висота,  $I_5$  - момент інерції МП щодо поперечної вісі,  $A_{55}$  - приєднаний момент інерції,  $h_0$  - початкова поперечна метацентрична висота,  $I_4$  - момент інерції МП щодо поперечної вісі,  $A_{44}$  - приєднаний момент інерції.

Згідно [7] для наближеної оцінки приєданого моменту інерції кильової хитавиці можна вважати, що  $A_{55} \approx I_5$ . Згідно [8] для наближеної оцінки приєданого моменту інерції бортової хитавиці можна керуватися наступною формулою:

$$A_{44} = 0.85A_{33}(B/2)^2. \quad (7)$$

Для проведення чисельного експерименту використовувалася модель схематичної напівзаглибної установки, яка представлена на рис. 2. Така платформа була розроблена в технічному університеті Дельфта, Голландія для випробувань в дослідному басейні. Пінкстер у своїх роботах [13, 14] провів експеримент і зрівняв його з потенційною теорією. Проведемо порівняння результатів [13, 14] із чисельним моделюванням.

МП являє собою 6 циліндричних колон, прикріплених зверху до палуби й знизу до двом понтонам, між якими розташовуються поперечні розпірки. Розрахунки по потенційній теорії проводилися для натурального об'єкта, розміри й характерні величини якого наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Характерні величини морської платформи

Показник	Символ	од. виміру	модель	розрахунки
Масштаб	-	-	1:40	1:1
Довжина	$L$	м	100,00	
Ширина	$B$	м	76,00	
Осад	$T$	м	20,00	
Водотоннажність	$\nabla$	м <sup>3</sup>	35925	
Центр ваги	$K\bar{G}$	м	8,64	7,92
Метацентрична висота	$G\bar{M}$	м	16,76	17,48
Поперечний радіус інерції	$k_{xx}$	м	-	30,55
Поздовжній радіус інерції	$k_{yy}$	м	30,89	30,89
Вертикальний радіус інерції	$k_{zz}$	м	-	41,74
Власний період вертикальної хитавиці	$T_z$	сек.	21,3	21,8
Власний період бортової хитавиці	$T_\varphi$	сек.	21,3	22,4
Власний період кільової хитавиці	$T_\theta$	сек.	19,5	19,8
Глибина води	$Wd$	м	40,0	

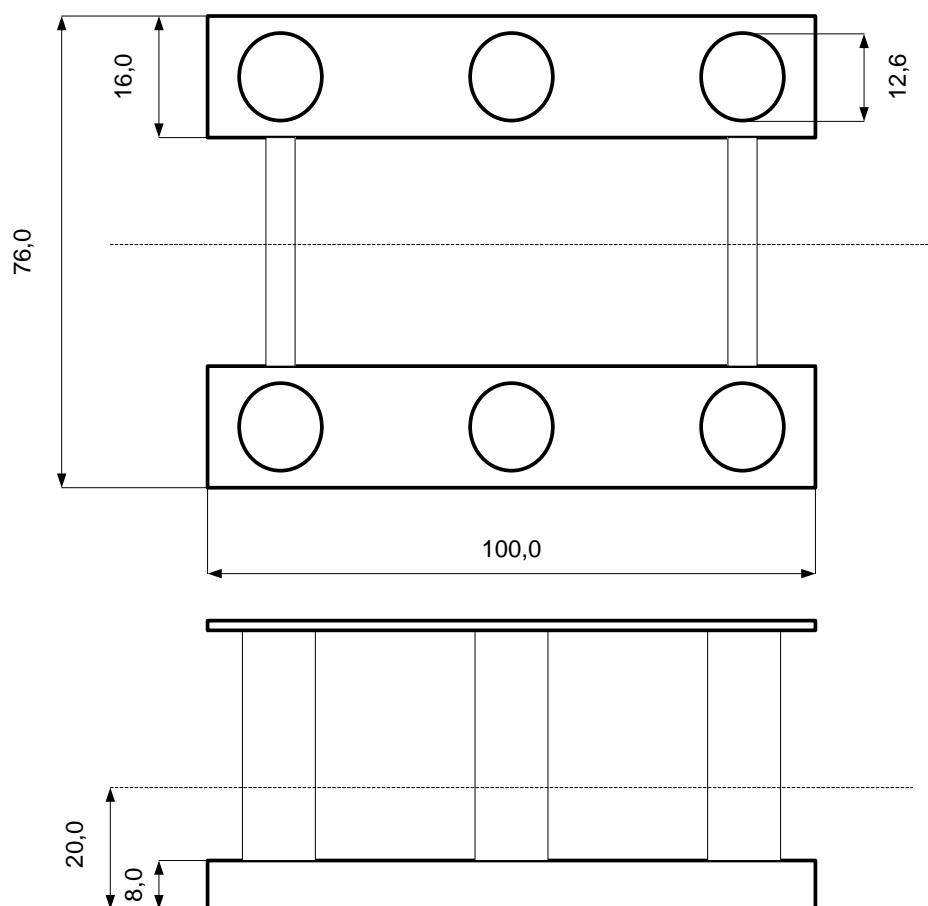


Рисунок 2 – Схематичне зображення та лінійні розміри платформи

Для завдання хвильової поверхні використовувалася хвиля Стокса першого роду. Усі розрахунки були проведено для  $Fr=0,0$ . Амплітуда хвилі -  $\zeta_a \approx 0,020$  метра. Для вивчення руху платформи на хвилюванні був обраний наступний діапазон довжин хвиль:  $\lambda L \in [0,5;$

12,0], який відповідає експериментальним даним [13, 14]. Параметри кутової частоти й хвильового числа визначаються з формул хвильової теорії [4]. Параметри середовища відповідали значенням, наведеним в експерименті тіла Віглей на тихій воді. Розрахунки виконувалися на динамічній сітці, що полягає із трьох мільйонів розрахункових гнізд (рис. 3).

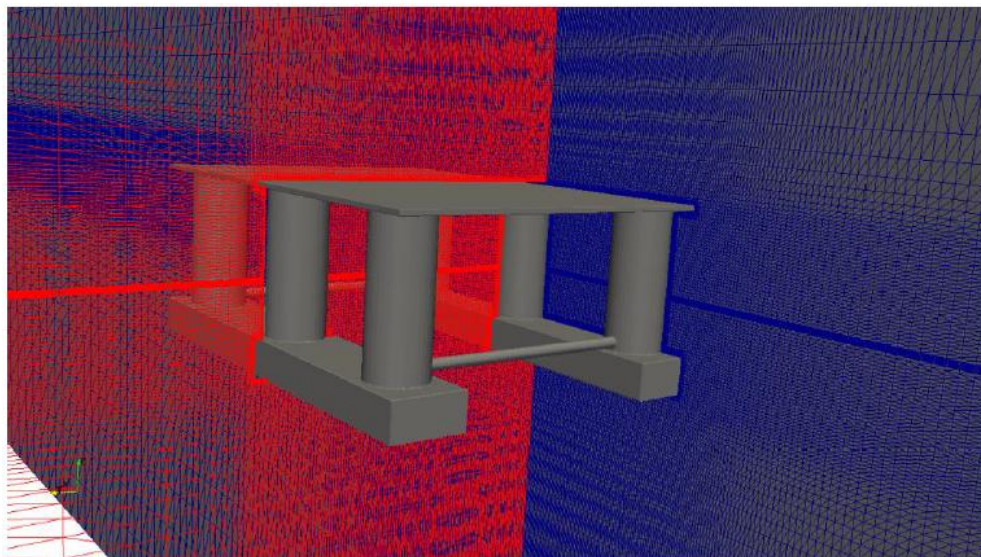


Рисунок 3 – Розрахункова сітка для схематичної морської платформи

Для моделювання довгих хвиль, потрібно значне збільшення геометричних параметрів розрахункової області. Таким чином, вхідна границя перебувала від досліджуваного об'єкта на відстані  $15 \cdot L_{pp}$ , а вихідна на відстані  $30 \cdot L_{pp}$ , де  $L_{pp}$  – відстань між перпендикулярами напівзаглибної платформи. Для моделювання турбулентності використовувалася  $k-\omega SST$ .

Розрахунки вертикальної та кільової хитавиці. АЧХ вертикальної й кільової хитавиці, отримані чисельним моделюванням, представлені на рис. 4. При чисельному моделюванні отримане значення власної частоти МП добре узгодиться з потенційною теорією. Для таких об'єктів власна частота лежить у нижньому діапазоні частот, тому що вони мають більшу масу, і вільна поверхня перетинає невелику частину поверхні. Тому, МП ухвалюють незначну частину хвильової енергії й, відповідно, мають незначні параметри хитавиці.

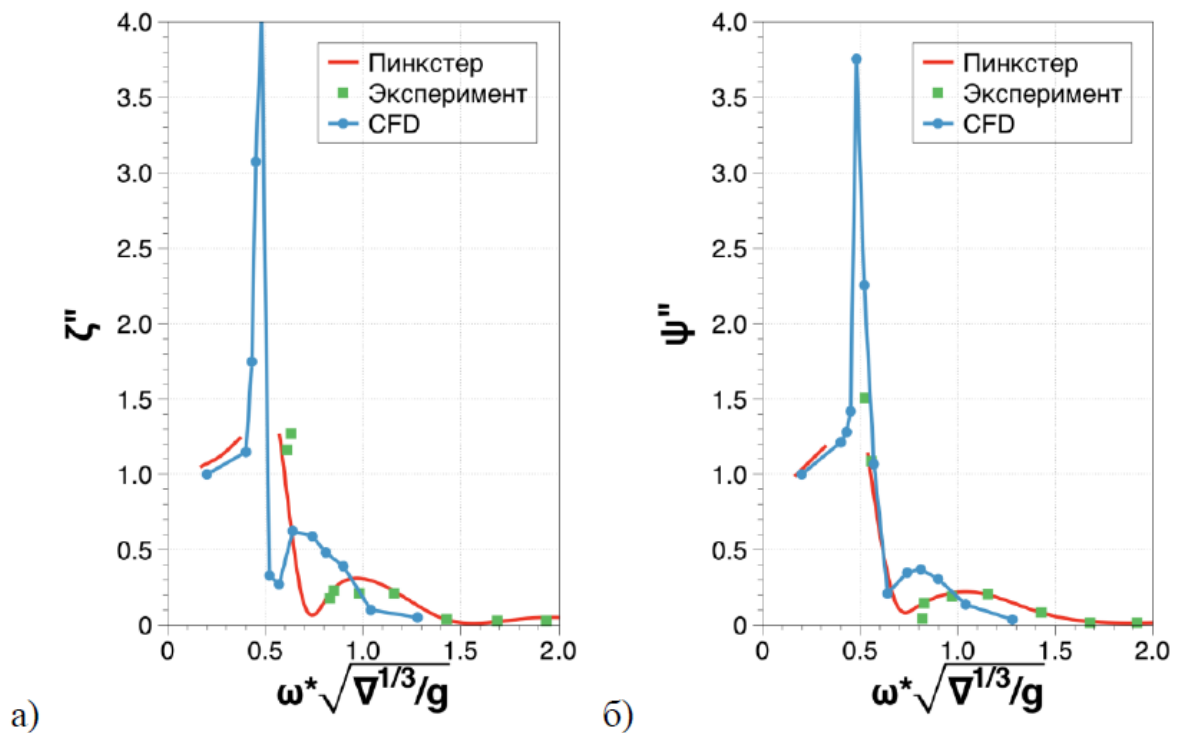


Рисунок 4 – АЧХ вертикальної (а) і кильовий (б) хитавиці схематичної морської платформи

При чисельному моделюванні було отримано, що в'язкісна складова сили становить менш 1% від повної. Відомо, що для нерухомих об'єктів простої форми розрахунки, виконані за потенційною теорією, у якій не враховується в'язкість, добре узгодяться з експериментальними даними. Значення, наведені на рис. 4 свідчать, що на високих частотах у чисельних розрахунках відбувається зрушення, як по частоті, так і по амплітуді.

**Висновки.** В статті наведена математична модель, рішення якої представляє значний практичний інтерес. Існуючі методики обґрунтування параметрів хвилювання вимагають залучення результатів модельних експериментів, зокрема для урахування в'язкісного демпфірування. Можливості існуючих обчислювальних засобів і відповідного програмного забезпечення дозволяє на початкових етапах проектування морських маломорехідних об'єктів досить точно прогнозувати параметри їхньої хитавиці на хвилюванні з урахуванням сил в'язкісної природи. Це дозволяє значно знизити вартість проектних робіт у частині визначення гідродинамічних характеристик морських об'єктів, а також виконання специфічних операцій як буксирування та маневрування.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Akimova O.V., Kravchenko A.A. Development of the methodology of the choice of the route of work of platform supply vessels in the shelf of the seas / O. Akimova, A. Kravchenko // International Journal "Technology audit and production reserves", 2018. – Vol. 5, № 2 (43). pp. 30-35. - ISSN (print) 2226-3780, ISSN (online) 2312-8372. – DOI: 10.15587/2312-8372.2018.143558
2. Akimova O.V., Kravchenko A.A. Development of a method for selecting a way of raw material transportation from the offshore drilling platform to the onshore infrastructure / O.

Akimova, A. Kravchenko // International Journal "Technology audit and production reserves", 2019. – Vol. 2, № 2 (46). pp. 25-31. - ISSN (print) 2664- 9969, ISSN (on-line) 2706-5448. - DOI: 10.15587/2312-8372.2019.169423.

3. Слуцкий, Н. Г. Особенности проектирования и строительства композитных плавучих доков большой подъемной силы [Текст] / Н. Г. Слуцкий, В. Н. Конов, А. С. Рашковский // Безопасность мореплавания и ее обеспечение при проектировании и постройке судов (БМС–2007) : материалы междунар. науч.-техн. конф. — Николаев : НУК, 2007. — С. 9–12.

4. Товстокорий О.М. Особливості контролю остійності буксирних суден при маневруванні на шельфі / О. М. Товстокорий, В. Б. Нестеренко, О. П. Завальнюк // Науковий вісник Херсонської державної морської академії: Том 1 № 20 (2019). - doi.org/10.33815/2313-4763.2019.1.20.040-046

5. Kornev N., Taranov A., Shchukin E., & Kleinsorge L. 2011. Development of hybrid URANS-LES methods for flow simulation in the ship stern area. Ocean Engineering, 38(16), 1831-1838.

6. Abbas, N., Kornev, N., Shevchuk, I., and Anschau, P. 2015. CFD prediction of unsteady forces on marine propellers caused by the wake nonuniformity and nonstationarity. Ocean Engineering, 104, 659-672.

7. Bagaev D.V., Lobachev M.P., Ovchinnikov N.A., Taranov A.E. Prediction of the scale effect for the hull-propeller interaction factors // Computational Methods in Marine Engineering V - Proceedings of the 5th International Conference on Computational Methods in Marine Engineering, MARINE 2013 2013. С. 699-710.

8. Денисихина Д.М., Лобачёв М.П., Пустотный А.В., Чичерин И.А. Влияние выбора модели турбулентности на точность расчёта вязкостного сопротивления транспортных судов // Морской вестник. 2008. № 3. С. 95-100.

9. Овчинников К.Д., Ткаченко И.В., Тряскин Н.В. Численное моделирование качки полупогружной платформы на регулярном волнении // Морские интеллектуальные технологии. 2015. Т. 1. № 2 (28). С. 14-18.

10. Ferziger, J.H., Peric, M., 2002. Computational Methods for Fluid Dynamics, (Third Edit.) Springer, Berlin, Germany.

11. Simonsen, C.D., Otzen, J.F., Joncquez, S., Stern, F., 2013. EFD and CFD for KCS heaving and pitching in regular head waves. J. Mar. Sci. Technol. 18 (4), 435–459.

12. Stern, F., Wilson, R.V., Coleman, H.W., Paterson, E.G., 2001. Comprehensive approach to verification and validation of CFD simulations-Part 1: methodology and procedures. J. Fluids Eng. 123 (4), 793–802.

13. Pinkster, J.A., 1980. Low Frequency Second Order Wave Exciting Forces on Floating Structures, PhD thesis, Delft University of Technology.

14. Pinkster, J., Dercksen, A. and Dev, A. (1993). Hydrodynamic Aspects of Moored Semisubmersibles and TLPs. Offshore Technology Conference.

*Отиц О.М.*

## ОСНОВНІ ФОРМИ ПРОФЕСІЙНОГО РОЗВИТКУ НАУКОВО-ПЕДАГОГІЧНИХ ПРАЦІВНИКІВ В УКРАЇНІ

*У статті проаналізовано нормативно-правове забезпечення і процедуру проведення підвищення кваліфікації та наукового/науково-педагогічного стажування як законодавчо закріплених форм професійного розвитку науково-педагогічних працівників у закладах вищої освіти України. Визначено сутність професійного розвитку науково-педагогічних працівників як безперервного процесу набуття ними нових та вдосконалення раніше набутих професійних і загальних компетентностей, необхідних для професійної діяльності, що передбачає постійну самоосвіту та інші види її форми професійного зростання і може здійснюватися шляхом формальної, неформальної та інформальної освіти, стажування, здійснення професійної діяльності тощо.*

*Розкрито вимоги до професійного розвитку науково-педагогічних працівників та їхні гарантії у ході реалізації цього процесу. Викладено порядок професійного розвитку науково-педагогічних працівників, включаючи порядок оплати підвищення кваліфікації, порядок його здійснення і порядок визнання результатів підвищення кваліфікації та стажування (наукового, науково-педагогічного). Виявлено умови професійного розвитку науково-педагогічних працівників закладів вищої та післядипломної освіти під час підвищення кваліфікації та стажування.*

*Окрему увагу приділено опису процедури планування, підвищення кваліфікації науково-педагогічних працівників у системах формальної, неформальної та інформальної освіти й визнання результатів такої форми професійного розвитку на інституційному рівні.*

*Схарактеризовано інституційне забезпечення і порядок наукового та науково-педагогічного стажування й визнання його результатів. Схарактеризовано процедуру визнання окремих видів професійного удосконалення науково-педагогічних працівників як підвищення кваліфікації.*

*Розкрито сильні й слабкі сторони українського освітнього законодавства стосовно професійного розвитку науково-педагогічних працівників.*

*Зроблено висновок, що імплементація нормативно-правових засад професійного розвитку науково-педагогічних працівників у закладах вищої освіти України сприятиме підвищенню якості науково-педагогічної та методичної діяльності цих закладів, удосконаленню освітньої діяльності ЗВО й підвищенню ефективності функціонування усієї системи вищої освіти України в цілому.*

**Ключові слова:** професійний розвиток, науково-педагогічні працівники, підвищення кваліфікації, стажування (наукове, науково-педагогічне), самоосвіта, суб'єкти, умови, порядок, процедура, результати професійного розвитку, формальна, неформальна, інформальна освіта.

**Постановка проблеми.** Професійний розвиток науково-педагогічних працівників відіграє визначальну роль у забезпеченні стійкого розвитку усіх галузей соціального

виробництва й нарощуванні людського потенціалу Української держави, адже він детермінує якість професійних кадрів у кожній сфері суспільної практики, де працюють випускники закладів вищої освіти. У зв'язку з цим виникає необхідність пошуку ефективних підходів і форм професійного розвитку науково-педагогічних працівників та аналізу існуючої практики їх реалізації у системі формальної та неформальної освіти України.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Визнання державою соціальної цінності професійного розвитку науково-педагогічних працівників для поступального розвитку українського суспільства відображено у законодавчих актах та нормативно-правових документах нашої держави: законах України «Про професійний розвиток працівників» (2019) [4], «Про освіту» (2017) [2], «Про вищу освіту» (2014) [1], «Про наукову і науково-технічну діяльність» (2016) [3], Методичних рекомендаціях МОН України для професійного розвитку науково-педагогічних працівників [6], Порядку підвищення кваліфікації педагогічних і науково-педагогічних працівників [7] тощо.

Проблемі професійного розвитку науково-педагогічних працівників присвятили свої наукові дослідження В. Луговий, І. Драч, С. Калашнікова, Ю. Скиба, Г. Чорнойван, О. Ярошенко, О. Жабенко та інші українські науковці [6; 9 – 12]. Ця проблема стала ключовою в науковій діяльності Інституту вищої освіти НАПН України, де вона досліджується з позицій виявлення механізмів розвитку науково-педагогічного потенціалу університетів України у контексті розширення інституційної автономії, проектування технології професійного розвитку науково-педагогічних працівників університетів в умовах інтеграції вищої освіти і науки, розвитку інституційного потенціалу університетів у контексті глобального лідерства, модернізації природничої та інженерної освіти в умовах інноваційно-технологічного розвитку суспільства та ін. [5].

Водночас, до цього часу не здійснено цілісного аналізу основних форм професійного розвитку науково-педагогічних працівників та не розкрито процедуру їх реалізації на інституційному рівні вищої освіти.

Тому **метою нашої статті** є аналіз нормативно-правового забезпечення і процедури проведення підвищення кваліфікації та наукового стажування у закладах вищої освіти України як законодавчо закріплених форм професійного розвитку науково-педагогічних працівників.

**Основні результати дослідження.** Результати аналізу законодавчих актів і нормативно-правових документів України засвідчили, що професійний розвиток науково-педагогічних працівників відбувається у рамках державної політики підвищення конкурентоспроможності працівників і сприяння досягненню ними належного професійного рівня.

#### ***Визначення професійного розвитку науково-педагогічних працівників у законодавчих актах і нормативно-правових документах***

У Законі України «Про професійний розвиток» визначено основні напрями забезпечення роботодавцем професійного розвитку працівників: розроблення поточних та перспективних планів професійного навчання працівників; визначення видів, форм і методів професійного навчання працівників; розроблення та виконання робочих навчальних планів і програм професійного навчання працівників; організація професійного навчання працівників; добір педагогічних кадрів та фахівців для проведення професійного навчання працівників безпосередньо у роботодавця; ведення первинного та статистичного обліку кількості працівників, зокрема тих, які пройшли професійне навчання; стимулювання професійного зростання працівників; забезпечення підвищення кваліфікації працівників безпосередньо у роботодавця або в освітніх закладах; визначення періодичності атестації працівників (як правило, не рідше ніж один раз на п'ять років) та

організацію її проведення; здійснення аналізу результатів атестації та реалізацію заходів щодо підвищення професійного рівня працівників [4, Ст. 4. п. 1].

Професійний розвиток науково-педагогічних працівників регламентується Методичними рекомендаціями МОН України для професійного розвитку науково-педагогічних працівників, де вміщено його визначення як «безперервного процесу набуття нових та вдосконалення раніше набутих професійних та загальних компетентностей, необхідних для професійної діяльності, що передбачає постійну самоосвіту та інші види і форми професійного зростання і може здійснюватися шляхом формальної та неформальної освіти, стажування, здійснення професійної діяльності тощо» [7, с. 1].

Ця дефініція закріплює розуміння підвищення кваліфікації як виду професійного зростання науково-педагогічних працівників нарівні зі здобуттям ними наступного ступеня вищої освіти (освітнього, освітньо-професійного, освітньо-наукового, освітньо-творчого, наукового, у тому числі за іншою спеціальністю), спеціалізацією, стажуванням та/або самоосвітою, виконанням нових або більшої складності професійних обов'язків тощо [2, Ст. 59. п.1; 7, с. 1].

Згідно із законами України «Про освіту» та «Про вищу освіту», науково-педагогічні працівники, з одного боку, зобов'язані постійно підвищувати свій професійний і загальнокультурний рівні, педагогічну майстерність, наукову кваліфікацію [1, Ст. 58 п. 1 пп. 2; 2, Ст. 54 п. 2; 8, п. 2], а з іншого, мають гарантоване право на підвищення свого професійного рівня, перепідготовку, підвищення кваліфікації та стажування не рідше одного разу на п'ять років, [1, Ст. 57 п. 1. пп. 6, 9., Ст. 59 п.1 пп.1; 2, Ст. 54. п. 1]. При цьому вони можуть вільно обирати:

1) вид професійного розвитку: підвищення кваліфікації, навчання за освітньою програмою, стажування, участь у сертифікаційних програмах, тренінгах, семінарах, семінарах-практикумах, семінарах-нарадах, семінарах-тренінгах, вебінарах, майстер-класах тощо [2, Ст. 54 п. 1]. З огляду на те, що основними видами професійної діяльності науково-педагогічних працівників у ЗВО є освітня, наукова та науково-методична, у підзаконних документах ретельно прописані порядки підвищення кваліфікації [8], наукового стажування [7], а також прирівняння останнього та «інших видів професійного удосконалення» до підвищення кваліфікації науково-педагогічних працівників [7, с. 8];

2) форму його реалізації: інституційна, дуальна, на робочому місці (на виробництві) тощо [2, Ст. 59. п. 2];

3) суб'єкта чи різних суб'єктів освітньої діяльності, що здійснюють професійний розвиток (підвищення кваліфікації та перепідготовку) педагогічних працівників [7, с. 6].

#### ***Порядок професійного розвитку науково-педагогічних працівників***

Порядок професійного розвитку науково-педагогічних працівників, включаючи порядок оплати підвищення кваліфікації, умови її здійснення і порядок визнання результатів підвищення кваліфікації, затверджується Кабінетом Міністрів України [2, Ст. 59. п. 6].

Процес підвищення кваліфікації науково-педагогічних працівників регламентується Порядком підвищення кваліфікації педагогічних та науково-педагогічних працівників, затвердженим постановою КМУ від 21 серпня 2019 р. № 800 «Деякі питання підвищення кваліфікації педагогічних та науково-педагогічних працівників» [8, порядок наукового стажування – Методичними рекомендаціями МОН України [7].

Порядок оплати визначає джерела фінансування, серед яких можуть бути: засновник закладу освіти; заклад освіти, в якому працює науково-педагогічний працівник (ЗВО отримує кошти на підвищення кваліфікації науково-педагогічних працівників і розподіляє їх за рішенням вченої ради); науково-педагогічний працівник (ваучерна модель «гроші ходять за педагогом»); інші фізичні та юридичні особи [2, Ст. 59. п. 5].

Обсяг коштів, що додатково виділяються з державного бюджету та місцевих бюджетів на підвищення кваліфікації педагогічних і науково-педагогічних працівників державних ЗВО, не може бути меншим 2 відсотків фонду заробітної плати цих працівників [2, Ст. 78. п. 8]. Фінансування витрат, пов'язаних із науковим стажуванням, може здійснюватися за рахунок коштів наукової установи (закладу вищої освіти), що направляє особу на наукове стажування, коштів, передбачених у Державному бюджеті України за відповідною бюджетною програмою, грантів, коштів сторони, що приймає, та інших джерел, не заборонених законодавством [3, Ст. 34 п. 4, 5, 6, 8].

Контент-аналіз законодавчих актів і нормативно-правових документів у галузі освіти засвідчує, що вони визначають порядок професійного розвитку науково-педагогічних працівників, орієнтуючись на такі найбільш загальні його етапи, як: планування, реалізація та затвердження результатів з наступним урахуванням їх при проходженні за конкурсом з метою встановлення відповідності науково-педагогічного працівника займаній посаді [2; 4].

### ***Умови професійного розвитку науково-педагогічних працівників***

Умови професійного розвитку науково-педагогічних працівників закладів вищої та післядипломної освіти під час підвищення кваліфікації стосуються:

1) системи освіти, в якій відбувається професійний розвиток науково-педагогічних працівників: формальна; неформальна; інформальна освіта [2, Ст. 27 п. 3];

2) форми, в якій він відбувається: без відриву від виробництва / з відривом від виробництва; інституційна (очна (денна, вечірня), заочна, очно-заочна, очно-дистанційна, дистанційна, мережева); дуальна; на робочому місці, на виробництві або поєднання різних форм [7, с. 7];

3) періодичності і тривалості підвищення кваліфікації та стажування – не рідше одного разу на п'ять років із збереженням середньої заробітної плати. При цьому термін стажування не може перевищувати двох років [3, Ст. 34 п. 4, 5, 6, 8];

4) місця проведення підвищення кваліфікації та стажування: вітчизняні та зарубіжні ЗВО, наукові установи або заклад освіти, в якому працюють науково-педагогічні працівники [8, п. 22];

5) обсягу підвищення кваліфікації: він не може бути меншим ніж шість кредитів ЄКТС [2, Ст. 27 п. 3; 8, п. 23]. Підвищення кваліфікації для науково-педагогічних працівників може проходити за накопичувальною системою, що передбачає можливість урахувати обсяги підвищення кваліфікації чи інших видів професійного удосконалення, які визнаються як підвищення кваліфікації і які здійснювалися науково-педагогічним працівником будь-коли впродовж міжтестатійного періоду. Обсяги обов'язкового підвищення кваліфікації науково-педагогічних працівників ЗВО, вперше призначених на посади, визначаються вченою радою ЗВО [7, с. 5];

5) вільного вибору освітніх програм, форм навчання, закладів освіти, установ і організацій, інших суб'єктів освітньої діяльності, що здійснюють підвищення кваліфікації, стажування та перепідготовку науково-педагогічних працівників [2, Ст. 54 п. 1];

б) гарантій науково-педагогічним працівникам, зокрема,

- збереження місця роботи (посади) та середньої заробітної плати на час підвищення кваліфікації з відривом від освітнього процесу (в обов'язку, визначеному законодавством) та зарахування періоду наукового стажування до наукового стажу науково-педагогічного працівника [3, Ст. 34 п. 4, 5, 6, 8];

- користування бібліотекою, навчальною, науковою, виробничою, культурною, спортивною, побутовою, оздоровчою інфраструктурою закладу освіти та послугами його структурних підрозділів у порядку, встановленому закладом освіти відповідно до спеціальних законів; доступ до інформаційних ресурсів і комунікацій, що використовуються в освітньому процесі та науковій діяльності [2, Ст. 54 п. 1].

### ***Порядок визнання результатів підвищення кваліфікації науково-педагогічних працівників***

Порядок визнання результатів підвищення кваліфікації педагогічних і науково-педагогічних працівників затверджується Кабінетом Міністрів України [2, Ст. 59. п. 6] і забезпечує реалізацію права науково-педагогічних працівників на справедливе та об'єктивне оцінювання їхньої професійної діяльності [2, Ст. 54 п. 1]. Так, результати підвищення кваліфікації у закладах **формальної освіти** (заклади освіти, що мають ліцензію на підвищення кваліфікації або провадять освітню діяльність за акредитованою освітньою програмою) не потребують окремого визнання і підтвердження [2, Ст. 59. п.2].

Результати підвищення кваліфікації у системі **неформальної освіти** (інші суб'єкти освітньої діяльності, фізичні та юридичні особи за вибором науково-педагогічного працівника) визнаються окремим рішенням вченої ради ЗВО [2, Ст. 59. п.2]. При цьому рада сама встановлює умови і порядок визнання результатів підвищення кваліфікації у таких суб'єктів [7, с. 8].

Результати підвищення кваліфікації науково-педагогічних працівників шляхом **інформальної освіти** (самоосвітня діяльність) також визнаються рішенням вченої ради ЗВО за окремою процедурою [7, с. 8].

Згідно з п. 4 Ст. 59 ЗУ «Про освіту» «Підвищення кваліфікації є необхідною умовою атестації педагогічного працівника та враховується під час обрання за конкурсом на посаду науково-педагогічного працівника» [2, Ст. 59. п. 4].

Інституційне забезпечення професійного розвитку науково-педагогічних працівників регламентується ЗУ «Про освіту» [2], Методичними рекомендаціями для професійного розвитку науково-педагогічних працівників [7, с. 14], Порядком підвищення кваліфікації педагогічних і науково-педагогічних працівників [8] і орієнтується на 2 основні форми професійного розвитку, які реалізують головні напрями професійної діяльності науково-педагогічних працівників (освітній і науковий), а саме: **підвищення кваліфікації і наукове стажування** [7, с. 14].

### ***Підвищення кваліфікації науково-педагогічних працівників***

Згідно з «Методичними рекомендаціями для професійного розвитку науково-педагогічних працівників» вчені ради закладів вищої та післядипломної освіти самостійно визначають організаційні питання планування та проведення підвищення кваліфікації науково-педагогічних працівників, які працюють за основним місцем роботи [7, с. 8], але, як правило, підвищення кваліфікації науково-педагогічних працівників передбачає на інституційному рівні:

- планування та узгодження графіку відповідних заходів на рівні базового структурного підрозділу (кафедри, факультету, інституту, ЗВО) [7, с. 4];

- вивчення їх пропозицій щодо видів, форм і суб'єктів забезпечення підвищення професійного рівня науково-педагогічного працівника [2, Ст. 59. п. 3], орієнтовних строків і програми підвищення кваліфікації, в якій зазначено обсяг годин, види, форми підвищення кваліфікації, іншу інформацію, визначену закладом освіти [2, Ст. 59. п. 3; 7, с. 7];

- складання проєкту річного плану підвищення кваліфікації науково-педагогічного працівника та узгодження його з відповідними структурними підрозділами, затвердження цього документу на засіданні вченої ради закладу вищої освіти з наступним оприлюдненням його на офіційному веб-сайті ЗВО [2, Ст. 59. п. 3; 7, с. 7]. На підставі затвердженого плану здійснюється виділення бюджетних коштів на підвищення кваліфікації науково-педагогічного працівника, а також використання для цього коштів спеціального фонду ЗВО та інших джерел, не заборонених законодавством;

- обрання науково-педагогічним працівником чи вченою радою суб'єкта підвищення кваліфікації на основі критеріїв відкритості й достовірності інформації про

його діяльність з підвищення кваліфікації, наявності відповідних програм та якості надання освітніх послуг [7, с. 6] або розроблення і затвердження на засіданні вченої ради програми підвищення кваліфікації науково-педагогічного працівника у своєму ЗВО (за виключенням структурного підрозділу, в якому він працює, тобто безпосереднього місця роботи) [7, с. 6-7];

- проходження підвищення кваліфікації з урахуванням зазначених вище умов;

- подання науково-педагогічним працівником протягом одного місяця після завершення підвищення кваліфікації до вченої ради ЗВО клопотання про визнання результатів підвищення кваліфікації, документу про проходження підвищення кваліфікації та відповідного звіту. Факт підвищення кваліфікації науково-педагогічним працівником підтверджується також актом про надання послуги з підвищення кваліфікації, який складається в установленому законодавством порядку, підписується керівником закладу освіти або уповноваженою ним особою та суб'єктом підвищення кваліфікації. Такий акт є підставою для оплати послуг суб'єкта підвищення кваліфікації згідно з укладеною угодою щодо підвищення кваліфікації [7, с. 7; 8, п. 36].

При підвищенні кваліфікації науково-педагогічного працівника шляхом інформальної освіти результати підвищення кваліфікації подаються до вченої ради у вигляді звіту за формою, визначеною ЗВО, або творчої роботи, персонального розроблення електронного освітнього ресурсу тощо, які оприлюднюються на веб-сайті закладу вищої освіти та/або в електронному портфоліо науково-педагогічного працівника [7, с. 8];

- розгляд протягом місяця з дня подачі клопотання чи результатів самоосвітньої діяльності науково-педагогічного працівника та затвердження на засіданні вченої ради ЗВО результатів підвищення кваліфікації науково-педагогічного працівника. Для визнання цих результатів вчена рада заслуховує звіт науково-педагогічного працівника щодо якості виконання програми підвищення кваліфікації, результатів підвищення кваліфікації, дотримання суб'єктом підвищення кваліфікації умов договору. На цій основі вчена рада приймає рішення про визнання чи невизнання результатів підвищення кваліфікації. У разі невизнання результатів підвищення кваліфікації вчена рада може надати рекомендації науково-педагогічному працівнику щодо повторного підвищення кваліфікації в інших суб'єктів та/або прийняти рішення щодо неможливості подальшого включення такого суб'єкта підвищення кваліфікації до плану підвищення кваліфікації ЗВО до вжиття ним дієвих заходів з підвищення якості надання освітніх послуг [2, Ст. 59. п. 3; 7, с. 10];

- видання документу про підвищення кваліфікації науково-педагогічним працівникам, які проходили його за основним місцем роботи у цьому ж ЗВО; визнання результатів підвищення кваліфікації науково-педагогічних працівників, здобутих на базі інших суб'єктів підвищення кваліфікації та урахування їх під час обрання науково-педагогічних працівників на посади за конкурсом чи укладання з ними трудового договору [1, Ст. 60. п. 5 пп. 2; 2, Ст. 59. п. 4].

### **Стажування науково-педагогічних працівників**

Стажування науково-педагогічних працівників ЗВО визначається у Методичних рекомендаціях МОН України як основний складник їхнього професійного розвитку [7, с. 14]. Воно може здійснюватися в закладі освіти за місцем роботи працівника, іншому закладі освіти або науковій установі. Керівником такого стажування призначається науково-педагогічний чи науковий працівник, який працює у суб'єкта підвищення кваліфікації за основним місцем роботи, має науковий ступінь та/або вчене звання і не менше десяти років досвіду роботи на посадах науково-педагогічних чи наукових працівників.

Стажування педагогічних і науково-педагогічних працівників у інших суб'єктах підвищення кваліфікації здійснюється під керівництвом працівника, який має відповідний досвід роботи та кваліфікацію (далі – керівник стажування). Оплата праці керівника

стажування в інших суб'єктів підвищення кваліфікації визначається такими суб'єктами підвищення кваліфікації самостійно або на підставі укладених договорів про стажування педагогічних та/або науково-педагогічних працівників. Один день стажування оцінюється у 6 годин або 0,2 кредиту ЄКТС [8, п. 11 абз. 7, 8, 9].

Інституційне забезпечення **наукового стажування** науково-педагогічних працівників передбачає:

- розгляд вченою радою закладу вищої освіти подання щодо направлення його на наукове стажування на запрошення вітчизняного / зарубіжного ЗВО чи наукової установи [3, Ст. 34 п. 1];

- прийняття вченою радою рішення щодо направлення науково-педагогічного працівника на наукове стажування за його ініціативою або за ініціативою ЗВО, де він працює [3, Ст. 34 п. 2];

- при прийнятті на стажування науково-педагогічного працівника з іншого ЗВО вченою радою призначається керівник стажування з числа науково-педагогічних чи педагогічних працівників, які працюють у суб'єкта підвищення кваліфікації за основним місцем роботи, мають науковий ступінь та/або вчене звання, не менше 10 років досвіду роботи на посадах науково-педагогічних чи наукових працівників та відповідний досвід роботи і кваліфікацію. Оплата праці керівника стажування в інших суб'єктів підвищення кваліфікації визначається цими суб'єктами самостійно або на підставі укладених договорів [7, с. 10-11];

- укладання договору між керівником закладу освіти, науково-педагогічний працівник якого направляється на стажування, та суб'єктом надання освітніх послуг в Україні чи за кордоном про прийняття науково-педагогічного працівника на наукове стажування із обов'язковим зазначенням джерела фінансування. За пропозицією однієї із сторін договору, до нього можуть вноситися зміни (уточнення) шляхом укладання відповідної додаткової угоди (дodatка до угоди) [8, п. 11 4 абз.];

- розроблення і затвердження суб'єктом надання освітніх послуг індивідуальної програми стажування, в якій відображається інформація щодо обсягу програми, очікуваних результатів навчання, іншої інформації, що стосується проходження стажування науково-педагогічним працівником. Ця програма є додатком до укладеного договору;

- реалізація програми стажування зі збереженням за науково-педагогічним працівником основного місця роботи під час наукового стажування [3, Ст. 34 п. 7];

- подання науково-педагогічним працівником керівникові ЗВО чи наукової установи, що направив їх на наукове стажування, письмового звіту про результати стажування та виконання завдання протягом місяця після завершення наукового стажування [3, Ст. 34 п. 9];

- затвердження звіту вченою радою закладу вищої освіти або вченою (науковою, науково-технічною, технічною) радою наукової установи і прийняття рішення про прирівнювання наукового стажування до підвищення кваліфікації [3, Ст. 34 п. 9].

Окрім наукового стажування рішенням вченої ради можуть бути визнані як підвищення кваліфікації такі **окремі види професійного удосконалення** науково-педагогічних працівників, як участь у програмах академічної мобільності, самоосвіта, здобуття наукового ступеня, вищої освіти [7, с. 4]. Процедура їх зарахування, затвердження результатів та визначення обсягу підвищення кваліфікації також затверджується вченою радою ЗВО. МОН України рекомендує визнавати як підвищення кваліфікації 1 кредит ЄКТС на рік для програми академічної мобільності та інформальної освіти, а для наукового стажування зараховувати 1 кредит ЄКТС на тиждень [7, с. 10-11].

Аналіз законодавчих актів і нормативно-правових документів, що регламентують професійний розвиток науково-педагогічних працівників в Україні, дозволяє виявити їх сильні й слабкі сторони.

Так, безперечним позитивом українського освітнього законодавства є те, що воно унормовує й чітко прописує на загальнодержавному та інституційному рівнях порядок,

умови, суб'єктів і механізми реалізації професійного розвитку науково-педагогічних працівників, визначаючи єдині критерії й алгоритми необхідних дій щодо планування, проведення, моніторингу й оцінки якості цього процесу. Утім, слабкою стороною цих нормативно-правових і законодавчих освітніх документів є неточний поняттєво-категоріальний апарат, що стосується професійного розвитку науково-педагогічних працівників у системі освіти дорослих.

**Висновки.** Отже, у нормативно-правовому полі української вищої освіти створено вихідні умови для забезпечення професійного розвитку науково-педагогічних працівників: визначено сутність цього розвитку, викладено нормативно-правові підстави, умови, порядок, процедуру та основні форми його здійснення на загальнодержавному рівні. Залишається лише імплементувати ці нормативні засади на інституційному рівні з урахуванням актуального стану розвитку закладу вищої освіти та прийнятої ним інституційної стратегії розвитку.

На законодавчому рівні розроблено достатньо чітку, логічну, зрозумілу і реалістичну нормативно-правову базу для підвищення кваліфікації, наукового стажування та самоосвіти науково-педагогічних працівників, а також визнання результатів формальної, неформальної та інформальної освіти.

Упровадження цих нормативно-правових засад у системи професійного розвитку науково-педагогічних працівників у закладах вищої освіти України сприятиме підвищенню якості науково-педагогічної та методичної діяльності цих закладів та удосконаленню освітньої діяльності ЗВО і вищої освіти України в цілому.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про вищу освіту» від 1 липня 2014 р. № 1556-VII. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1556-18>
2. Закон України «Про освіту» від 5 вересня 2017 р. № 2145-VIII. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2145-19>
3. Закон України «Про наукову і науково-технічну діяльність» від 26 листопада 2015 р. № 848-VIII. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19>
4. Закон України «Про професійний розвиток працівників» від 12 січня 2012 р. № 4312-VI. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/4312-17>
5. Інститут вищої освіти НАПН України. Сайт Інституту вищої освіти НАПН України. Наука. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://ihed.org.ua/science/>. Дата звернення: Листоп. 11, 2021.
6. Луговий В. Вища освіта України: проблеми якості. Освіта і суспільство. 2020. № 10. С. 9-10.
7. Методичні рекомендації для професійного розвитку науково-педагогічних працівників, затверджені Наказом МОН України від 04.12. 2020 р. № 1504. Режим доступу: [http://puet.edu.ua/sites/default/files/1\\_9-611.pdf](http://puet.edu.ua/sites/default/files/1_9-611.pdf)
8. Порядок підвищення кваліфікації педагогічних і науково-педагогічних працівників, затверджений Постановою КМУ від 21. 2019 р. № 800. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/800-2019-%D0%BF#Text>
9. Теоретичні основи розвитку науково-педагогічного потенціалу університетів України у контексті розширення інституційної автономії : препринт (аналітичні матеріали) (I частина) / авт. кол.: О. Жабенко, В. Муромець, І. Регейло, Ю. Скиба, Г. Чорнойван, О. Ярошенко ; за ред. Ю. Скиби. Київ : ІВО НАПН України, 2020. – 113 с.
10. Теоретичні основи і технологія професійного розвитку науково-педагогічних працівників університетів в умовах інтеграції вищої освіти і науки: монографія / О.Г. Ярошенко, О.В. Жабенко, Ю.А. Скиба, Н.О. Дівінська, І.Ю. Регейло, Г.П.Чорнойван; за ред. О.Г. Ярошенко. – Київ : Прінтеко, 2020.– 439 с.
11. Теоретичні основи і технологія професійного розвитку науково-педагогічних працівників університетів в умовах інтеграції вищої освіти і науки : препринт (аналітичні

матеріали); у 2-х частинах / Авторський колектив: Н. Дівінська, Н. Дяченко, О. Жабенко, І. Регейло, Ю. Скиба, Г. Чорнойван, О. Ярошенко ; за ред. О. Ярошенко. – К. : Інститут вищої освіти НАПН України, 2018. – Ч. 2. – 105 с.

12. Теоретичні основи і технологія професійного розвитку науково-педагогічних працівників університетів в умовах інтеграції вищої освіти і науки: методичні рекомендації / Авторський колектив Н. Дівінська, Н. Дяченко, О. Жабенко, І. Регейло, Ю. Скиба, Г. Чорнойван, О. Ярошенко; за ред. О. Ярошенко. – К. Інститут вищої освіти НАПН України, 2018. – 72 с.

## REFERENCES

1. Zakon Ukrainy «Pro vyschu osvitu» vid 01.07. 2014 № 1556-VII. Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1556-18>
2. Zakon Ukrainy «Pro osvitu» vid 05.09. 2017. № 2145-VIII. Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2145-19>
3. Zakon Ukrainy «Pro naukovu i naukovo-technichnu diyalnist» vid 26.11. 2015. № № 848-VIII. Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19>
4. Zakon Ukrainy «Pro profesiyniy rozvytok pracivnikiv» vid 12.01. 2012. № 4312-VI. Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/go/4312-17>
5. Institute of Higher Education of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine. Website of the Institute of Higher Education of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine. Science. [Online]. Available: <https://ihed.org.ua/science/>. Accessed on: November 11, 2021.
6. Lugoviy V. Vyscha osvita Ukrainy: problem yakosti. Osvita i Suspilstvo. 2020. № 10. S. 9-10.
7. Methodychnyy rekomendacii dlya profesiynogo rozvytku naukovo-pedagogichnyh pracivnykiv, zatverdzhenyi Nakazom MON Ukrainy vid 04.12. 2020 p. № 1504. Rezhym dostupu: [http://puet.edu.ua/sites/default/files/1\\_9-611.pdf](http://puet.edu.ua/sites/default/files/1_9-611.pdf)
8. Poryadok pidvyschennya kvalyficacii pedagogichnyh i naukovo- pedagogichnyh pracivnykiv, zatverdzhenyi Postanovoyu KМУ vid 21. 2019 p. № 800. Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/800-2019-%D0%BF#Text>
9. Theoretychny osnovy rozvytku naukovo-pedagogichnogo potencialu universitetiv Ukrainy u konteksty rozshyrennya instytyciynoy avtonomiy: preprint (analytychny matherialy) (I chastyna) / avt. kol.: O. Zhabenko, V. Muromets, I. Regeylo, Y. Skyba, G. Chornoyvan, O. Yaroshenko; za red. Y. Skyby. Kiyv: IVO NAPN Ukrainy, 2020. – 113 s.
10. Theoretychny osnovy i technologia profesiynogo rozvytku naukovo-pedagogichnyh pracivnykiv universitetiv v umovah intrgacii vyschoy osvity I nauky: monografia / avt. kol.: O. Yaroshenko, O. Zhabenko, Y. Skyba, N. Divinska, I. Regeylo, G. Chornoyvan,; za red. O. Yaroshenko. Kiyv: IVO NAPN Ukrainy, 2020. – 439 s.
11. Theoretychny osnovy i technologia profesiynogo rozvytku naukovo-pedagogichnyh pracivnykiv universitetiv v umovah intrgacii vyschoy osvity i nauky: preprint (analytychny matherialy) ; u 2-h chastynah / avt. kol.: N. Divinska, N. Dyachenko, O. Zhabenko, I. Regeylo, Y. Skyba, G. Chornoyvan, O. Yaroshenko; za red. O. Yaroshenko. Kiyv: IVO NAPN Ukrainy, 2018. – Ch. 2. – 105 s.
12. Theoretychny osnovy i technologia profesiynogo rozvytku naukovo-pedagogichnyh pracivnykiv universitetiv v umovah intrgacii vyschoy osvity i nauky: methodychniy rekomendaciy / avt. kol.: N. Divinska, N. Dyachenko, O. Zhabenko, I. Regeylo, Y. Skyba, G. Chornoyvan, O. Yaroshenko; za red. O. Yaroshenko. Kiyv: IVO NAPN Ukrainy, 2018. – 72 s.

**Otych O.**

## **THE MAIN FORMS OF PROFESSIONAL DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL WORKERS IN UKRAINE**

*The article analyzes the legal framework and the procedure for training and scientific / scientific-pedagogical internships in higher education institutions of Ukraine as legally established forms of professional development of scientific and pedagogical workers. The essence of professional development of scientific and pedagogical workers as a continuous process of acquiring new and improving previously acquired professional and general competencies necessary for professional activity, which provides continuous self-education and other types and forms of professional growth and can be carried out through formal, non-formal and informal education, internships, carrying out professional activities, etc.*

*The requirements to the professional development of scientific and pedagogical workers and guarantees for their implementation are revealed. The order of professional development of scientific and pedagogical workers is stated, including the order of payment of advanced training, conditions of its realization and the order of recognition of results of advanced training and internship (scientific, scientific and pedagogical). The conditions of professional development of scientific and pedagogical workers of institutions of higher and postgraduate education during advanced training and internship are revealed.*

*Particular attention is paid to the description of the planning procedure, professional development of research and teaching staff in formal, non-formal and informal education and recognition of its results at the institutional level.*

*Institutional support and the order of scientific and scientific-pedagogical internship and recognition of its results are characterized. Provisions on the procedure for recognizing certain types of professional development of scientific and pedagogical workers as advanced training are set out.*

*The strengths and weaknesses of the Ukrainian educational legislation concerning the professional development of scientific and pedagogical workers are revealed.*

*It is concluded that the implementation of legal framework for professional development of scientific and pedagogical workers in higher education institutions of Ukraine will improve the quality of scientific and pedagogical and methodological activities in these institutions and improve the educational activities of higher education and higher education in Ukraine as a whole.*

**Keywords:** *professional development, scientific and pedagogical workers, advanced training, internship (scientific, scientific and pedagogical), self-education, subjects, conditions, order, procedure, results of professional development, formal, non-formal, informal education.*

Сокол А.О.

## ВПЛИВ ТРИВАЛОСТІ РЕЙСУ НА ПСИХОЕМОЦІЙНИЙ СТАН ЧЛЕНІВ ЕКІПАЖУ СУДНА

*Головна ідея статті полягає у необхідності звернути увагу на складну професію моряка, яка стає в рази складнішою під впливом зовнішніх чинників, які впливають на психоемоційний стан фахівця. Данна проблема лишається актуальною у зв'язку з постійними змінами у морській транспортній галузі. З одного боку моряк повинен працювати задля забезпечення родини і довший час перебування в рейсі – краще для матеріального статку родини. З іншого боку, довший час перебування у рейсі дається взнаки на психоемоційному стані і здоров'ї моряка. Останній час здоров'ю моряка, як психологічному так і фізичному приділяють велику увагу. Психологічні проблеми пов'язані з морською галуззю розглядаються як роботодавцем так і крютинговими компаніями, які направляють свої дії у бік покращення життя та діяльності моряка на судні: спортивні зали, стан кают, відповідне харчування. Покращення побуту на судні наближує перебування на ньому до домашніх умов і, тим самим, віддаляє порушення психоемоційного стану та погіршення здоров'я моряка.*

**Ключові слова:** психоемоційний стан, перевтома, стрес, час рейсу, людський фактор, саморегуляція.

**Постановка проблеми.** Моряк – професія, яка вимагає високої сконцентрованості, відповідальності, уважності, психологічної стійкості та фізичної витривалості. Робота моряка – це високий рівень відповідальності з метою забезпечити безпеку всієї команди, судна і вантажу. Однією з важливих професійних якостей моряка це можливість швидкого реагування під час виникнення надзвичайних ситуацій, здатність не втратити здоровий глузд, стресостійкість, чітке виконання дії по тривозі, відповідно до Міжнародної конвенції та Кодексу з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (Розділ А-VI/1-1, АVI/1-2, АVI/1-3, АVI/1-4 Міжнародної конвенції ПДНВ-78/95/10) [1] спираючись на IMO Model Course 1.19 «Personal Survival Techniques» [2], IMO Model Course 1.20 «Fire Prevention and Fire Fighting» [3], IMO Model Course 1.13 «Elementary First Aid» [4], IMO Model Course 1.21 «Personal Safety and Social Responsibilities» [5].

Для забезпечення якісної роботи, необхідно враховувати соціально-психологічний стан моряка на який впливають: замкнутий простір, довгі переходи, невелике й обмежене коло людей, качка, одноманітна картина навколишнього середовища, а також, до цього треба додати ще такий фактор, як тривалість знаходження моряка у рейсі.

На теперішній час тривалість більшості контрактів моряків становить чотири плюс мінус два місяці, але, у зв'язку з усілякими непередбаченими ситуаціями(не можливість замінити, не заходження у необхідні порти, пандемія COVID-19, спричиненою коронавірусом SARS-CoV-2 і таке інше) рейс може тривати необмежений проміжок часу (до тринадцяти місяців у відповідності до Конвенції 2006 року про працю у морському судноплаванні з поправками [6]). Аналіз контрактів моряків щодо часу перебування на судні показує, що судовласник майже ніколи не виконують частину контракту щодо зменшення тривалості рейсу, а, навпаки, намагається зробити так, щоб моряк якомога довше залишався на судні. І той факт, що моряк достовірно не знає скільки він буде

перебувати у рейсі також негативно впливає на його психологічний стан. Аналіз психологічного стану моряка, щодо тривалості рейсу показав, що контракти тривалістю шість місяців можна поділити на три періоди: перші два місяці моряк старанно виконує свої обов'язки, наступні два місяці – просто працює, останні два місяці – чекає на заміну. У результаті виконання повсякденних обов'язків через 2-3 місяці в моряка настає втома, тобто тимчасове зниження працездатності та погіршення функціонального стану організму. Боротьба з втомою – відпочинок. Регулярне заняття спортом, хобі збільшують час до настання втоми. Організму моряка потрібне відновлення, короткотривалий відпочинок, зміна виду праці – рибалка, звільнення у місто, зміна обстановки тощо. Якщо відпочинок між навантаженнями не дозволяє повністю завершити процес відновлення, втома може накопичуватися та перейти у патологічний стан – перевтома. Перевтома призводить до неякісного виконання службових обов'язків.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Аналіз літератури показує, що проблема психологічного стану моряків розглянута не повністю і потребує більш детального вивчення. Серед робіт, які перетинаються з метою даної статті, можна виділити наступні.

У роботі Г.С. Криворотько [7] зазначено, що у моряків, особливо у тих які знаходяться у тривалих плаваннях, простежуються зміни показників, які характеризують силу процесів збудження і гальмування, їх рухомість, точність реагування на подразники, величину порогових сприймань, а також пам'яті, уваги і мислення. В умовах плавання відбуваються різнобічні зміни функцій організму, які є інтегральною характеристикою впливу на умови життєдіяльності моряків, інтенсивності професійної діяльності та її специфічних особливостей.

О.А. Істоміна [8] звертає увагу на те, що на людський фактор членів екіпажу впливає не тільки довжина рейсу, а також і кількість портів, різноманітність морів, величина пережитих штормів, кількість людей на борту.

У статті О.П. Безлуцька [9] зазначає, що незадоволення, втома, стрес, агресія значно впливають на поведінку екіпажу на судні під час виконання професійної діяльності, яка з часом переходить в стан монотонної.

Poulsen, T.R. [6] описано дослідження моряків протягом чотирьох місяців під час перебування в морі. Результати проекту MARTHA показали, що випадки втоми та стресу екіпажу збільшуються зі збільшенням тривалості рейсу, а мотивація зменшується.

У статті «183 дні самотності», що опублікована у журналі The Maritime Telegraph Морська Правда за 2017 рік [10] наводяться результати соціологічного дослідження, які показують що однією з небезпечних професій є професія моряка. Наявна статистика самогубств серед моряків вимагає від фахівців галузі запровадження кардинально нових стратегій, оскільки режим роботи, віддаленість від близьких, ізоляція, ризик отримання травм піддають моряків такій напрузі, що іноді людська психіка не може впоратися з цим самотійно.

У медичному посібнику для моряків, під редакцією професора А.І. Гоженко [11], описується психологічна саморегуляція, як управління психологічним станом у рейсі, та зменшує розвиток ризику стресу для моряків.

Мета статті проаналізувати взаємозв'язок тривалості рейсу та психологічного стану і здоров'я моряків, з'ясувати ймовірність настання надзвичайних ситуацій у залежності від тривалості рейсу; запропонувати рекомендації щодо поведінки під час довгих рейсів.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Професійна діяльність моряків вимагає повсякчас бути готовими до рятування і виживання на морі, успішність чого безпосередньо пов'язано з людським фактором. Складовими людського фактору моряка є:

- професіоналізм і компетентність;

- фізичні якості;
- психологічні якості.

Показники людського фактору наведено у схемі 1.

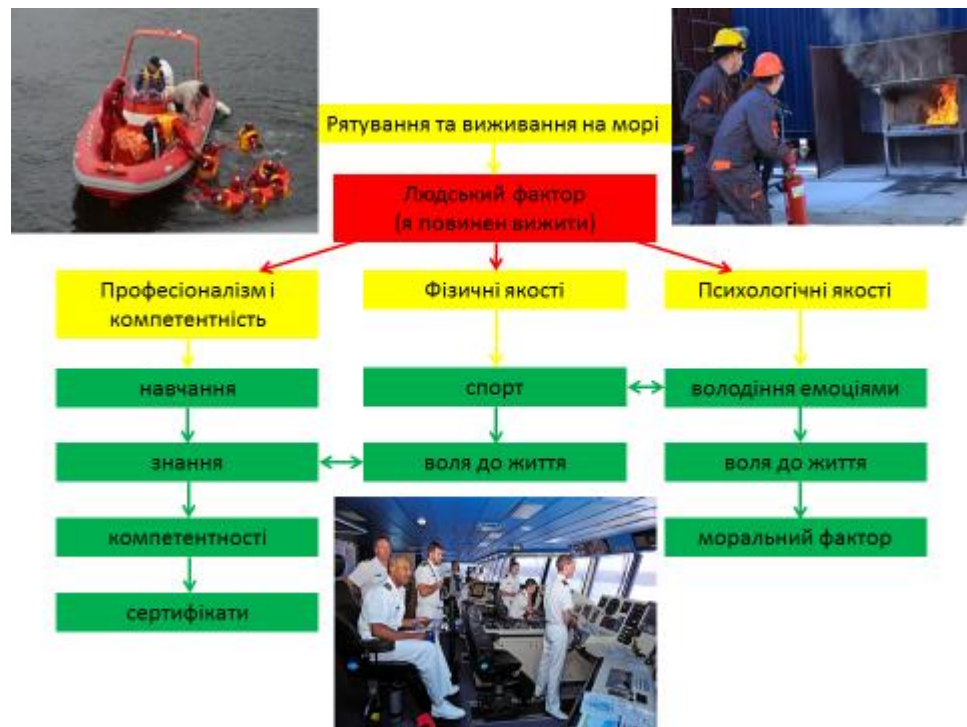


Схема 1. Показники людського фактору

Психологічні якості особистості тісно пов'язані з професіональними якостями фахівців транспортної галузі. Протягом тривалих рейсів у моряків може почати погіршуватися самопочуття, психічний і фізичний стан здоров'я, в наслідок чого у моряк може увійти у депресивний стан.

Під час спілкування з моряками, які перебувають у довгих рейсах, було з'ясовано, що чим довше моряк перебуває в рейсі, тим більше йде навантаження на організм і тим сильніше буде відчуватися негативне ставлення до членів екіпажу. Який же час проведений у рейсі є компромісом між якісним виконанням роботи та станом здоров'я моряка? Це дуже складне питання, відповідь на яке залежить від типу особистості моряка.

Аналіз аварій та інцидентів на морі, що сталися за останні 30 років, змусив міжнародне морське співтовариство поступово відійти від одностороннього підходу, сфокусованого на технічних вимогах до конструкції та обладнання судна, та звернути увагу на той підхід, який намагається визнавати роль людського фактору у безпеці на морі, і все частіше звертається щодо нього у межах всієї морської галузі. Цей аналіз загального характеру виявив, що майже у всіх аваріях та інцидентах на морі, за умови участі людини у всіх аспектах діяльності (проекування, виготовлення, управління, експлуатацію, технічне обслуговування, ремонт) присутній людський фактор. Число аварійних випадків, пов'язаних із людським фактором, знаходиться у межах 70-80% [12]. Виходячи з цього Міжнародна морська організація у Міжнародному кодексі з розслідування нещасних випадків (Резолюція А.884(21)), Поправки к Кодексу по расследованию морских аварий и инцидентов (Резолюция А.849(20)) [13] приділяє увагу розслідуванню нещасних випадків пов'язаних з людським фактором, який пов'язаний з великими фізичними та соціально-психологічними навантаженнями на моряка.

Головним є соціально-психологічне навантаження, яке є наслідком довготривалого відриву від сім'ї, друзів та інших соціальних структур. Ці контакти є важливим ресурсом

для зменшення та компенсації стресу, пов'язаного з тяжкою фізичною працею моряка. Можливості зв'язку з соціумом, які обмежені перебуванням на борту судна й обмежені в часі не можуть належним чином задовольнити комунікаційні потреби багатьох моряків. У зв'язку з тим, що сьогодні екіпажі суден полікультурні, мовні труднощі часто створюють додаткові бар'єри спілкування на борту, що може призвести до ізоляції та самотності членів екіпажу. Також варто враховувати вплив фактів макро- і мікросередовища, які також мають вплив на самопочутті моряка. До факторів мікросередовища необхідно відносити освітлення приміщення, шуми, електромагнітні випромінювання, забрудненість повітря – все це залежить від типу судна і рівня його експлуатації, а також санітарно-гігієнічних норм[8].

До макрофакторів, що впливають на стан людини відносять: перепади температур, качку, тайфуни, нерівномірний розподіл обов'язків, зміна часових поясів[8]. Через обмежений простір і втрати соціальних ролей та соціальних зв'язків у моряка може виникати туга, депресія і як наслідок низька продуктивність праці. Соціальна ізоляція сильно впливає на психоемоційний стан членів екіпажу. З одного боку, через обмеженість простору і постійне спілкування з обмеженим колом осіб, у моряків може виникати відчуття насильницького спілкування і, як наслідок, навмисне відсторонення від інших членів екіпажу з бажанням побути ізольованим і мати особистий простір.

Екіпаж часто ділиться на маленькі мікрогрупи від 2 до 10 осіб в кожній. Ділення відбувається по професійним або особистісним інтересам. Моряк, який не потрапив в таку мікрогрупу стає самітником, така ситуація може тиснути морально на нього, спонукаючи, закритися психологічно від інших колег, що викликає велику кількість проблем у взаємодії між членами екіпажу. Як результат зростає тривожність, природу якої описано у роботі [8].

Одночасно, на малих суднах, що використовуються поблизу берега та з високою частотою портів, на борту виникає додаткове навантаження через нерегулярний, часто подовжений робочий час. На сьогоднішній день скорочується численність екіпажу, що призводить до збільшення навантаження на моряка, скорочується можливість виходу моряка у портах.

Більшість моряків (61%) вважають, що вони більше втомлюються в кінці рейсу, ніж на початку, незалежно від фактичної тривалості рейсу і рангу діяльності моряка [6]. Цікавим є факт, рівень втоми під час тривалого рейсу залежить від рангу моряка, а саме: старші офіцери мають рівень втоми вищий наприкінці робочого циклу, ніж на початку у 94,12%, вахтова група у 58,33%, робоча група у 33,33%. При цьому майже половина моряків (48,60%) відчували вищий рівень стресу наприкінці свого рейсу [6].

Професійна діяльність за досить короткий термін (протягом рейсу, що триває до шести місяців) на статистично значущому рівні сприяє збільшенню агресії у поведінці, збільшує незалежність від групи та групових норм та цінностей, що сприяє маргіналізації у поведінці. Істотно збільшується рівень тривоги та стресової напруги[14].

Довгі рейси (понад шість місяців) можуть призвести до підвищеної сонливості, втрати якості сну та зниження мотивації [6]. Що, в свою чергу, приведе до погіршення як фізичного так і психологічного здоров'я фахівця, негативних наслідків під час виконання роботи та аварій на борту судна.

Чим довше моряк перебуває в рейсі, тим швидше знижується продуктивність виконання робіт, погіршується стан фізичного здоров'я та психоемоційної витривалості.

Надмірний стрес, втома, самотність, недостатня фізична активність, монотонність тощо стають наслідком захворювань моряків. До професійних захворювань моряків, які є результатом таких наслідків, належать: серцево-судинні захворювання, розлади м'язової і скелетної структури тіла, захворювання, що передаються статевим шляхом, гіпертонія[15].

Турбота про власне фізичне та психологічне благополуччя є професійним обов'язком та професійною придатністю моряка[11]. З метою покращення психологічного здоров'я моряка пропонуємо прийоми саморегуляції. Є вправи саморегуляції, які можна виконувати самостійно, після попередньої самопідготовки: дихальні вправи; фізичні вправи, рефлексотерапія та фізіотерапія [11].

Дані прийоми будуть ефективними лише за умови регулярних тренувань і якщо вони стануть такими ж природними та необхідними як щоденні гігієнічні процедури[11]. Чим частіше ми «проробляємо» конкретні психологічні моменти, тим менший ризик виникнення стресу.

Висновки: проаналізувавши вплив тривалості рейсу на психологічний стан і здоров'я моряків дійшли висновку, що тривалість рейсу безпосередньо пов'язана з наслідками впливу на психологічне і фізичне здоров'я моряків, виявили існуючу закономірність між довжиною рейсу та рангом працюючого на судні моряка.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Международная Конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года // Режим доступа: [ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/MU78K01U.html](http://ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/MU78K01U.html).

2. IMO Model Course 1.19 «Personal Survival Techniques». International Maritime Organization (IMO), 2019.

3. IMO Model Course 1.20 «Fire Prevention and Fire Fighting». International Maritime Organization (IMO), 2000.

4. IMO Model Course 1.13 «Elementary First Aid». International Maritime Organization (IMO), 2000.

5. IMO Model Course 1.21 «Personal Safety and Social Responsibilities». International Maritime Organization (IMO), 2016.

6. Poulsen, T.R. «Здоров'я датських моряків і рибалок 1970-2010: що знайшли дослідження на основі реєстрів?» *Scandinavian Journal of Public Health* DOI: 10.1177/1403494814534538 // Режим доступа: <https://www.shipownersclub.com/sleepiness-fatigue-ever-present-risks-board/>

7. Науковий вісник львівського державного університету внутрішніх справ 2 (1)'2012 : зб. Наук. Пр.. Серія: Психологічна / Львів. Держ. Ун-т внутр. Справ; редкол.: Р. І. Благута (голов. Ред.), Криворотько А.С. Психологическая характеристика особых условий деятельности моряков дальнего плавания. Режим доступа: [https://www.lvduvs.edu.ua/documents\\_pdf/visnyku/nvsp/02\\_2012\\_1/12kgsmdp.pdf](https://www.lvduvs.edu.ua/documents_pdf/visnyku/nvsp/02_2012_1/12kgsmdp.pdf)

8. Истомина О. А. Социально-психологические особенности морских экипажей в условиях длительных рейсов / О. А. Истомина // *Транспорт Российской Федерации. Наука.* 2007. № 12. С. 41-43. Режим доступа: <http://www.rostransport.com/transportrf/pdf/12/41-43.pdf>

9. Безлуцька О. П. Роль функціональних станів у професійній діяльності фахівців морського та річкового транспорту // Сучасні підходи до вискоефективного використання засобів транспорту Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції. – Запоріжжя: АА Тандем, 2018. – С. 9-10.

10. 183 дні самотності// *The Maritime Telegraph Морська Правда*, 2017 – Режим доступа:

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjp7ofSp970AhXHFXcKHeFYDfUQFnoECAUQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.mtelegraph.com%2F183-days-of-loneliness.html&usq=AOvVaw00ojz1my91aQ5syfkK3kzj>

11. Медицинское пособие для моряков: общие сведения о неотложных состояниях, заболеваниях, принципы оказания первой доврачебной помощи. Под ред. А. И. Гоженко. -

Одесса : Профессиональный союз работников морского транспорта Украины, 2020. - 200 с.

12. В авариях и инцидентах на море // Режим доступа: [https://studopedia.ru/8\\_59312\\_chelovecheskiy-faktor.html](https://studopedia.ru/8_59312_chelovecheskiy-faktor.html)

13. IMDG Code, 2015 // Режим доступа: <https://www.dma.dk/Documents/Publikationer/IMDG%20Code%2038-16.pdf>

14. Росийский психологический журнал, том 4, № 4, 2007, «Особенности индивидуально-психологических характеристик моряков до и после рейса» Текст научной статьи по специальности «Психологические науки» Семькин Сергей Евгеньевич // Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-individualno-psihologicheskikh-harakteristik-moryakov-do-i-posle-reysa/viewer>

15. 7 Dangerous Diseases/Disorders Seafarers Should Be Aware Of. // Режим доступа: <https://www.marineinsight.com/marine-safety/7-dangerous-diseasesdisorders-seafarers-should-be-aware-of/>

**Sokol A.**

### **INFLUENCE OF VOYAGE DURATION ON THE PSYCHO-EMOTIONAL STATE OF THE SHIP'S CREW MEMBERS**

*The main idea of the article is the necessity to pay attention to the complex profession of a seamen which becomes more difficult under the influence of external factors which effect on the psycho-emotional state of specialist. This problem remains relevant due to the constant changes in the maritime transport industry. On the one hand, the sailor must work to support his family and a longer stay in the voyage - better for the material wealth of the family. On the other hand, a longer stay in the voyage influence on the psycho-emotional state and health of the seaman. Nowadays, a lot of attention has been paid to the seafarer's health, both in psychological and physical aspects. Psychological problems related to the maritime industry are discussed by both the employer and the crewing companies, which are focusing on improving the lives and activities of the seafarer on board: gyms, cabins, proper nutrition.*

*Improving the life of the ship brings the stay on board closer to home conditions and, thus, removes the disturbance of psycho-emotional state and the deterioration of the health of the seafarer.*

**Keywords:** *psycho-emotional state, fatigue, stress, voyage time, human factor, self-regulation*

*Лопатюк С.П., Серова Т.О.*

## СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ

*Екологічна освіта передбачає отримання майбутніми фахівцями знань теоретичних основ безпечного природокористування і управління, основних законодавчих документів України в галузі охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів, вмінь практичного визначення техніко-економічних показників функціонування об'єктів народного господарства, шкоди, заподіяної природному середовищу.*

*В статті обґрунтовано необхідність залучення інноваційних методів навчання, а саме - використання віртуальних лабораторій з симуляторами реальних об'єктів та інноваційним обладнанням з готовими рішеннями. Приділяється увага модернізації навчальних планів дисциплін екологічної підготовки у відповідності до змін в законодавчих документах України у сфері природоохоронної діяльності.*

**Ключові слова:** *віртуальна лабораторія, симулятор реального явища чи об'єкту, сертифікація природоохоронної діяльності.*

**Постановка проблеми.** Згідно ОПП здобувачі спеціальності «Екологія» повинні набути компетентності у вирішенні проблем прикладної екології, охорони довкілля і збалансованого природокористування із застосуванням основних теорій та методів наук про довкілля. Отримання теоретичних знань має відбуватись за допомогою залучення студента до розв'язання ним комплексних задач у сфері екології та фізичного експерименту. Фізичний експеримент, в свою чергу, вимагає наявності відповідного навчального обладнання. На сьогодні морально-застаріле обладнання навчального закладу не задовольняє вимог щодо рівня підготовки майбутнього фахівця. Використання для навчання обладнання на реальних об'єктах народного господарства є складним організаційно і досить дорогим. Прийнятним може стати створення віртуальної лабораторії з певним набором лабораторних робіт, що враховують особливості спеціальності підготовки [1-4].

Особливості дистанційного навчання в 2020-2021рр., спричиненого світовою пандемією COVID-19, ще більше обумовили необхідність розвитку і впровадження інформаційних технологій в процес навчання, осучаснення засобів навчання.

З січня 2015 року в Україні відбулися суттєві зміни у державній системі стандартизації. Державна політика стандартизації на сьогодні базується на принципі добровільного застосування національних стандартів та кодексів усталеної практики, якщо іншими нормативно-правовими документами не передбачена обов'язковість їх застосування. Тому актуальним є коригування змісту спеціальних дисциплін екологічної підготовки у відповідності до змін в державних нормативних документах та стандартах.

**Вступ.** Дослідження в галузі інноваційних методів навчання свідчать про широке використання комп'ютерних засобів навчання в авіації, судноводінні, енергетиці, медицині [4]. Екологічна освіта в інтерактивній формі має поєднувати контроль теоретичних знань з перевіркою і закріпленням практичних навичок. Для комплексного моніторингу рівня підготовки студентів активно використовують симулятори – сукупність програмних та апаратних засобів, що створює віртуальне відображення реальних явищ і властивостей [1-4].

**Мета дослідження** полягає в обґрунтуванні та викладенні основних напрямків інноваційних методик викладання спеціальних дисциплін для студентів спеціальності «Екологія» (Водний транспорт).

Основний текст дослідження. В Массачусетському технологічному інституті існує програма STAR (Software Tools for Academics and Researchers), за якою створюються віртуальні лабораторії для досліджень і навчання [5]. Призначена програма для викладачів, дослідників, студентів і направлена на ліквідацію розриву між науковими дослідженнями і навчальною лабораторією. Засвоєння і застосування методів дослідження в аудиторії ускладнюється часовим обмеженням і відсутністю передового обладнання і споруд. Ціль STAR – розробка інноваційних і доступних інструментів навчання для використання в аудиторії. Всі освітянські інструменти STAR знаходяться в вільному доступі [5]. Прикладом такого програмного продукту може слугувати Java-додаток StarHydro – інструмент високоякісного аналізу і візуалізації водорозділів (галузь гідрології). Студенти і викладачі можуть завантажувати з веб-сайта STAR це програмне забезпечення і модулі навчальної програми для власного використання.

У Київському національному університеті імені Тараса Шевченка, в межах проєкту «Цифровий Університет», в 2020 році відкрито лабораторію симуляційного тренінгу в ННЦ «Інституті біології та медицини». Це стратегічний напрямок розвитку одного з кращих навчальних закладів нашої країни з метою впровадження в освітній процес інноваційних технологій.

З погіршенням екологічного стану на планеті все більш актуальною стає проблема зниження викидів виробництва в навколишнє середовище. Особливо це стосується питання захисту гідросфери від забруднення з суден. При цьому необхідно розуміти, що неможливо повністю виключити негативний вплив водного транспорту на внутрішні водойми, моря і океани. Виходом є використання спеціального обладнання, технологій і організаційних рішень, які значно зменшать обсяги шкідливих речовин, що скидаються в воду при нормальній експлуатації суден. Тому актуальним є питання наявності в навчальному закладі відповідної лабораторної бази для якісної практичної підготовки студентів. Саме використання віртуальних лабораторій і симуляторів судового обладнання має бути перспективним і ефективним напрямом навчального процесу.

Створення власного програмного забезпечення для потреб віртуальної лабораторної бази є довготривалим процесом з можливими негативними наслідками, за відсутності належного подібного досвіду. Тому доречнішою уявляється орієнтація на пропозиції сучасного ринку інноваційного обладнання з готовими рішеннями і програмного забезпечення.

Наприклад, існує водо-хімічна котлова експрес лабораторія для хіміко-аналітичного контролю вмісту водних і парових котлів в різних котлоагрегатах [1]. Аналіз котлової води здійснюється у відповідності до чинної нормативно-технічної документації, і використовувати в енергетичному котловому обладнанні необхідно тільки оброблену воду, яка задовольняє певним стандартам. Головний модуль лабораторії являє собою переносний кейс масою близько 20 кг. Крім того, випускаються тест-комплекти для аналізу всіх параметрів котлової води, вмісту в воді сумішей нафтопродуктів і масел. Суднова водо-хімічна експрес-лабораторія аналогічна до представленої вище, але використовується для експрес-контролю робочих показників технічної води, що використовується при експлуатації суден (в силових установках, установках водоочищення і підготовки води). Всі операції описані в інструкціях по експлуатації. Експрес-лабораторії комплектуються розчинами, реагентами, посудом, необхідними при належностями.

Використання симуляторів і готових рішень в екологічній освіті має призвести до: можливості зниження витрат часу в умовах потокового навчання, що є суттєвим фактором при постійному зменшенні кількості аудиторних годин;

підвищення якості навчання за рахунок самостійної роботи студентів;  
можливості об'єктивного контролю якості навчання;  
збільшення ефективності наукових досліджень в навчальному закладі;  
зниженню ризиків порушення техніки безпеки при неправильних діях учасників навчального процесу і підвищенню ефективності охорони праці;  
підвищенню екологічної безпеки [4].

З січня 2015 року в Україні відбулися суттєві зміни у державній системі стандартизації [7, 8]. Державна політика стандартизації на сьогодні базується на принципі добровільного застосування національних стандартів та кодексів усталеної практики, якщо іншими нормативно-правовими документами не передбачена обов'язковість їх застосування. Тому актуальним є коригування змісту спеціальних екологічних дисципліни у відповідності до змін в державних нормативних документах та стандартах [6].

Так з 01 січня 2018 року втратили чинність національні нормативні документи (наказ 29.12.2017 № 500 ДП «УкрНДНЦ», національного органу стандартизації), а саме стандарти державної системи сертифікації [7, 8]. З 1 січня 2018 року була скасована обов'язкова сертифікація продукції, що виконувалась відповідно до Декрету Кабінету Міністрів України «Про стандартизацію і сертифікацію» від 10.05.1993 № 46-93. З цієї дати вся продукція, яка входила до Переліку продукції, затвердженому Наказом Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики від 1 лютого 2005 року № 28, не підлягатиме обов'язковій сертифікації.

Скасування обов'язкової сертифікації супроводжується реформою системи технічного регулювання. Головна мета реформи – перехід на сучасну європейську систему, побудовану на відповідності технічним регламентам. Європейська система надає більше свободи виробнику (виконавцю): загальні вимоги безпеки закріплені в технічних регламентах. При цьому контроль за безпекою товарів (послуг) у європейській системі здійснюється методом ринкового нагляду.

Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» [9] регулює процедури оцінки відповідності. Технічні регламенти містять визначення видів продукції або пов'язаних з нею процесів чи методів виробництва, права та обов'язки суб'єктів господарювання, інших осіб щодо введення продукції в обіг, надання її на ринку або введення її в експлуатацію, її експлуатації, вимоги щодо надання супровідної інформації про продукцію для споживачів (користувачів), зокрема маркування, інструкцій з користування, спеціальні вимоги щодо здійснення державного ринкового нагляду стосовно продукції.

Передбачена презумпція відповідності вимогам технічних регламентів для продукції, пов'язаних з нею процесів або методів виробництва чи інших об'єктів, які відповідають національним стандартам. Виробники мають право, крім застосування національних стандартів, приймати інші рішення для задоволення вимог технічного регламенту.

Сертифікація природоохоронної діяльності тісно пов'язана з екологічним аудитом - процесом встановлення відповідності видів діяльності, заходів, умов, системи екологічного управління вимогам законодавства України про охорону навколишнього природного середовища. Екологічний аудит в Україні може бути добровільним чи обов'язковим.

Добровільний екологічний аудит здійснюється стосовно будь-яких об'єктів екологічного аудиту на замовлення заінтересованого суб'єкта за згодою керівника чи власника об'єкта екологічного аудиту.

Обов'язковий екологічний аудит здійснюється на замовлення заінтересованих органів виконавчої влади або органів місцевого самоврядування щодо об'єктів або видів діяльності, які становлять підвищену екологічну небезпеку, відповідно до переліку, що

затверджується Кабінетом Міністрів України, у випадках: банкрутства, приватизації, передачі в концесію об'єктів підвищеної екологічної небезпеки, передачі в державну чи комунальну власність та ін.

Відносини у сфері екологічного аудиту в Україні регулюються Законом України "Про охорону навколишнього природного середовища" [10], іншими актами законодавства України. Результати екологічного аудиту подаються у формі звіту про екологічний аудит. Звіт про екологічний аудит може містити рекомендації щодо заходів, які необхідно вжити для усунення виявлених невідповідностей. Звіт про екологічний аудит є власністю його замовника і підставою для прийняття ним відповідних рішень.

Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України є центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони навколишнього природного середовища. Держекоінспекція України (дочірня компанія Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України) здійснює нагляд за додержанням вимог законодавства про охорону атмосферного повітря, про охорону і раціональне використання вод та відтворення водних ресурсів, у сфері поводження з відходами, пестицидами та агрохімікатами.

Фінансування обов'язкового екологічного аудиту може здійснюватися за рахунок коштів Державного бюджету України або місцевих бюджетів.

Міжнародне співробітництво в галузі екологічного аудиту здійснюється відповідно до законів та міжнародних договорів України. З метою розвитку міжнародного співробітництва в галузі екологічного аудиту можуть розроблятися спільні програми та проекти організації еколога-аудиторської діяльності та проводитися міжнародний екологічний аудит.

Висновки. Таким чином, застосування симуляторів і готових рішень у вигляді навчальних комплексів при вивченні дисциплін екологічної підготовки має підвищити здатність майбутніх фахівців розв'язувати складні спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми у сфері екології, охорони довкілля і збалансованого природокористування. Застосування симуляторів сприятиме наближенню навчального процесу до реального виробничого (або природного) середовища. Модернізація навчальних програм з урахуванням чинних національних і міжнародних стандартів надасть випускникам-екологам компетенції здійснювати контроль та підтримку транспортних процесів і систем, фахово і оперативно вирішувати практичні завдання, пов'язані з захистом природного середовища та збалансованого природокористування..

## ЛІТЕРАТУРА

1. Руководство к практическим занятиям для лаборатории «Экология и охрана окружающей среды»: учебное пособие для вузов / Под ред. А. Г. Муравьева. — Изд. 3-е, перераб. и дополн. СПб : «Крисмас+», 2014. 108 с.

2. Зеленская В.А. Особенности организации современного экологического практикума для студентов сварочных специальностей/ Научный вестник ДГМА. №3 (18Е). Краматорск, 2015. С.104-110.

3. Орликова Е. К., Муравьев А. Г. Современные инструментальные технологии экологически ориентированных практик – готовые решения для преподавателей и студентов среднего профессионального образования/ Образование . Карьера. Общество. № 3 (58), 2018 . URL: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjxo-LS6P70AhUehP0HNS1iC4AQFnoECAIQAAQ&url=https%3A%2F%2Fcyberleninka.ru%2Farticle%2Fn%2Fsovremennye-instrumentalnye-tehnologii-ekologicheski-orientirovannyh-praktik->

gotovye-resheniya-dlya-prepodavateley-i-studentov&usg=AOvVaw3Mk6HCLrw9JDQqqzGppthb (дата звернення: 15.12.2021).

4. Имитаторы для обучения персонала. Плюсы и минусы Учебный процесс в IT Образование за рубежом. URL: <https://habr.com/ru/post/508478/> (дата звернення: 18.12.2021).

5. Официальный сайт программы STAR (Software Tools for Academics and Researchers). STAR – программа Массачусетского технологического института (MIT) по разработке виртуальных лабораторий для исследований и обучения. Software Tools for Academics and Researchers/ URL: <http://star.mit.edu/> (дата звернення: 15.12.2021).

6. Блінова Н.К., Мохоцько В.І., Саломашіна С.О., Суворін О.В. Екологічна стандартизація і сертифікація. Навч. посібник. - Луганськ: СЧУ ім. В Даля, 2009. 124 с.

7. Закон України «Про стандартизацію» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 31, ст.1058) {Із змінами, внесеними згідно із Законами № 124-VIII від 15.01.2015, ВВР, 2015, № 14, ст.96 № 2581-VIII від 02.10.2018, ВВР, 2018, № 46, ст.371 № 2742-VIII від 06.06.2019, ВВР, 2019, № 29, ст.117 № 114-IX від 19.09.2019, ВВР, 2019, № 45, ст.289 № 199-IX від 17.10.2019, ВВР, 2019, № 51, ст.377 № 720-IX від 17.06.2020, ВВР, 2020, № 47, ст.408} URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws> (дата звернення: 30.08.2021).

8. Сайт ДП "УкрНДНЦ" URL: <http://www.ukrndnc.org.ua> (дата звернення: 13.12.2021).

9. Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» від 15 січня 2015 року № 124- VIII (Із змінами, внесеними згідно із Законом № 2740-VIII від 06.06.2019, ВВР, 2019, № 28, ст.116} URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/main/124-19> (дата звернення: 13.12.2021).

10. Закон України «Про екологічний аудит» {Із змінами, внесеними згідно із Законами № 882-VI від 15.01.2009, ВВР, 2009, № 24, ст.297; № 4442-VI від 23.02.2012, ВВР, 2012, № 49, ст.553; № 5456-VI від 16.10.2012, ВВР, 2013, № 46, ст.64; № 124-IX від 20.09.2019, ВВР, 2019, № 46, ст.295; № 155-IX від 03.10.2019, ВВР, 2019, № 48, ст.325 URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws> (дата звернення: 20.12.2021).

## REFERENCES

1. Guide to practical exercises for the laboratory "Ecology and environmental protection": a textbook for universities / Ed. A.G. Muravyova. - Ed. 3rd, rev. and add. SPb: "Christmas +", 2014. 108 p.

2. Zelenskaya V.A. Features of the organization of a modern environmental workshop for students of welding specialties / Scientific Bulletin of the DSEA. No. 3 (18E). Kramatorsk, 2015.S. 104-110.

3. Orlikova EK, Muravyov AG Modern instrumental technologies of environmentally oriented practices - ready-made solutions for teachers and students of secondary vocational education / Education. Career. Society. № 3 (58), 2018 . URL: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjxo-LS6P70AhUehP0HHS1iC4AQFnoECAIQAAQ&url=https%3A%2F%2Fcyberleninka.ru%2Farticle%2Fn%2Fsovremennye-instrumentalnye-tehnologii-ekologicheski-orientirovannyh-praktik-gotovye-resheniya-dlya-prepodavateley-i-studentov&usg=AOvVaw3Mk6HCLrw9JDQqqzGppthb> (accessed: 15.12.2021).

4. Simulators for personnel training. Pros and cons The educational process in IT Education abroad. URL: <https://habr.com/ru/post/508478/> (accessed: 12/18/2021).

5. The official website of the STAR program (Software Tools for Academics and Researchers). STAR is the Massachusetts Institute of Technology (MIT) program for developing virtual laboratories for research and teaching.

6. Blinova N.K., Mokhonko V.I., Salomakhina C.O., Suvorin O.V. Ecological standardization and certification. Navch. posibnik. - Lugansk: SNU im. In Dalia, 2009.124 p.

7. Law of Ukraine "On standardization" (Vidomosty Verkhovnoy Radi (VVR), 2014, No. 31, Art. 1058) .96 No. 2581-VIII ved 02.10.2018, VVR, 2018, No. 46, st.371 No. 2742-VIII ved 06.06.2019, VVR, 2019, No. 29, st.117 No. 114-IX ved 19.09.2019, VVR, 2019, No. 45, article 289 No. 199-IX ed 17.10.2019, VVR, 2019, No. 51, st.377 No. 720-IX ed 17.06.2020, VVR, 2020, No. 47, st. 408} URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws> (accessed: 08/30/2021).

8. Site of DP "UkrNDNTs" URL: <http://www.ukrndnc.org.ua> (accessed:13.12.2021).

9. Law of Ukraine "On technical regulations and assessment of approval" dated 15 June 2015 No. 124-VIII (out of amendments introduced annually from Law No. 2740-VIII dated 06.06.2019, VVR, 2019, URL No. 28, article 116} : <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/main/124-19> (accessed:12/13/2021).

10. Law of Ukraine "On Environmental Audit" {out of amendments introduced hereunder from Laws No. 882-VI dated January 15, 2009, VVR, 2009, No. 24, Article 297; No. 4442-VI від 23.02.2012, VVR, 2012, No. 49, article 553; No. 5456-VI dated 16.10.2012, VVR, 2013, No. 46, article 64; No. 124-IX від 20.09.2019, VVR, 2019, No. 46, article 295; No. 155-IX від 03.10.2019, VVR, 2019, No. 48, article 325 URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws> (accessed:20.12.2021).

**Lopatuk S., Serova T.**

#### **MODERN TRENDS IN ECOLOGICAL EDUCATION**

*Environmental education assumes that future specialists master the theoretical foundations of safe environmental management and management, the basic legislative documents of Ukraine in the field of environmental protection, the education of the rational use of natural resources, the skills determine the technical and economic indicators of the functioning of the objects of the national economy.*

*The article substantiates the need to attract innovative teaching methods, namely, the use of virtual laboratories with simulators of real objects and innovative equipment with ready-made solutions. Attention is paid to the modernization of curricula of disciplines of environmental training in accordance with the changes in the legislation of Ukraine in the field of environmental protection.*

**Key words:** *virtual laboratory, simulator of a real phenomenon or object, certification of environmental protection.*

*Іваненко В.М., Федунів В.М.*

## МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ АДЕКВАТНОСТІ ПОВЕДІНКОВИХ РЕАКЦІЙ СУДНОВОДІЯ ПРИ НЕСЕННІ ВАХТИ

*В роботі розглядається основний фактор аварій на морі, які можуть стати надзвичайними ситуаціями під час рейсів. При цьому по статистиці виявляється, що більшість з них є причинами навігаційних аварій.*

*Найпоширенішою причиною навігаційних аварій, присутніх у 80% від їх кількості, є помилки судноводія. З цього можна зробити наслідок, що саме елемент ергатичної системи “судноводій – судно – середовище” є основним ризиковим елементом виникнення надзвичайної ситуації на морських судах.*

*Тому, прогнозуючи та мінімізуючи негативний вплив людського елемента на навігаційну безпеку судна, можливо знизити ризик надзвичайної ситуації. В роботі висвітлена певна розроблена методика, що дозволяє не тільки спрогнозувати вплив людського фактора на навігаційну безпеку судна та ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій при судноводінні, але і з метою управління ризиком виникнення НС на морі, сформуванати набір різних технічних, організаційних та освітніх заходів, спрямованих на мінімізацію цього впливу. В якості точкової оцінки людського фактора пропонується використовувати стресостійкість судноводія, який є основним детермінантом впливу людського фактора на навігаційну безпеку судна.*

*В статті також зазначено різницю між поведінкою та реакцією, що полягає у реакції організму на ту чи іншу ситуацію. При цьому, поведінка людини, поведінкові реакції та стресостійкість як оцінка людського фактора пов'язані між собою між собою. Так, як характер тих чи інших поведінкових реакцій в різних ситуаціях може бути за необхідністю деяким індикатором можливої поведінки людини в цій ситуації та використовуватися для оцінки ймовірності негативних наслідків цієї поведінки. Таким чином, за наявності та характеру поведінки реакцій вахтенного помічника можна робити висновок про його здібності приймати адекватні ситуації рішення та забезпечувати навігаційну безпеку руху судна.*

*Дослідним в експерименті статті є судноводій, який має робочий диплом та досвід несення навігаційної ходової вахти не менше п'яти років. До початку або після закінчення експерименту за допомогою спеціального тесту визначається рівень стресостійкості судноводія.*

**Ключові слова:** *надзвичайні ситуації, несення вахти поведінка, судноводій, стресостійкість.*

**Постановка проблеми.** За останні роки значно зросла інтенсивність господарської діяльності на морських комунікаціях, постійно збільшується тоннаж світового флоту, зростає швидкість суден. Разом з тим залишається не вирішеною проблема аварійності. Крім того, за даними Європейського агентства морської безпеки (EMSA), кількість морських аварій та інцидентів у період з 2015 по 2020 рік зросла на 60%, з близько 2 000 до 3 200 випадків. При цьому організація прогнозує подальше збільшення аварійності до 4 000 випадків. Збільшилась і кількість суден, що беруть участь в аваріях та інцидентах, з 2 300 суден (2015 р.) до 3 500 (2020 р.). Щонайменше 10% з наведеного числа суден відноситься до потенційно небезпечної морської індустрії, для яких участь у навіть

незначній аварії несе високий ризик виникнення надзвичайної ситуації. При цьому такі надзвичайні ситуації часто несуть глобальний характер, ліквідація їх наслідків займає багато років.

Основним фактором аварій на морі, які можуть перерости в надзвичайні ситуації, є порушення в сфері безпеки судноплавства. Статистика показує, що більшість з цих порушень призводять до навігаційних аварій. Найпоширенішою причиною навігаційних аварій, присутніх у 80% від їх кількості, є помилки судноводія. Таким чином, саме людський елемент ергатичної системи “судноводій – судно – середовище” в основному визначає ризик виникнення надзвичайної ситуації на морських суднах. Тому, прогнозуючи та мінімізуючи негативний вплив людського елемента на навігаційну безпеку судна можливо знизити ризик надзвичайної ситуації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Значний внесок у вивчення проблеми людського фактора у судноплавстві зробили такі вчені, як Кацман Ф.М., Сазонов А.Є., Смоленцев С.В., Клименко В.Д., Маринов М.Л., Даніленко А.А., Котик М.А., Голіков В.А., Вейхман В.В., Celik M., Cebi S., Harrald J.R., Mazzuchi T.A., Spahn J., Van D.R., Merrick J., Shrestha S., Grabowski M., Hetherington C., Flin R., Mearns K. Zhang Y., Zhan Y., Tan Q. та ін. Практично на кожній робочій сесії Комітету з безпеки на морі Міжнародної морської організації (ІМО) розглядаються питання, які стосуються людського фактора.

**Метою статті** є розробка методики оцінювання адекватності поведінкових реакцій судноводія при несення вахти

**Виклад основного матеріалу.** Під поведінкою людини, як правило, розуміються спрямовані особисто або соціально значущі дії, джерелом яких є сама людина, та відповідальність, яка покладається на нього.

На відміну від поведінки, реакція організму – це ненавмисні зміни функціонального стану людини та дії, що автоматично випливають з нього, відповідальність за які на людину не покладається.

Однак в контексті цього дослідження з усіх реакцій людського організму можна виділити реакції на подразнюючі фактори, які мають явні зовнішні прояви. Саме такі реакції організму людини та будемо називати поведінковими. Наприклад, підвищення артеріального тиску у навчасомого, який складає іспит, – це поведінкова реакція, а наявність цього явища при похмільному синдромі такою не є.

Поведінка людини, поведінкові реакції та стресостійкість як оцінка людського фактора корельовані між собою. Тому характер поведінкових реакцій в певній ситуації може бути за необхідністю деяким індикатором можливої поведінки людини в цій ситуації та використовуватися для оцінки ймовірності негативних наслідків цієї поведінки. Таким чином, за наявності та характеру поведінки реакцій вахтеного помічника можна робити висновок про його здібності приймати адекватні ситуації рішення та забезпечувати навігаційну безпеку руху судна.

На перший погляд, повна відсутність будь-яких поведінкових реакцій є оптимальним варіантом. Однак це далеко не так – правило не поширюється по відношенню до поведінкових реакцій судноводія на навігаційні ситуації, які традиційно характеризуються як важкі. Повна толерантність судноводія в таких ситуаціях свідчить про його гіперстійкість та низький рівень тривожності, що може призвести до нездатності судноводія з багатьох альтернатив рішень вибрати раціональне.

Таким чином, проста оцінка поведінкових реакцій не завжди (не для всіх навігаційних ситуацій) відображає вплив людського фактора на навігаційну безпеку плавання судна. Даній вимозі якраз відповідає така властивість, як адекватність, тобто відповідність поведінкових реакцій судноводія конкретної навігаційної ситуації з певним рівнем складності.

За останні два десятиліття у світі розроблено множину інструментальних методів оцінювання діяльності людини, які дозволяють характеризувати функціональний стан організму, отримати його вегето-соматичну, електрофізіологічну, біологічну та інші характеристики, оцінити функціональний стан мозку та психічний стан.

Так, ряд дослідників використовували відомий факт, що електрична активність шкіри (ЕАШ), яка проявляється в розмірах та характері електродермальних реакцій (ЕДР), відображає процеси, що відбуваються в мозку людини, будучи чутливим індикатором його емоційного стану. Існують також безконтактні методи та пристрій контролю психофізичної реакції людини, який може бути використаний для системного психосоматичного аналізу реакцій людини на різних рівнях стану її життєдіяльності.

До комплексних багатокритеріальних методів можливо віднести спосіб оцінки психічного стану та ступені психічної адаптації особистості, запропонований Мірошник Е.В. У відповідності з цим способом, змінюються параметри фізіологічних та психічних функцій людини, таких як температура тіла, артеріальний тиск крові, показники дихання, параметри ЕКГ, серцевий ритм, інгредієнти крові та сечі, рівень макростресу, біоритми на поточний день, самооцінка стану, психоемоційна стабільність, рухливість-інертність (баланс нервової системи), рівень саморегуляції, рівень рефлексії, сила-слабкість нервових процесів, рівень надійності психомоторної діяльності в екстремальних умовах, кожний з яких в числовому виразі знаходиться в інтервалі від 0 до 1, де 0 відповідає найгіршому параметру, а 1 – найкращому параметру. Потім за формулою обчислюють коефіцієнт  $D$ . При значеннях  $0,80 < D < 1,00$  стан оцінюється як відмінний, при  $0,63 < D < 0,80$  – добрий стан, при  $0,37 < D < 0,63$  – задовільний стан, при  $0,20 < D < 0,37$  – поганий стан, при  $0,20 < D < 0,00$  – дуже поганий стан.

Маріщук В.Л. пропонує визначити стан напруги людини шляхом оцінки трьох супроводжуючих його компонентів: зовнішніх проявів емоцій (міміка, пантоміміка, тремор), вегетативних фізіологічних реакцій (зміна пульсу, тиску, дихання) та стійкості психічних, психомоторних процесів. Висновок про те, чи має місце напруга як емоційний стан, може бути зроблений за табличним порівнянням вказаних компонентів, оцінених за дев'ятибальною системою [1].

В якості основних критеріїв оцінки психологічної підготовки рятувальників в структурі МНС використовуються показники їх емоційної лабільності, збудливості та реактивності. Ці показники визначаються зовнішніми емоційно-вольовими проявами після впливу подразника. Рівень професійної підготовки рятувальників оцінюється за трьохбальною системою (висока, середня, низька), якому відповідає певна оцінка («відмінно», «добре», «задовільно»). Рятувальники з низьким рівнем психологічної підготовки не можуть бути допущені до роботи в екстремальних умовах [2].

На основі аналізу представлених підходів до оцінки характеристик стану людини можливо зробити такий висновок. Необхідність залучення значних людських, технічних та часових ресурсів ускладнює використання описаних методів для оперативної оцінки людського фактора в умовах повністю функціонального навігаційного тренажера, а у випадку реальних умов плавання робить це застосування практично неможливим. Для цілей цього дослідження потрібна більш проста методика, заснована на візуальному спостереженні з мінімальними залученням сторонніх ресурсів.

Для оцінки поведінкових реакцій судноводія під час його роботи в умовах повнофункціонального навігаційного тренажера пропонується використовувати адаптовані (частково змінені) критерії умовних оцінок зовнішніх проявів емоцій у міміці, скутості, треморі, вазомоторних реакцій, сформульованих у [1]. Вказані критерії представлені в таблиці 1.

Для оцінки поведінкових реакцій судноводія в різних навігаційних ситуаціях необхідно було провести ряд однорідних експериментів, метою кожного з яких є оцінка

зовнішніх емоційних проявів судноводія з відомим рівнем стресостійкості в процесі виконання їм завдань у різних навігаційних ситуаціях на повнофункціональному навігаційному тренажері. Таким чином, незалежною змінною в даному експерименті є ранг складності навігаційної ситуації, незалежна константа – рівень стресостійкості судноводія, залежна змінна – зовнішній прояв емоцій.

Таблиця 1 – Умовні оцінки зовнішнього прояву емоцій

Характер емоційних проявів	Оцінка
<b>Міміка</b>	
Спокійний. Міміка впевненості, дихання рівне	5
Злегка збуджений, злегка нахмурився лоб, підняті брови, кути губ можна злегка підняти або губи злегка стиснути. Дихання прискорене, але ритмічне	4
Помітно збуджені, брови високо підняті, зуби стиснені, кут губ може бути дещо опущений. Може бути невелика зміна симетрії міміки. Дихання прискорене неритмічне	3
Сильно збуджений, зуби стискаються, жовна на щоках або рот неприродно відкритий, іноді з оскалом зубів, опущеними куточками рота, помітною асиметрії міміки. Різко збільшене дихання зі скороченням фази видиху	2
Дуже напружений, оскал зубів, або губи розтягуються вперед трубкою, або смоктальні рухи, або губи розтягнуті вперед асиметрично	1
<b>Скованість</b>	
Скоординовані, легкі дії	5
Скоординовані рухи, але при деяких помітних зусиллях, зрідка з'являються додаткові рухи	4
Рухи помітно напружені, плечі злегка підняті, індивідуальні рухи іноді супроводжуються усім тілом, деякі незграбні рухи, часто з'являються непотрібні рухи, бажання зайняти неприродну поставу	3
Помітна скованість, рухи з непропорційними зусиллями, індивідуальні рухи супроводжуються усім тілом, чітка розкоординація	1-2
<b>Тремор</b>	
Тремор відсутній	5
Невеликий тремор пальців	4
Помітний тремор рук	3
Тремтіння рук та ніг	2
Тремтіння рук, ніг та обличчя	1
<b>Вазомоторні реакції</b>	
Звичайне фарбування обличчя	5
Злегка почервонів	4
Помітно почервонів або побліднув	3
Покрився плямами	1-2
<b>Мова</b>	
Доповіді продукують звичайним спокійним голосом	5
З'являються додаткові фрази, іноді можливі заїкання, тремтіння голосу	4
Доповіді продукує голосніше або тихіше, ніж зазвичай, можлива затримка у звітах, спостерігається заїкання та заїкання, тремтіння голосу	3
Окремі викрики або перехід на шепіт, нерозбірливість звітів, лихослів'я	1-2

Для того, щоб провести експеримент, першим кроком є встановлення вимог до експериментаторів та дослідних, використаних матеріалів та обладнання, процедури проведення експерименту.

В якості експериментаторів до виконання експерименту повинні бути задіяні два учасники: безпосередньо інструктор тренажера, відповідальний за правильну постановку завдань та оцінюючого виконання завдань дослідним, а також реєстратор, фіксуючий в протоколі будь-які зміни в поведінці дослідного.

Дослідним в даному експерименті є судноводій, який має робочий диплом та досвід несення навігаційної ходової вахти не менше п'яти років. Мається на увазі, наявність у судноводія не тільки теоретичних та практичних знань, але й фізичного та психічного здоров'я. До початку або після закінчення експерименту за допомогою спеціального тесту визначається рівень стресостійкості судноводія.

Під матеріалом в даному експерименті мається на увазі завдання, яке необхідно вирішити дослідному на повнофункціональному навігаційному тренажері. Загальне формулювання завдання: забезпечення безпечної електропроводки судна на заданому курсі в різних навігаційних ситуаціях. На початку виконання завдання інструктор задає умови плавання, що відповідають навігаційній ситуації першого або другого рангу складності. Через деякий час (близько трьох хвилин) умови плавання змінюються таким чином, щоб ранг складності навігаційної ситуації збільшився на одиницю. Кожні наступні три хвилини навігаційна ситуація змінюється аналогічним чином до тих пір, поки ранг навігаційної ситуації не стане дорівнювати дев'яти (останній етап виконання завдання). В окремо взятому експерименті варіацію рангів складності навігаційної ситуації для спрощення завдання може бути змінена. Наприклад, в одній задачі ранг збільшується від 1 до 6, в іншому – від 5 до 9.

Обладнання в описаному експерименті є безпосередньо повнофункціональний навігаційний тренажер та засоби відеореєстрації: відеокамера зі штативом, вебкамера або аналогічні засоби.

Процедура проведення експерименту полягає в такому.

Попередньо формується конкретний покроковий план виконання завдання із зазначенням оперативного часу зміни умов плавання. Засоби відеореєстрації встановлюються таким чином, щоб ракурс задовольняв цілям експерименту.

Далі запрошуються та інструктується дослідний, вносяться необхідні первинні дані вводиться до протоколу експерименту. Інструкція не відрізняється від звичайної, яка проводиться інструктором перед заняттями на тренажері без експерименту, за одним винятком – дослідний попереджається, що його дії та поведінка будуть записані на відеокамеру та в подальшому аналізуватися та оцінюватися. Крім двох експериментаторів та дослідного, знаходження інших осіб в приміщенні тренажера не бажано, так як з їх боку можливий негативний вплив на дослідного, на хід та результати експерименту.

Безпосередньо до початку завдання та перед початком експерименту вмикається відеозапис. Далі інструктор дає команду на початок виконання завдання та запускає його.

Безпосередньо під час експерименту інструктор виконує свої звичайні обов'язки, а реєстратор з використанням умовних оцінок, наведених в таблиці 1, здійснює вимірювання зовнішніх проявів емоцій у дослідного. Особливу увагу слід приділити тим проявам, ідентифікація яких на відеозаписі представляє деякі труднощі (наприклад, вазомоторні реакції). Результати вимірювань (тобто поява будь-яких емоцій) реєстратор поміщає в таблицю візуальних вимірювань протоколу (фрагмент якого наведений в таблиці 2), відзначаючи у верхньому її рядку оперативний час та роблячи будь-яку позначку напроти відповідної характеристики емоційного прояву.

По закінченню експерименту інструктор оцінює дії дослідного за п'ятибальною системою за критерієм забезпечення безпеки плавання для кожного етапу завдання та за бажанням у вільній формі відображає свою думку в протоколі.

Протокол експерименту, як основний документ, що відображає хід експерименту та його результати, повинен включати в себе такі розділи:

– ідентифікаційні дані дослідного, при цьому прізвище та ініціали заносяться до протоколу тільки за згодою дослідного, в іншому випадку – ці дані шифруються таким чином, щоб уникнути подальшої плутанини; в обов'язковому порядку вказують досвід

роботи дослідного та рівень його стресостійкості (результати тестування додаються до протоколу);

- ідентифікаційні дані інструктора та реєстратора (достатньо вказати прізвище з ініціалами та положенням);
- обладнання;
- дата, час початку та кінець експерименту, його фактична тривалість;
- зміст завдання в табличній формі із зазначенням запланованого та фактичного оперативного часу моментів переходу з однієї навігаційної ситуації до іншої;
- таблиця візуальних вимірювань за формою таблиці 2;
- оцінка інструктора;
- лист коментарів від інструктора;
- аркуш розшифрування відеозапису;
- таблиця розшифрування відеозапису (також за формою таблиці 2);
- об'єднана таблиця вимірювань та оцінок.

Таблиця 2 – Фрагмент таблиці візуальних спостережень

Характер емоційних проявів	Умови оцінки	Оперативний час												
		30 с	1хв10 с	5 хв 25 с										
Х	5													
	4	X												
	3													
	2													
	1													
Скованість	5													
	4		X											
	3													
	2													
	1-2													
Тремор	5													
	4													
	3			X										

Далі таблиця візуальних вимірювань та таблиця розшифровки відеозапису об'єднується, при цьому замість оперативного часу вказується ранг навігаційної ситуації (таблиця 3).

Оцінка поведінкових реакцій визначається для навігаційних ситуацій кожного рангу складності як найменша з умовних оцінок емоційних проявів дослідного при виконанні їм завдань в умовах відповідній навігаційній ситуації. Отриманий оцінка записується

окремим рядком в об'єднану таблицю вимірювань та оцінок (таблиця 3). Під рядком оцінок реакції записуються відповідні оцінки інструктора.

Таблиця 3 – Фрагмент об'єднаної таблиці вимірювань та оцінок

Характер емоційних проявів		Ранг навігаційної ситуації									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Міміка	5	x	x	x	x						
	4					x	x	x			
	3								x		
	2									x	
	1										x
Скованість	5	x	x	x	x	x	x	x			
	4										
	3								x	x	x
	1-2										
Тремор	5										
	4										
	3										
	2										
	1										
<b>Оцінка реакцій</b>		5	5	5	5	4	3	3	3	2	1
<b>Оцінка інструктора</b>		5	5	5	5	4	3	3	4	3	2
<b>Оцінка адекватності</b>		5	5	5	5	4	3	3	3	2	1

Оцінка адекватності поведінкових реакцій (останній рядок об'єднаної таблиці вимірювань та оцінок) проводиться так. Для рангів складності навігаційних ситуацій від 1 до 7 вона визначається найменшою з двох оцінок - поведінкових реакцій та виставленої інструктором – отриманих дослідним при вирішенні завдання в умовах відповідній навігаційній ситуації.

Для рангів складності навігаційних ситуацій від 8 до 10 (критично важкі та складні навігаційні ситуації) оцінка адекватності поведінкових реакцій дослідного визначається за таблицею 4. Ця таблиця сформована за результатами аналізу впливу гіперстійкості судноводія на його діяльність в складних ситуаціях.

Таблиця 4 – Оцінка адекватності поведінкових реакцій у важких та критичних навігаційних ситуаціях

		Найменше значення (оцінка поведінкових реакцій/оцінка інструктора)				
		1	2	3	4	5
Ранг	8	1	2	3	5	3
	9	1	2	3,5	5	2,5
	10	1	2	3,5	5	2

Таким чином, остатній рядок об'єднаної таблиці вимірювань та оцінок (таблиця 3) буде представляти собою кінцевий підсумок експерименту.

**Висновки.** Таким чином, розроблена методика дозволяє не тільки прогнозувати вплив людського фактора на навігаційну безпеку судна та ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій при судноводінні, але і з метою управління ризиком виникнення

НС на морі, сформувані набір різних технічних, організаційних та освітніх заходів, спрямованих на мінімізацію цього впливу.

В якості точкової оцінки людського фактора пропонується використовувати стресостійкість судноводія, який є основним детермінантом впливу людського фактора на навігаційну безпеку судна.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Маришук В.Л. Психодиагностика в спорте: учеб. пособие для вузов. *Просвещение*, 2005. 349 с.
2. Туркин В.А. Учёт психофизиологических свойств человека при оценке вероятности возникновения происшествий. *Морской флот*. 2002. № 1. С. 18-19.
3. Вагущенко Л.Л. Современные информационные технологии в судовождении. Одесса: Одесская Национальная Морская Академия, 2013. 134 с.
4. Ермаков С.В. Анализ системы «судоводитель в ситуации». Вестник МГТУ. 2013. Том 16. № 4. С. 699-703.
5. Ермаков С.В. Психологическая устойчивость судоводителя как основная детерминанта влияния человеческого фактора на навигационную безопасность судна. *Безопасность жизнедеятельности*. 2013. № 5. С. 14-19.
6. Котик М.А. Курс инженерной психологии. Таллин: Валгус, 1978. 364 с.
7. Незавитина Т.С. Стрессоустойчивость в системе психофизиологического отбора профотбора судоводителей. *Український медичний альманах*. 2008. т. 11. № 1 (додаток). С. 190-193.
8. Bell J. Review of human reliability assessment methods. *Health and Safety Laboratory*, United Kingdom, 2009. 198 p.
9. Hetherington C. Safety in shipping: The human element /ed. by R. Flin, K. Mearns. *Journal of Safety Research*. 2006. №37(4). p. 401- 411.

## REFERENCES

1. Maryshchuk V.L. (2005) *Psykhodyahnostyka v sporte: ucheb. posobyie dlia vuzov*. [Psychodiagnosics in sport: textbook. manual for universities] *Prosveshchenye*. [in Russian]
2. Turkyn V.A. (2002) *Uchët psykhofyzyolohycheskykh svoistv cheloveka pry otsenke veroiatnosti voznyknovenyia proysshestvyi* [Taking into account the psychophysiological properties of a person when assessing the likelihood of accidents]. *Morskoi flot*. № 1. [in Russian]
3. Vahushchenko L.L. (2013) *Sovremennye ynformatsyonnye tekhnolohyy v sudovozhdenyy* [Modern information technologies in navigation]. Odessa: *Odesskaia Natsyonalnaia Morskaia Akademyia*. [in Russian]
4. Ermakov S.V. (2013) *Analyz systemy «sudovodytel v sytuatsyy»* [Analysis of the "navigator in a situation" system]. *Vestnyk MHTU*. Vol. 16. № 4. [in Russian]
5. Ermakov S.V. (2013) *Psykholohycheskaia ustoichyvost sudovodytelia kak osnovnaia determynanta vlyianyia chelovecheskoho faktora na navyhatsyonnuiu bezopasnost sudna* [Psychological stability of the navigator as the main determinant of the influence of the human factor on the navigational safety of the vessel]. *Bezopasnost zhyznedeiatelnosty*. № 5. [in Russian]
6. Kotyk M.A. (1978) *Kurs ynzhenernoi psykholohyy* [A course in engineering psychology]. Tallyn: Valhus. [in Russian]
7. Nezavytyna T.S. (2008) *Stressoustoichyvost v systeme psykhofyzyolohycheskoho otbora profotbora sudovodytelei* [Stress resistance in the system of psychophysiological selection of professional selection of navigators]. *Ukrainskyi medychnyi almanakh*. Vol. 11. № 1 (dodatok). [in Russian]

8. Bell J. Review of human reliability assessment methods. *Health and Safety Laboratory*, United Kingdom, 2009. 198 p.
9. Hetherington C. Safety in shipping: The human element /ed. by R. Flin, K. Mearns. *Journal of Safety Research*. 2006. №37(4). p. 401- 411.

**Ivanenko V.M., Fedunov V.M.**

### **METHODOLOGY FOR ASSESSING THE ADEQUACY OF BEHAVIORAL REACTIONS OF BOATMASTERS WHEN WATCHING**

*The paper considers the main factor of accidents at sea, which can become emergency situations during flights. At the same time, statistics show that most of them are the causes of navigation accidents.*

*The most common cause of navigation accidents, present in 80% of their number, are driver errors. From this we can conclude what exactly element of the ergatic system "master - ship - environment" is the main risk element of the emergency situation on sea vessels.*

*Therefore, by predicting and minimizing the negative impact of the human element on the ship's navigation safety, it is possible to reduce the risk of an emergency. The paper highlights a developed methodology that allows not only to predict the impact of the human factor on the navigational safety of the ship and the likelihood of emergencies in navigation, but also to manage the risk of emergencies at sea, to form a set of various technical, organizational and educational measures minimizing this impact. As a point assessment of the human factor, it is proposed to use the stress resistance of the navigator, which is the main determinant of the impact of the human factor on the navigational safety of the vessel.*

*The article also notes the difference between behavior and reaction, which is the body's response to a situation. At the same time, human behavior, behavioral reactions and stress resistance as an assessment of the human factor are interrelated. Thus, the nature of certain behavioral reactions in different situations may necessarily be an indicator of possible human behavior in this situation and be used to assess the likelihood of negative consequences of this behavior. Thus, based on the presence and nature of the reactions of the watchman's reactions, it is possible to draw a conclusion about his ability to make adequate decision situations and ensure navigational safety of the vessel.*

*The pilot in the experiment of the article is a pilot who has a working diploma and experience of navigating the watch for at least five years. Before or after the experiment, the level of stress resistance of the driver is determined using a special test.*

**Key words:** *emergencies, watchkeeping behavior, shipowner, stress resistance.*

Павленко М. А., Фльора А. С., Коломієць Д. Л., Семенюк М. О.

## МЕТОД УПРАВЛІННЯ НАВАНТАЖЕННЯМ НА КРИТИЧНІ ВУЗЛИ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ

*Проаналізовано метод запобігання перевантажень бездротової мережі для зменшення часу передачі даних в умовах обмеженої пропускної здатності каналів зв'язку. Метод, реалізований в протоколі EIGRP, взятий за основу для побудови бездротових мереж з раціональним керуванням інформаційного простору. Для підвищення ефективності було зменшено завантаження буферної пам'яті маршрутизатора, що дозволило зменшити обсяг службової мережевої інформації, що знаходиться в пам'яті маршрутизатора та використано метод зменшення часу передачі даних в бездротових мережах передачі даних за рахунок раціональної маршрутизації службової інформації. Бездротові мережі передачі даних (БМПД), у порівнянні з дротовими мережами, характеризуються відносно невисокою пропускною спроможністю, великою кількістю помилок і підвищеними затримками при передачі даних, а також рядом інших факторів, що призводять до зниження їх пропускної здатності. На практиці бездротові мережі входять в єдину систему з дротовими, що призводить до появи додаткових проблем при їх спільній роботі. Пропускна здатність бездротових мереж, в середньому, в 4-6 разів нижче пропускної здатності традиційних провідних мереж; при цьому на процес передачі даних в бездротових мережах істотно впливає підвищений рівень каналних помилок, що викликаються як переміщеннями вузла, так і фізичним станом середовища передачі. Рішенню вищезазначених проблем присвячено багато сучасних досліджень.*

**Ключові слова:** бездротові мережі передачі даних, пропускна здатність, протокол, маршрутизація мережева інформація.

### Постановка проблеми

Останнім часом спостерігається стрімке зростання обсягів використання бездротових мереж передачі даних, які дозволяють реалізовувати доступ до інформаційних ресурсів і локальних мереж.

Спостерігається зростання числа абонентів, ресурсів, кількості і якості послуг мереж, тенденція до мобільності абонентів, а також поява мобільних пристроїв, що викликають чималий інтерес до ефективного забезпечення різноманітного трафіку за допомогою бездротових мереж. Що породжує задачу щодо зменшення часу передачі даних і збільшення пропускної здатності таких мереж.

Загальновідомо, що у сучасних мережах значний обсяг трафіку на транспортному рівні передається за допомогою протоколу TCP. Однак протокол TCP має суттєві відмінності, що забезпечують функціонування роботи в дротових і бездротових мережах, такі як [10]:

1. Час перебування кадру у черзі перед моментом передачі.

2. Час очікування на момент початкового доступу до каналу з множинним доступом. Певну затримку перед передачею першого або чергового кадру вносять ряд протоколів (наприклад, механізм RTS/CTS у бездротових мережах стандарту IEEE 802.11).

3. Затримки повторної передачі в системах із випадковим множинним доступом. У бездротових мережах механізми MAC-рівня можуть значно збільшувати затримку повторної передачі кадрів, щоб стабілізувати роботу мережі. Багато MAC-протоколів збільшують затримку у разі зростання числа невдалих передач.

4. Час обробки окремого кадру, що включає завадостійке кодування, перемежування, диспетчеризацію потоків з різною якістю обслуговування (Quality of Service - QoS).

5. Виникнення канальних помилок, які можуть бути результатом погіршення системних параметрів мобільного зв'язку, наприклад енергетики радіолінії.

Таким чином, з огляду на вищенаведені факти, підвищення ефективності протоколу TCP вимагає внесення модифікацій в нього. Також може бути цікавим балансування стека протоколів TCP/IP шляхом внесення окремих змін на його рівнях з метою оптимізації загальної пропускної здатності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Теоретичною базою дослідження є роботи вітчизняних та закордонних авторів: М.І. Литвиненка, М.А. Павленка, О.І. Тимочка, Г.А. Кучука, Р.П. Гахова, А.А. Пашнєва, А.Г. Микитишина, У. Одома, П. Рошана, Ю. Кірсала, К. Ханга.

**Метою дослідження** є проведення аналіз методу зменшення часу передачі даних в бездротовій мережі, який дозволяє враховувати інтервали надмірного завантаження процесорів маршрутизаторів з метою збільшення інтенсивності обслуговування трафіку мережею.

**Виклад основного матеріалу.** Одним з основних завдань, що вирішуються при побудові бездротових мереж, є розмежування доступу множини користувачів до обмеженого ресурсу середовища передачі даних [13]. Існує кілька базових методів доступу, заснованих на просторовому, часовому, частотному, і кодовому поділі між вузлами.

Помилки при передачі даних обумовлюють зниження пропускної здатності і виникають при зниженні потужності і загасання сигналу, як правило, при віддаленні абонента від точки доступу.

Основні чинники, які впливають на якість бездротової передачі даних:

1. Кількість вузлів і їх розміщення. Тобто, кількість точок доступу і характер їх фізичного розташування в зоні обслуговування впливають на пропускну здатність мережі. Якщо точка доступу є загальним засобом зв'язку і використовується в якості бездротового концентратора, то пропускна здатність каналу, що виділяється кожному з користувачів, знижується із збільшенням кількості користувачів окремої точки доступу, при цьому таке зниження суттєво залежить від типу даних, що передаються в мережі.

2. Методи шифрування. Поряд з підвищенням цілісності інформації спостерігається зростання її надмірності, це призводить до збільшення часу, необхідного для обробки пакетів даних, що, в свою чергу, призводить до зниження пропускної здатності мережі.

3. Асиметрія радіоканалу. У бездротових мережах дані передаються в двох напрямках - від базової станції до мобільного вузла і назад. Ці два напрямки несиметричні, оскільки при передачі даних від базової станції кількість бітових помилок менше і, отже, пропускна здатність вище, ніж у зворотному напрямку.

4. Рівні функціонування мережі. На фізичному рівні істотний вплив на пропускну

здатність каналу надають загасання сигналу і перешкоди.

5. Мобільність вузла. При переміщенні вузла параметри сигналу можуть змінюватися в значних межах, що негативно позначається на пропускній здатності з'єднання.

6. Фрактальність трафіку. Даний чинник впливає на роботу мережевого рівня і рівня передачі даних, призводить до періодичної перевантаження комутаторів і маршрутизаторів.

Основні недоліки існуючих методів підвищення ефективності протоколу TCP в бездротових і мобільних мережах можна звести до наступних [2]:

1. Обмежена взаємодія з існуючою інфраструктурою мережі. В інфраструктурній мережі досить часто проміжні елементи мережі не належать одним і тим же організаціям, тобто не завжди є доступ до таких елементів для внесення змін. Всі методи, які поділяють маршрут з'єднання на частини, вимагають модифікацію проміжних вузлів

2. Проблеми шифрування трафіку. Так як безпека мережі вимагає особливої уваги, необхідно застосовувати методи шифрування даних.

3. Розбіжність маршрутів доставки даних і їх підтверджень. У певних ситуаціях, маршрути доставки даних і їх підтверджень можуть не збігатися.

4. Поява критичної ділянки на маршруті, що породжується перетином двох з вище перерахованих чинників.

З перерахованих чинників особливої уваги та детального дослідження потребує чинник 5 та недолік 3.

Існуючі рішення канального рівня орієнтовані на те, щоб приховати від протоколу TCP втрати, що виникли відбуваються на нижчих рівнях. Реалізація такого підходу приховує повторні передачі підтверджень, виявляються втрати даних в бездротовому сегменті з'єднання TCP, запобігаючи зайві спроби відновлення даних на транспортному рівні.

Отже, однією з основних причин зниження пропускної здатності бездротової мережі є помилки переадресації, що виникають під час переміщення мобільного вузла між зонами обслуговування мережі, значне число помилок канального рівня і недостатньо коректна відпрацювання цих помилок існуючими реалізаціями протоколів транспортного рівня.

Мобільність вузла в бездротовій мережі може бути причиною виникнення хендовера (handover) – процесу передачі обслуговування абонента під час сесії обміну даними від однієї базової станції до іншої. Оскільки місце розташування вузла безпосередньо пов'язано з його IP адресою, факт зміни IP адреси при зміні мобільним вузлом точки доступу до мережі вимагає оповіщення. Хендовер є подією, яка може виникнути при виході рухомого вузла із зони обслуговування точки доступу внаслідок його переміщення. Коректна обробка такої події дозволяє рухомому вузлу зберігати нерозривність з'єднання під час його пересувань і зміни точок доступу до мережі.

У загальному випадку існує два типи хендовера, кожен з яких визначається можливістю підключення вузла до тієї чи іншої точки доступу: м'який і жорсткий хендовер [4]. Можливі сценарії, що ілюструють ситуації виникнення таких подій показані на рис. 1.

У разі жорсткого хендовера, з'єднання рухомого вузла з попередньою точкою доступу розривається ще до моменту підключення до нової точки доступу, що призводить до втрати пакетів. У разі м'якого хендовера, з'єднання з попередньою точкою доступу розривається тільки після встановлення з'єднання з наступною доступною. Отже, під час м'якого хендовера, мобільний вузол може одночасно взаємодіяти з обома точками доступу.

Тип хендовера в значній мірі впливає як на швидкість, так на і якість передачі інформації. Це особливо важливо при поєднанні трафіку (див. чинник 1) з різними вимогами до якості обслуговування.

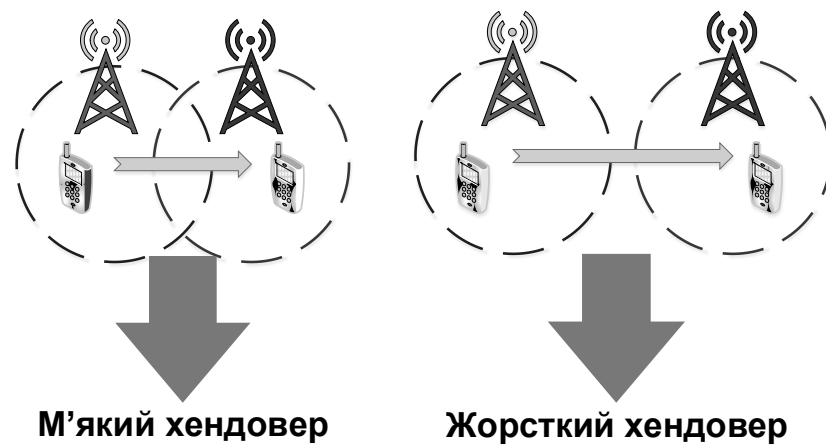


Рисунок 1 – Можливі сценарії для виникнення м'якого і жорсткого хендовера

Аналіз існуючих підходів показав, що зменшення часу передачі даних в БМПД може досягатися за рахунок:

- проведення спеціальних організаційних заходів і розробки регулятивних документів;
- суворої регламентацією процесу обробки інформації із застосуванням ЕОМ і дій персоналу;
- призначенням і підготовкою посадових осіб, відповідальних за організацію і здійснення практичних заходів щодо зменшення часу передачі даних в БМПД;
- застосуванням різних способів резервування апаратних ресурсів, еталонного копіювання програмних і страхових інформаційних ресурсів системи;
- ефективним контролем за дотриманням вимог посадовими особами, безперервним управлінням і адміністративною підтримкою коректного застосування засобів захисту;
- проведенням постійного аналізу ефективності вжитих заходів і застосовуваних методів і засобів, що дозволяють зменшити час передачі даних;
- розробкою і реалізацією пропозицій по створенню методів, спрямованих на зменшення часу передачі даних в БМПД [2–5].

Детальний аналіз зазначених напрямів надає можливість зробити висновок про те, що одним з найбільш важливих процесів, який впливає на час передачі даних в БМПД, є процес виникнення перевантажень мережевих маршрутизаторів.

Так як процес виникнення перевантажень як на окремих елементах, так і в БМПД в цілому, є дуже складним і часто не формалізується, то існує необхідність в більш детальному описі процесу циркуляції потоків в БМПД і пов'язаних з ним тимчасових затримок передачі пакетів.

Потоки, що циркулюють в сучасних мережах можна розбити на наступні категорії: потоки реального часу, потоки транзакцій і потоки даних.

До категорії потоків реального часу відносяться потоки з голосовою та відеоінформацією, які практично не допускають затримки при передачі. Зазвичай затримка не повинна перевищувати 0,1с, включаючи час на обробку на кінцевій станції [7].

До категорії потоків транзакцій відносяться потоки, які допускають, як правило, затримку до однієї секунди. Збільшення граничного значення змушує користувачів переривати роботу і чекати відповіді, тому, що тільки після отримання відповіді вони можуть продовжити відправляти свої дані. Тому великі затримки призводять до зниження продуктивності праці і дискомфорту в роботі [7].

Категорія потоків даних може працювати практично з будь-якими затримками, аж до декількох секунд. Такі потоки мають досить “вибуховий” характер, обумовлений великим значенням відношення його максимальної інтенсивності до середньої інтенсивності. До

такої категорії потоків також відносяться потоки службової інформації.

Використовуючи наведену класифікацію категорій потоків, дамо характеристику затримки для пакетів даних, що виникають в процесі їх передачі по БМПД.

Під затримкою пакета даних в БМПД будемо розуміти відрізок часу, необхідний для просування пакета даних від джерела до адресата через мережу передачі даних. Зазначена затримка є сумою затримок, що виникають в кожному мережевому елементі (маршрутизатор, комутатор, концентратор, тощо) і в кожному каналі на маршруті передачі пакета даних. Вона визначається наступним виразом:

$$T_{\rho} = T_{ex} + T_{обр} + T_{оч} + T_{пер}$$

де  $T_{ex}$  – сумарний час очікування пакета у вхідній черзі (буферної пам'яті);

$T_{обр}$  – сумарний час обробки пакета даних процесорами маршрутизаторів;

$T_{оч}$  – сумарний час очікування пакета даних у вихідній черги;

$T_{пер}$  – сумарний час передачі пакета даних по каналах.

Найчастіше в якості параметра, від якого залежить значення коефіцієнта динамічного розподілу швидкодії процесорів маршрутизатора між пакетами даних різних категорії пріоритетності, є допустима затримка пакета заданої категорії пріоритетності в мережевому пристрої. Механізм визначення значення допустимої затримки досить простий. Кожен маршрутизатор записує в пакет сумарне проходження час цього пакета від джерела і, з огляду на категорію пріоритетності пакета і кількість мережевих пристроїв, які залишилося пройти пакету згідно маршруту до адресата, розраховує допустиму затримку пакета на поточному маршрутизаторі.

Коефіцієнт розподілу швидкодії процесора g-го маршрутизатора між пакетами даних i-ї категорії пріоритетності залежить від типу розподілу швидкодії між потоками різних категорій пріоритетності, що використовується в конкретному маршрутизаторі. Найбільш поширені фіксований розподіл і динамічний розподіл.

Під фіксованим розподілом швидкодії між потоками різних категорій пріоритетності слід розуміти такий розподіл, при якому значення коефіцієнта розподілу швидкодії процесорів маршрутизатора між пакетами даних різної категорії пріоритетності призначається перед запуском БМПД і залишається незмінним протягом усього часу передачі даних на всіх маршрутизаторах[3].

Під динамічним розподілом швидкодії між потоками різних категорій пріоритетності слід розуміти такий розподіл, при якому значення коефіцієнта розподілу швидкодії процесорів маршрутизатора між пакетами різних категорій пріоритетності визначається в залежності від змін певних параметрів вхідних потоків і/або характеристик складових елементів маршрутизаторів.

У кожному маршрутизаторі значення коефіцієнта розподілу швидкодії його процесорів між пакетами даних різних категорій пріоритетності незалежні і можуть відрізнятися від один від одного.

Інтервали максимального завантаження процесорів маршрутизатора безпосередньо пов'язані із заповненням буферної пам'яті маршрутизатора і виникненням перевантажень маршрутизатора під впливом періодичних сплесків потоків службової інформації.

Для вирішення завдання зменшення часу передачі даних в бездротовій мережі можливе використання двох підходів: динамічне управління інтенсивністю потоку інформації користувачів і управління потоком службової мережевої на основі інформації про періоди максимального завантаження.

Методи динамічного управління зачіпають транспортний рівень стека протоколів і

повинні ґрунтуватися на повідомленнях, що надсилаються мережевим рівнем, що досить складно реалізувати і вимагає великих витрат ресурсів, таким чином, знижуючи коло БМПД, в яких можливо їх застосування.

Таким чином, найбільш раціонально регулювати потік службової інформації, що генерується маршрутизатором, шляхом розробки методу зменшення часу передачі даних в БМПД за рахунок раціональної маршрутизації службової інформації на базі методу маршрутизації, що застосовується в протоколі EIGRP.

EIGRP використовує механізм Diffusing Update ALgorithm (DUAL) для вибору найбільш короткого маршруту, який використовує 5 різних компонентів для розрахунку:

- Bandwidth (Пропускна спроможність). Мінімальна пропускна здатність для даного маршруту.

- Delay (Затримка). Сумарна затримка на всьому шляху маршруту.

Очевидно, що чим вище інтенсивність потоку інформації користувача, тим швидше настане момент переповнення буферної пам'яті маршрутизатора (в тому числі службової мережевої інформацією) і пакет, який надійшов у цей момент часу на вхід маршрутизатора, буде відкинутий.

Для виключення втрати пакетів на тимчасовому інтервалі активності необхідний розмір буферної пам'яті маршрутизатора, що дозволяє зберегти весь надлишковий потік.

Суть запропонованого методу зменшення завантаження буферної пам'яті маршрутизатора полягає в реалізації механізму розвантаження службової мережевої інформації з буферної пам'яті маршрутизатора в інтервали часу, які йдуть за інтервалами максимального завантаження, коли частково вивільнюються ресурси маршрутизатора в результаті зменшення інтенсивності вхідного трафіку.

Для розробки методу зменшення часу передачі даних в БМПД за рахунок раціональної маршрутизації службової інформації в якості базового був обраний метод, застосований в протоколі EIGRP.

Опис суті запропонованого методу:

- створюється статистична таблиця даних, в яку заносяться моменти виникнення відмов протягом доби. Збір даних здійснюється періодично;

- на підставі накопичених статистичних даних про виникнення відмов, обчислюється середній інтервал часу між виникненням відмов;

- проводиться перевірка умови: якщо обчислений середній інтервал часу між виникненням відмов перевищує період, встановлений протоколом EIGRP для поширення оновлюючого повідомлення про стан каналів зв'язку, рівний 30 хв, то в момент настання відмови поширюється не повідомлення про відмову, а оновлююче повідомлення про стан каналів зв'язку.

Виходячи з апріорних даних, передбачається, що в результаті застосування розробленого методу зменшення часу передачі даних в БМПД за рахунок раціональної маршрутизації службової інформації, цільова функція збільшиться приблизно в 1,2 - 1,5 рази.

Згідно з методом, який застосовується в протоколі EIGRP, частота поширення пакетів повідомлення HELLO дорівнює 5 с. Необхідно відзначити, що після передачі чергового повідомлення HELLO і до передачі наступного повідомлення маршрутизатор не має можливості відслідковувати стан сусідніх маршрутизаторів і, відповідно, повідомляти про свій стан, тобто знаходиться в пасивному стані. Для протоколу EIGRP інтервал часу пасивного стану маршрутизатора становить 15 с [10].

Відзначимо, що частота поширення пакетів повідомлення HELLO отримана розробниками маршрутизаторів, орієнтованих на використання протоколу EIGRP, в результаті тривалого збору і обробки статистичних даних про виникнення відмов елементів мережі передачі даних. Однак значення частоти поширення пакетів повідомлення HELLO може бути змінено в залежності від вимог, що пред'являються до конкретної мережі.

При збільшенні числа маршрутів, що проходять через маршрутизатор в 5 разів при використанні методу маршрутизації, застосованого, наприклад, в протоколі RIP, інтенсивність службових потоків збільшується в 6 разів, в той час як при використанні методу маршрутизації, що застосовується в протоколі EIGRP, інтенсивність службових потоків збільшується усього в 1,2 рази.

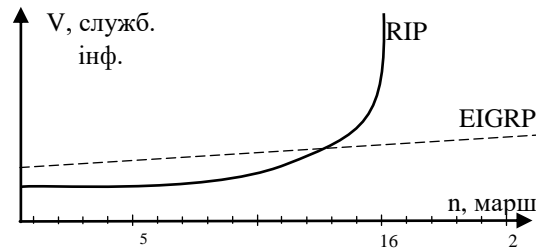


Рисунок 2 – Залежність інтенсивності службової інформації від кількості маршрутизаторів у мережі для протоколів RIP та EIGRP.

На підставі аналітичних досліджень основних використовуваних методів маршрутизації можна зробити наступні висновки:

1. Найбільш перспективний для використання в якості базового при розробці методу зменшення часу передачі даних в БМПД є метод, реалізований в протоколі EIGRP, так як для зменшення часу передачі даних в БМПД можливе використання методу маршрутизації, що забезпечує адаптацію до змін структури БМПД і мінімізацію впливу зміни стану мережевих пристроїв на інтенсивність службової інформації, шляхом обліку статистичних даних про виникнення відмов елементів БМПД, що дозволяє істотно знизити завантаженість маршрутизаторів службовою інформацією.

2. В якості цільової функції найбільш раціонально використовувати функцію мінімізації часу передачі даних в БМПД при стрибкоподібному зміні інтенсивності потоків інформації користувачів і великій кількості відмов елементів мережі.

3. Удосконалено метод зменшення завантаження буферної пам'яті маршрутизатора, що дозволяє зменшити обсяг службової мережевої інформації, що знаходиться в буферній пам'яті маршрутизатора за рахунок реалізації механізму розвантаження останньої в інтервали часу, які йдуть за інтервалами максимального завантаження, коли частково вивільняються ресурси процесорів маршрутизатора.

4. Метод зменшення часу передачі даних в БМПД за рахунок раціональної маршрутизації службової інформації дозволяє зменшити час передачі даних в БМПД в 1,1 - 1,5 рази при дотриманні введених обмежень в порівнянні з методом, використовуваним в протоколі EIGRP. Метод є адаптивним, оскільки дозволяє регулювати частоту поширення службової інформації маршрутизатором залежно від величини середнього інтервалу між виникненням відмов, розрахованого на основі статистичних даних.

## Висновки

В результаті аналізу вимог до процесу передачі даних в безпроводних мережах, в умовах обмеженої пропускної здатності, було удосконалено метод здатний забезпечити достатній рівень ефективності. Безумовно, вирішення проблеми запобігання перевантажень бездротової мережі потребує додаткових досліджень для зменшення часу передачі даних в умовах обмеженої пропускної здатності каналів зв'язку бездротової мережі. Основна вимога до розроблюваних методів, полягає в забезпеченні зменшення часу передачі даних в бездротовій мережі при збільшенні як пропускної здатності каналів зв'язку, так і затримок поширення сигналу в них.

Метод, реалізований в протоколі EIGRP є перспективним для побудови бездротових

мереж для раціонального керування інформаційного простору. Для покращення ефективності керування необхідно взяти до уваги метод зменшення завантаження буферної пам'яті маршрутизатора, що дозволяє зменшити обсяг службової мережевої інформації, що знаходиться в буферній пам'яті маршрутизатора та метод зменшення часу передачі даних в БМПД за рахунок раціональної маршрутизації службової інформації.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Основи побудови інформаційно-телекомунікаційних систем Ч.1 : підручник / М.І. Литвиненко, М.А. Павленко, О.І. Тимочко, та ін. ; за ред. І.В.Рубана.- Х : ХНУПС, 2018. – 328 с.: іл.
2. Оліфер В.Г. Комп'ютерні мережі. Принципи, технології, протоколи / В. Г. Оліфер, Н. А. Оліфер. – К.: Ліпс, 2015. – 943 с.
3. Одом У. Офіційне керівництво Cisco по підготовці до сертифікованих екзаменів CCNA ICND2 200-101: маршрутизація та комутація / Уенделл Одом. – К.: Вільямс, 2015. – 734 с.
4. Кучук Г.А. Управління ресурсами інфокомунікацій / Г. А. Кучук, Р. П. Гахов, А. А. Пашнев. – Х.: Фізматліт, 2011. – 220 с.
5. Кучерявий Е.А. Управління трафіком і якість обслуговування в мережі Інтернет / Е. А. Кучерявий. – Х.: Наука та техніка, 2015 34.
6. Комп'ютерні мережі. Частина 1: підручник / О.В. Петров, І.О. Борозенець, М.Г. Мельничук та ін. , за заг. ред. І.В. Рубана. – Х: ХНУПС, 2020. – 283 с.
7. Комп'ютерні мережі : практикум для слухачів, курсантів та студентів вищих навчальних закладів / О.В. Шаповалов , О.В. Петров , І.В. Захарченко , та ін. за загальною редакцією О.І. Тимочка – Х.: ХНУПС, 2020 – 136с.: іл.
8. Дронюк І.М. Прогнозування трафіку комп'ютерних мереж для підвищення ефективності використання мережевого обладнання / Дронюк І.М., Федевич О.Ю. // Наук. вісн. НЛТУ України.-2015.-Вип.25.5.-С.301-307.
9. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, В.В. Пасічник. Комп'ютерні мережі. Книга 1. Принципи, технології, протоколи: Навч. посібник – Львів, 2019.–260 с.
10. Pejman Roshan, Jonathan Leary, 802.11 Wireless LAN Fundamentals, Cisco Press, 2013. 312pp. ISBN: 1-58705-077-3
11. Kyoung, S.L.; Ae-Soon, P.; (2014); Reduction of handover failure for small cells in heterogeneous networks, International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC):707-708.
12. Kirsal-Ever, Y.; Kirsal Y.; Ever, E.; Gemikonakli, O.; (2015); Analytical Modelling and Performability Evaluation of Multi-Channel WLANs with Global Failures, International Journal of Computers Communications and Control, 10:551-566.
13. Craig Hunt, TCP/IP Network Administration, Boston, 2015
14. CCENT/CCNA ICND1 100-105 Official Cert Guide : Cisco Press, 2016. 1024 pp. ISBN-13: 978-1587205804.

## REFERENCES

1. Fundamentals of building information and telecommunication systems Part 1: textbook / M.I. Litvinenko, M.A. Pavlenko, O.I. Timochko, and others. ; ed. I.V. Rubana.- H: KhNAFU, 2018. - 328 p.
2. Olifer V.G. Computer networks. Principles, technologies, protocols / V.G. Olifer, N.A. Olifer. - K .:, 2015. - 943 c.
3. Odom U. Cisco Official Guide to Certified Exam Preparation CCNA ICND2 200-101: Routing and Switching / Wendell Odom. - K .: Williams, 2015. - 734 p.
4. Kuchuk G.A. Kuchuk, R.P. Gakhov, and A.A. Pashnev / Management of infocommunication resources. - H .: Fizmatlit, 2011. - 220 p.
5. Kucheryavy E.A. Traffic management and quality of service on the Internet / E.A. Kucheryavy. - H .: Science and Technology, 2015 34.
6. Computer networks. Part 1: textbook / O.V. Petrov, I.O. Borozenets, M.G. Melnychuk and others. ed. I.V. Rubana. - X: KhNAFU, 2020. - 283 c.
7. Computer networks: a workshop for students, cadets and students of higher educational institutions / O.V. Shapovalov, O.B. Petrov, I.V. Zakharchenko, and others. ed. O.I. Timochko - H .: KhNAFU, 2020 - 136p .
8. Dronyuk I.M. Traffic forecasting of computer networks to increase the efficiency of network equipment / Dronyuk I.M., Fedevich O.Y. // NLTU -2015. P.301-307.
9. A.G. Mikitishin, M.M. Mitnik, B.B. Beekeeper. Computer networks. Book 1. Principles, technologies, protocols: Textbook. manual - Lviv, 2019.-260 p.
10. Pejman Roshan, Jonathan Leary, 802.11 Wireless LAN Fundamentals, Cisco Press, 2013. 312pp. ISBN: 1-58705-077-3
11. Kyoung, S.L.; Ae-Soon, P.; (2014); Reduction of handover failure for small cells in heterogeneous networks, International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC):707-708.
12. Kirsal-Ever, Y.; Kirsal Y.; Ever, E.; Gemikonakli,O.; (2015); Analytical Modelling and Performability Evaluation of Multi-Channel WLANs with Global Failures, International Journal of Computers Communications and Control, 10:551-566.
13. Craig Hunt, TCP/IP Network Administration, Boston, 2015
14. CCENT/CCNA ICND1 100-105 Official Cert Guide : Cisco Press, 2016. 1024 pp. ISBN-13: 978-1587205804.

**Maxim Pavlenko, Anton Flora, Denis Kolomiets, Mariia Semeniuk**  
**METHOD OF DATA TRANSMISSION OPTIMIZATION TIME IN WIRELESS DATA TRANSMISSION NETWORKS**

*A method of preventing wireless network congestion has been analyzed to reduce data transmission time in conditions of limited bandwidth of wireless communication channels. The method implemented in the EIGRP protocol is taken as a basis for the construction of wireless networks with rational control of the information space. To increase efficiency, the load of the router's buffer memory was reduced, which reduced the amount of service network information in the router's buffer memory, and used the method of reducing data transmission time in wireless data networks by rationally routing service information. Recently, there has been a rapid increase in the use of wireless data networks, which allow the implementation of wireless*

*access to information resources, wireless video telephony and IP-telephony and wireless local area networks.*

*There is an increase in the number of subscribers, resources, quantity and quality of network services. The trend towards subscriber mobility, as well as the emergence of mobile devices that are of considerable interest in ensuring efficient transmission of heterogeneous traffic via wireless networks. The problem of reducing data transmission time and increasing the bandwidth of such networks is becoming increasingly important.*

*Wireless data networks (Wireless Networks) are characterized by relatively low bandwidth, a large number of errors and increased delays in data transmission, as well as a number of other factors that lead to a decrease in their bandwidth. Quite often, wireless networks are combined with wired ones, which leads to additional problems when they work together.*

*The bandwidth of wireless networks is, on average, 4-6 times lower than the bandwidth of traditional wired networks; the process of data transmission in wireless networks is significantly affected by the increased level of channel errors caused by both the movement of the node and the physical state of the transmission medium. Also, a significant amount of current research is devoted to increasing the bandwidth of wireless and mobile networks.*

*In modern networks, a significant amount of traffic at the transport level is transmitted using the TCP protocol. However, the TCP protocol has different features when working in wired and wireless networks, because in the process of its creation tasks of adaptation to networks with different methods of data transmission were not set. A wireless network requires a different approach to handling network congestion errors and physical and channel layer errors. Thus, given the above facts, improving the efficiency of the TCP protocol requires modifications. It may also be interesting to balance the entire TCP / IP protocol stack by making individual changes at its levels to optimize overall bandwidth.*

**Keywords:** *wireless data networks, bandwidth, protocol, routing network information*

**Бажак О. В.**

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ОБЛАДНАННЯ ЗАСОБІВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

*Аналіз відповідних джерел інформації свідчить про те, що показники якості перевезень пасажирів та вантажів, рівень безаварійного судноводіння продовжують покращуватися. Особлива увага приділяється саме заходам забезпечення заданого рівня безаварійності. Значна роль в цьому напрямку – ефективне рішення завдань навігаційного забезпечення. Це ще більш підкреслює актуальність наукових досліджень з метою підвищення ефективності морських та річкових транспортних засобів за рахунок використання оперативної та достовірної навігаційної інформації.*

*На теперішній час для забезпечення гарантованого рівня достовірності, точності та оперативності навігації використовують прогресивні технологічні рішення на основі супутникової навігації. Аналіз закордонного та вітчизняного досвіду розробки та впровадження систем навігації, які використовують GNSS сигнали свідчить про можливість значного підвищення їх ефективності за рахунок розвитку математичного забезпечення та використання так званих локальних радіонавігаційних систем. Найбільш актуальним в цьому напрямку є використання локальних (псевдосупутникових) радіонавігаційних систем які працюють в форматі GNSS-сигналів саме зі змінною або гнучкою структурою. В таких системах радіонавігаційні точки є мобільними, а це дає змогу оперативне забезпечити задану точність навігації в окремому районі судноводіння.*

*Введення граничного значення на імовірнісний показник ефективності системи формує критерій ефективності як критерій допустимої гарантії. Граничні значення цього показника, а також обмеження щодо точності системи, які входять до складу показника ефективності, задаються розробником на основі знання тактико-технічних характеристик засобів, для забезпечення функціонування яких розгортається псевдосупутникова радіонавігаційна система, та досвіду їх застосування у конкретних умовах обстановки.*

**Ключові слова:** *навігаційне забезпечення, достовірність, точність та оперативність, псевдосупутникові радіонавігаційні системи, радіонавігаційна точка, радіонавігаційна інформація, GNSS-сигнали*

**Постановка проблеми.** Відомими методами контролю надійності не передбачена можливість планування раціональних (відповідно до вище зформульованого поняття) контрольних вимірювань. Ступінь “раціональності” цих методів контролю надійності можна оцінити тільки з погляду мінімізації вартості (тривалості) проведення випробувань за вибраним методом контролю надійності за умови виконання вимог до точності і достовірності схвалюваних рішень. Так, відомі дворівневі методи контролю надійності можна розташувати в порядку зростання ступеню їх раціональності наступним чином: одноступеневі [1], багатоступеневі [1,2], послідовні [3], послідовні усічені, потрійний послідовний, оптимальний узагальнений послідовний, комбінований. Серед однорівневих методів контролю двоступеневий контроль раціональніший, ніж одноступеневий [1–4].

Як відомо, в середньому найбільш економічним при проведенні контрольних випробувань на надійність є контроль надійності за послідовною схемою контрольних випробувань її модифікаціям, за умови, що забезпечена незалежність спостережень, що послідовно проводяться. Проте, слід зазначити, що відомі в науково-технічній літературі процедури послідовного контролю і їх модифікації розглянуті тільки для контролю показників надійності за двома рівнями.

**Метою статті** є удосконалення методу оцінки показників надійності обладнання засобів водного транспорту.

Для свого вирішення задача розробки раціонального плану контрольних вимірювань на надійність вимагає сумісного дослідження можливості використання послідовної процедури контрольних вимірювань при контролі надійності за одним рівнем і розробки процедури планування об'ємів контрольних вимірювань з урахуванням апріорної інформації про величину показника, що забезпечує виконання вимог до достовірності і відтворюваності результатів контролю, а також, у разі ухвалення позитивного рішення за результатами контролю, отримання оцінки показника надійності, що контролюється, із заданою точністю і достовірністю.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Завдання розробки раціональних планів контрольних вимірювань у декілька іншій постановці сформульована в [3]. НТД рекомендує для використання найбільш розроблені методи контролю показників надійності (одноступеневий, двоступеневий, багатоступеневий, послідовний, послідовний усічений, з використанням довірчих меж) і їх модифікації (потрійний послідовний, оптимальний узагальнений послідовний і інші) за двома рівнями. Перераховані методи контролю надійності направлені тільки на зниження потрібних об'ємів випробувань. Крім того, для забезпечення відтворюваності результатів контролю, пропонується у розробника і споживача застосовувати єдині методи, плани контролю і правила ухвалення рішень, що веде до великих витрат [4, 12]. Це в сукупності не дозволяє вирішити проблему їх "раціональності" в повному об'ємі.

Іншим напрямом рішення задачі скорочення об'ємів контрольних вимірювань є розробка методів контрольних вимірювань за одним контрольним. Розглянута в [1, 4, 12] одноступенева схема контрольних вимірювань передбачає фіксацію їх об'єму до початку проведення контрольних вимірювань без його зміни в процесі їх проведення залежно від отримуваних проміжних результатів випробувань.

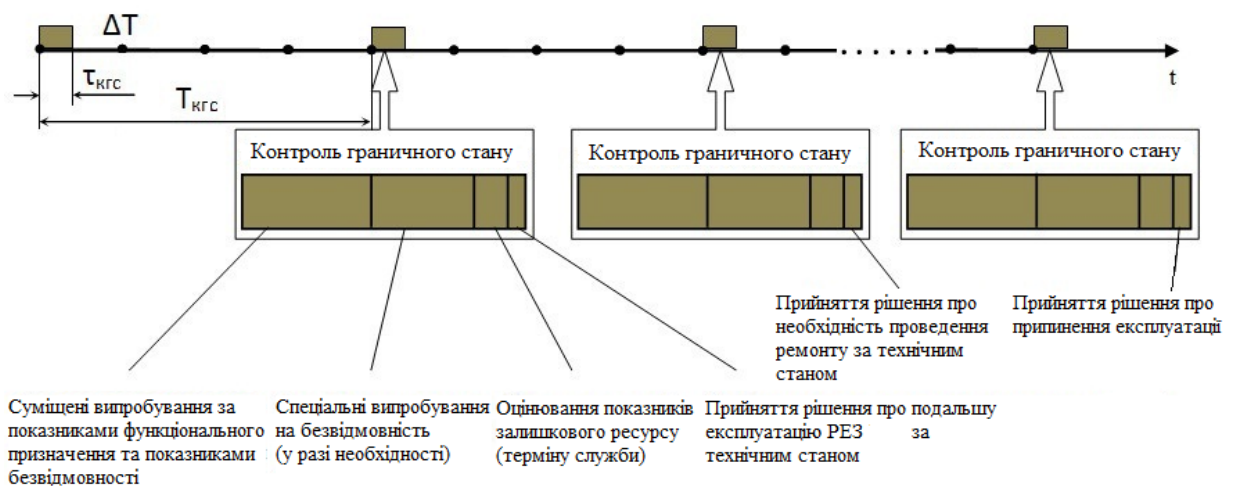


Рисунок 1 – Варіант реалізації підконтрольної експлуатації і контролю граничного стану

Для успішної реалізації економічно вигідної стратегії ТЕ і Р зразків обладнання ЗРМТ за станом виконуються заходи з індивідуального вирішення завдань продовження

призначених ресурсів (термінів служби), яке, повинно бути реалізованим в рамках Програми робіт по продовженню призначених ресурсів (термінів служби) з проведенням підконтрольної експлуатації і контролів граничного стану.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** На рис.1 наведено варіант реалізації підконтрольної експлуатації і контролю граничного стану зразків обладнання ЗРМТ, що виконуються відповідно до даної Програми. При розробці (удосконаленні) методу оцінки показників надійності необхідно враховувати, що на зразках обладнання ЗРМТ послідовно виконуються відповідні етапи підконтрольної експлуатації та контролів граничного стану.

При цьому етапи підконтрольної експлуатації (рис.1) розподілені на інтервали фіксованої тривалості, а результати експлуатаційних спостережень за їх тривалість розглядаються як результати випробувань на безвідмовність. При проведенні контролів граничного стану передбачені [5] суміщені випробування за показниками функціонального призначення і показниками безвідмовності та, при необхідності, спеціальні випробування на безвідмовність, після закінчення яких, у разі ухвалення рішення про неграничний стан об'єкту, проводиться розрахунково-експериментальна оцінка показників залишкового ресурсу (терміну служби) з ухваленням рішення про подальшу експлуатацію зразків обладнання ЗРМТ з продовженням призначеного ресурсу (терміну служби) або, у разі ухвалення рішення про граничний стан, про припинення експлуатації, доцільності проведення ремонту встановленого виду або списання з утилізацією встановленим порядком.

Для індивідуального вирішення завдань продовження призначених ресурсів (термінів служби) необхідно проводити експериментальну оцінку показників довговічності зразків обладнання ЗРМТ. У свою чергу, експериментальні дослідження з метою оцінки показників довговічності можна проводити: шляхом організації ресурсних випробувань; шляхом організації експлуатаційних спостережень або комбінованим методом, що використовує два вищезазначені напрями сумісно.

На практиці процедура оцінки показників довговічності зразків обладнання ЗРМТ за результатами організації і проведення ресурсних випробувань або експлуатаційних спостережень важка через те, що відсутня статистика моментів переходів обладнання ЗРМТ і їх зразків в граничні стани і, як наслідок, відсутня вибірка значень ресурсів і термінів служби зразків обладнання ЗРМТ, що не дозволяє встановлювати закони розподілу цих випадкових величин; встановлення законів розподілу ресурсів і термінів служби зразків обладнання ЗРМТ розрахунково-експериментальним методом за відомими законами розподілу ресурсів і термінів служби комплектуючих виробів, визначеним за наслідками експлуатаційних спостережень, приводить до великих погрішностей унаслідок неможливості обліку умов і режимів експлуатації конкретних комплектуючих виробів у складі апаратури обладнання ЗРМТ, його зразків і їх складових частин і інших істотних допущень, прийнятих при розробці цього методу.

У зв'язку з цим оцінку показників залишкового ресурсу (терміну служби) зразків обладнання ЗРМТ при мінімізації сумарних витрат на їх ТЕ і Р доцільно проводити комбінованим методом, використовуючи результати підконтрольної експлуатації і контролів граничного стану. При цьому в методі, що удосконалюється (або розробляється), необхідно передбачити вирішення наступних завдань: контролю і оцінки показників безвідмовності за результатами експлуатаційних спостережень за фіксовані інтервали експлуатації і випробувань на безвідмовність, що проводяться в процесі контролю граничного стану; подальшої оцінки показників залишкового ресурсу (терміну служби).

У свою чергу, вимоги до показників якості результатів випробувань (експлуатаційних спостережень) встановлюються з обліком: можливості реалізувати

запланований об'єм випробувань (експлуатаційних спостережень); величин втрат із-за недостатньої точності і достовірності результатів випробувань (експлуатаційних спостережень). Основними шляхами підвищення якості результатів випробувань (експлуатаційних спостережень) мають бути: розробка нових планів випробувань; використання апріорної інформації; оптимізація параметрів відомих і нових планів випробувань (експлуатаційних спостережень).

Організація випробувань на надійність залежить від великої кількості чинників, більшість з яких носить характер обмежень - технічних, економічних, інформаційних і інших. Це, у свою чергу, накладає відповідні обмеження на об'єм випробувань (експлуатаційних спостережень), що реалізуються. Оскільки випробування зразків обладнання ЗРМТ характеризуються високою вартістю і значною тривалістю, то для забезпечення необхідної якості результатів випробувань необхідно розробляти більш досконалі плани випробувань з використанням апріорної інформації і оптимізувати їх параметри.

Під плануванням випробувань розуміють [6] вибір плану випробувань і його параметрів, що забезпечують при заданих обмеженнях досягнення якнайкращого значення вибраного критерію оптимальності плану. Щоб спланувати випробування необхідно: на підставі певних "міркувань" вибрати тип плану випробувань (планування в широкому розумінні [7]); для вибраного типу плану випробувань встановити його параметри (планування у вузькому розумінні [8, 9]). Відзначимо, що стратегія (тип плану) випробувань характеризується наступними чинниками: об'єм випробувань - кількість тих виробів, що піддаються випробуванням, кількість дослідів або сумарний наробіток; зміст одиничного досвіду і ознака його закінчення; порядок проведення випробувань (з відновленням і (або) заміною зразків, що відмовили; без відновлення і (або) їх заміни); методи скорочення необхідного об'єму випробувань на підставі обліку апріорної інформації; ознаки (критерії) припинення випробувань; вирішальне правило - сукупність вказівок для висновку про надійність об'єкту за наслідками його випробувань. Тому при обґрунтуванні стратегії (типу плану) випробувань необхідно аналізувати сукупність вищенаведених чинників.

Хай мета випробувань на надійність "структурована" деякою цільовою функцією  $W$ , а  $p$  — є безліч типів планів випробувань на надійність  $p_1, p_2, \dots, p_k$ . Тоді вибір типу плану випробувань  $\pi_i \in \pi$  зводиться до вирішення на множині обмежень  $\Omega(\pi)$  наступного завдання

$$W(\pi) \rightarrow \text{extr}.$$

При цьому план  $\pi_i$  більш ефективний, ніж план  $\pi_j$  при заданих обмеженнях  $\Omega(\pi)$  і цільової функції  $W(\pi)$ , якщо  $W(\pi_i) > W(\pi_j)$ , за умови  $W(\pi) \rightarrow \max$ , або  $W(\pi_i) < W(\pi_j)$ , за умови  $W(\pi) \rightarrow \min$ . Якщо при заданих обмеженнях виконується умова  $W(\pi_i) = W(\pi_j)$ , то плани  $\pi_i$  і  $\pi_j$  є еквівалентними.

Вище було наведено, що метою проведення випробувань зразків обладнання ЗРМТ на безвідмовність є перевірка величин показників безвідмовності, що контролюються, на відповідність встановленим вимогам й, у разі позитивного результату, оцінювання цих показників із заданою точністю та (або) достовірністю. З урахуванням вимог до точності і достовірності контролю і оцінки показників надійності завдання можна навести у вигляді  $W(\pi) \rightarrow \text{extr}$ ,  $\delta(\pi) \leq \delta_{\text{тр}}$ ,  $\gamma(\pi) \geq \gamma_{\text{тр}}$ , де  $\delta_{\text{тр}}$ ,  $\gamma_{\text{тр}}$  - задані значення показників точності і достовірності при контролі (оцінці) показників надійності. Для скорочення

множини  $\Pi$  можуть бути використані рекомендації щодо вибору типів планів випробувань на надійність [10] і результати приведеного нижче аналізу.

Оскільки тривалість випробувань на надійність, як правило, велика, то для забезпечення реалізації запланованих об'ємів випробувань доцільно використовувати так звані суміщені випробування на надійність. При цьому, як правило, вибір плану випробувань на надійність обумовлений порядком проведення випробувань за показниками функціонального призначення. При необхідності передбачається проведення спеціальних випробувань на надійність [11].

Для знаходження параметрів плану випробувань вибраного типу необхідно використовувати відомі або, у разі їх відсутності, розробити нові співвідношення, що визначають взаємозв'язок характеристик точності і достовірності з результатами випробувань. Необхідність вдосконалення відомих математичних моделей випробувань на надійність для подальшого їх використання при обґрунтуванні параметрів планів випробувань зразків обладнання ЗРМТ на безвідмовність пов'язана з тим, що: відсутні математичні моделі процесів випробувань на надійність для сумісного вирішення завдань контролю і подальшої (при позитивних результатах контролю) оцінки показників безвідмовності об'єкту випробувань; відомі математичні моделі випробувань технічних об'єктів на надійність передбачають зниження витрат (часових, вартісних і інших) на проведення цих випробувань при виконанні вимог до точності і достовірності їх результатів, як правило, за рахунок переходу до багатоступеневої або послідовної схеми їх проведення без урахування апріорної інформації про величини показників надійності, або, при одноступеневої схемі проведення - за рахунок обліку апріорної інформації про величину показника надійності.

Тому доцільна розробка математичних моделей, що описують процес послідовних випробувань зразків обладнання ЗРМТ на безвідмовність з урахуванням апріорної інформації про величини показників безвідмовності, що контролюються, з подальшою оцінкою їх величини у разі позитивного результату контролю. Плани випробувань, усічені за тривалістю або кількістю відмов, допускають можливість значних відмінностей величин, які спостережуються, після закінчення проведення випробувань на надійність ризику постачальника і споживача від запланованих значень. Для забезпечення відповідності фактичних величин ризиків запланованим значенням розробляється імітаційна модель процесу випробувань на надійність. Вирішенню цих завдань присвячений розділ 3 дисертації.

Вирішення перерахованих вище завдань обґрунтування вимог до якості результатів випробувань на надійність, обґрунтування стратегій випробувань на надійність, обґрунтування параметрів планів випробувань і складання програми випробувань здійснюється, як правило, шляхом послідовних наближень з поверненням до вже пройдених етапів. При цьому рішення, що приймаються на першому етапі (обґрунтування вимог до точності і достовірності результатів випробувань), значно впливають на параметри планів випробувань, об'єм необхідних статистичних даних, величину витрат праці, часу, ресурсу об'єктів випробувань, загальну тривалість і вартість випробувань. Проте виявляються ці техніко-економічні характеристики лише на подальших етапах. Для обґрунтування вимог до точності і достовірності контролю і оцінки показників безвідмовності, в принципі, можна розробити підхід, що забезпечує однозначність і раціональність (оптимальність у певному значенні) рішень, що приймаються. Так, оптимальним можна рахувати рівень вимог, що мінімізує суму втрат від можливих помилок контролю і (або) оцінки показників надійності виробу і витрат на проведення випробувань. Якщо другий доданок можна визначити відносно просто, то перше визначити важко. Остаточний варіант значень вимог до точності і достовірності результатів випробувань, як правило, є компроміс між прагненнями отримати результати

порівняно високої якості і понизити витрати на підготовку і проведення випробувань [12].

Залежно від наявних початкових даних розглядаються різні варіанти обґрунтування вимог до точності і достовірності результатів випробувань на безвідмовність. У зв'язку з тим, що в процесі підконтрольної експлуатації передбачено неодноразове проведення контролів граничного стану (рис.1), то доцільно перед проведенням випробувань на безвідмовність уточнювати необхідні величини показників точності і достовірності їх результатів. Тому вирішення вищенаведених завдань пропонується проводити з використанням так званих “відкритих” процедур, що передбачають перегляд попередніх рішень про величини початкових характеристик і параметрів планів випробувань з урахуванням чергових отриманих результатів випробувань і підконтрольної експлуатації, що показано на блок-схемі удосконаленого методу оцінки показників надійності зразків обладнання ЗРМТ (рис.2).

Оскільки безвідмовність зразків обладнання ЗРМТ в процесі експлуатації змінюється, а вихід показників безвідмовності за межі встановлених вимог є одним з ознак переходу об'єктів в граничний стан, то оцінку показників залишкового ресурсу (терміну служби) обладнання ЗРМТ доцільно проводити з використанням залежностей зміни показників безвідмовності від параметрів, що характеризують ступінь їх зміни, наприклад, тривалість експлуатації, сумарний наробіток і тощо. Унаслідок того, що вигляд і кількість аргументів цих залежностей, як правило, невідомо, то потрібно їх встановлювати з використанням накопичених результатів експлуатаційних спостережень і випробувань на безвідмовність. Математичним апаратом, який може бути використаний для вирішення даного завдання, є методи множинного лінійного регресійного аналізу [1, 12]. Виключення взаємозалежності аргументів (частину з них носять випадковий і неубиваючий характер зміни в часі) і облік нерівноточности оброблених результатів підконтрольної експлуатації і випробувань на безвідмовність запропоновано здійснювати відповідно з використанням методів факторного аналізу і зважених методів оцінки невідомих коефіцієнтів регресійної моделі.

Побудовані моделі зміни показників безвідмовності зразків обладнання ЗРМТ після перевірки їх якості запропоновано використовувати для прогнозування значень показників безвідмовності на майбутньому етапі експлуатації (рис.1) [11,12] в припущенні, що умови і режими експлуатації на інтервалах спостереження і випередження істотно не розрізнятимуться. Оцінки показників залишкового ресурсу (терміну служби) обладнання ЗРМТ при експлуатації за технічним станом визначаються за відомими гранично допустимими значеннями показників безвідмовності і моделям зміни їх величин в процесі експлуатації. Вирішенню цих завдань присвячений підрозділ 4.1.

Відповідно до вищенаведеного вирішення завдань контролю і оцінки показників надійності зразків обладнання ЗРМТ при експлуатації за технічним станом для продовження їх призначених ресурсів (термінів служби) пропонується реалізовувати шляхом розробки (удосконалення) відповідного методу, до складу якого входять наступні часткові методи: метод обґрунтування початкових характеристик для планування випробувань зразків обладнання ЗРМТ на надійність; метод планування випробувань зразків обладнання ЗРМТ на безвідмовність; метод розрахунково-експериментальної оцінки показників залишкового ресурсу (терміну служби) обладнання ЗРМТ при експлуатації за технічним станом з використанням результатів підконтрольної і ліверної експлуатації і випробувань на надійність. Взаємозв'язок вищеназваних часткових методів і інших елементів в рамках удосконаленого методу показаний на рис.2.

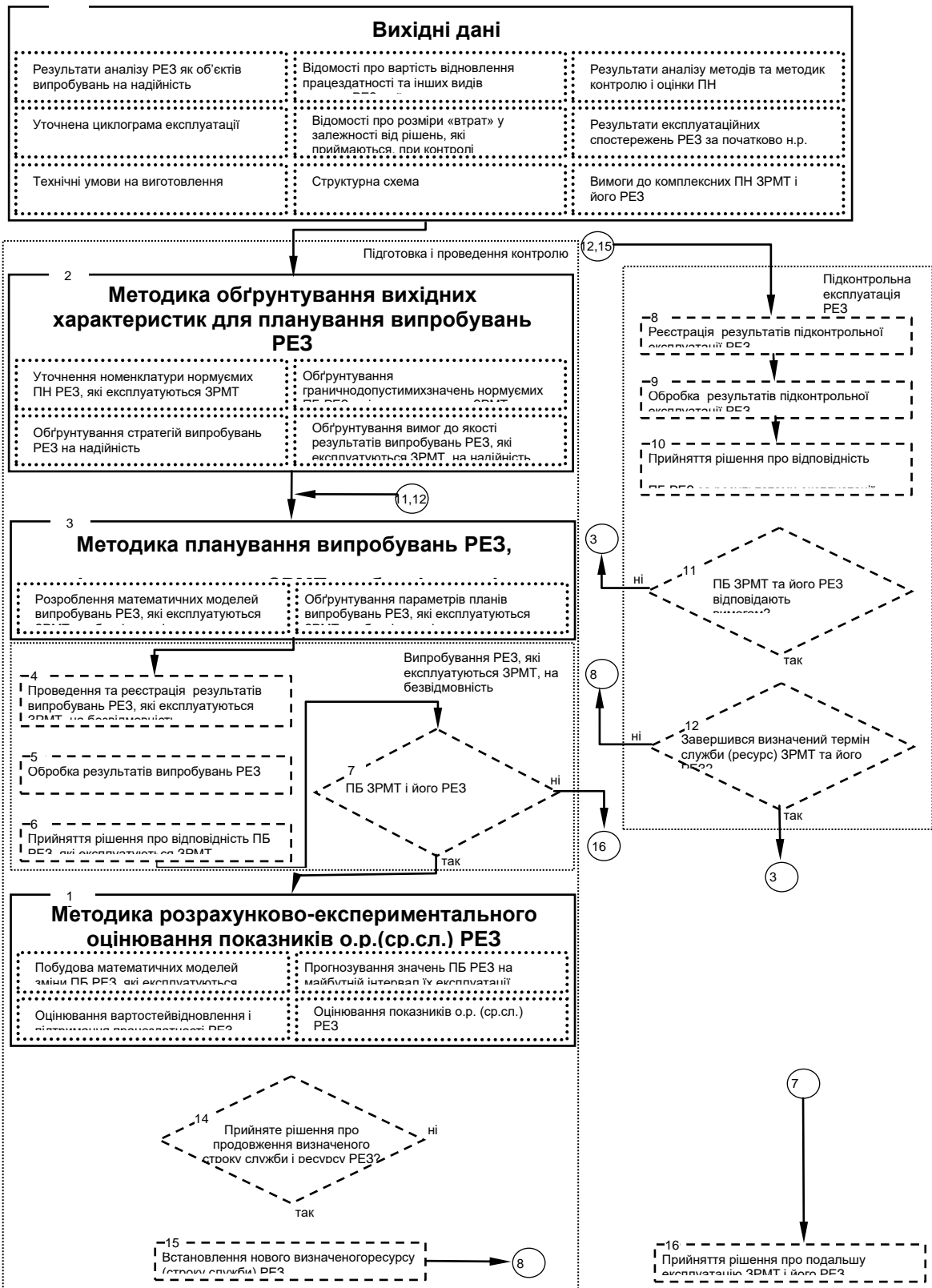


Рисунок 2 – Структурна схема методу контролю і оцінки показників надійності обладнання ЗРМТ при експлуатації за технічним станом

Розроблений (удосконалений) метод заснований на наступних основних положеннях:

– при вирішенні завдань продовження призначених ресурсів (термінів служби) є (або можуть бути обчислені) кількісні оцінки показників безвідмовності обладнання ЗРМТ, відповідні різним інтервалам експлуатації фіксованої тривалості;

– на початок вирішення завдань продовження призначених ресурсів (термінів служби) уточнена типовий життєвий цикл обладнання ЗРМТ за результатами його експлуатації протягом первинного встановленого призначеного ресурсу (терміну служби). При цьому може бути потрібно уточнення номенклатури нормованих показників надійності зразків обладнання ЗРМТ, встановлених в технічних умовах на виготовлення нових виробів;

– надійність нових зразків обладнання ЗРМТ, а, отже, і вимоги до їх показників надійності, встановлюються розробником з певним “запасом”, який повинен забезпечувати ефективність використання обладнання за призначенням не нижче заданого показника в межах первинного встановленого призначеного ресурсу (терміну служби). Для зразків обладнання ЗРМТ, що експлуатуються за технічним станом на інтервалах продовження призначених ресурсів (термінів служби), вимоги до показників надійності повинні бути уточнені з урахуванням нових чинників;

– випробування зразків обладнання ЗРМТ на надійність проводяться для підтвердження відповідності показників безвідмовності об'єктів випробувань встановленим вимогам у відповідних реальних режимах експлуатації умовах. При цьому режими функціонування (тривалість перебування в увімкненому стані, періодичності вмикань і інше) виробів повинні задовольняти вимогам експлуатаційної документації, а інтенсивність експлуатації при випробуваннях на безвідмовність може бути вище, ніж при штатній експлуатації в сучасних умовах;

– режими функціонування зразків обладнання ЗРМТ в процесі підконтрольної експлуатації відповідають режимам функціонування при штатній експлуатації виробів. При цьому результати підконтрольної експлуатації розглядаються як результати пасивного експерименту;

– контроль і оцінка показників безвідмовності проводяться за результатами експлуатації за відповідні інтервали фіксованої тривалості і результатами спеціальних випробувань з урахуванням апріорної інформації, накопиченої за передуючий випробуванням інтервал експлуатації;

– оцінка показників залишкового ресурсу (терміну служби) проводиться за результатами сумісної обробки результатів експлуатації і випробувань на надійність на досліджуваних інтервалах експлуатації;

– кожен з виділених вище основних етапів удосконаленого методу контролю і оцінки показників надійності зразків обладнання ЗРМТ вимагає вирішення певної сукупності завдань і, отже, розробки відповідних методів;

– необхідно забезпечити певну послідовність і взаємозв'язок вирішення сукупності завдань контролю і оцінки показників надійності, що приводить до необхідності введення в блок-схему удосконаленого методу так званих “зворотних зв'язків”, які дозволять адаптивно вирішувати конкретні завдання залежно від накопиченої інформації, що використовується в якості початкових даних.

Початковою інформацією, яка використовується при вирішенні вищевикладених завдань, є накопичені результати експлуатаційних спостережень і результати випробувань на надійність, організованих при контролі граничного стану.

Відповідно до блок-схеми удосконаленого методу контролю і оцінки показників надійності зразків обладнання ЗРМТ при експлуатації за технічним станом (рис.2.2), отримання і сумісна обробка результатів випробувань на надійність і експлуатаційних спостережень зразків обладнання ЗРМТ для вирішення завдань продовження їх призначених ресурсів (термінів служби) полягає в наступному:

– у моменти часу, передбачені Програмою робіт по продовженню призначених

ресурсів (термінів служби) (рис.2.1), результати експлуатаційних спостережень і випробувань на надійність, накопичені за інтервали експлуатації фіксованої тривалості, розглядаються як результати контрольних випробувань на безвідмовність;

– щодо тих же моментів часу, у разі ухвалення рішення про відповідність показників безвідмовності зразків обладнання ЗРМТ встановленим вимогам, результати експлуатаційних спостережень і випробувань на надійність розглядаються як результати визначальних випробувань на безвідмовність;

– результати експлуатаційних спостережень і випробувань на безвідмовність, накопичені на сукупності інтервалів експлуатації фіксованої тривалості, розглядаються як початкові дані для оцінки показників залишкового ресурсу (терміну служби) і, після статистичної обробки, представлені у вигляді оцінок показників безвідмовності і середньоквадратичного відхилення (с.к.в.) цих оцінок, використовуються для побудови залежностей зміни величини показників безвідмовності зразків обладнання ЗРМТ від тривалості експлуатації і інших чинників і подальшої оцінки показників залишкового ресурсу (терміну служби).

Розроблена в [11] двоступенева процедура контролю за одним рівнем є досконалішою, оскільки передбачає зміну об'єму контрольних вимірювань в процесі їх проведення залежно від отриманих проміжних результатів випробувань на першому ступені випробувань. Проте ці методи не передбачають задоволення вимог до відтворюваності результатів контролю, можливості планування контрольних вимірювань з подальшою оцінкою величини показників надійності із заданою точністю і достовірністю у разі ухвалення позитивного рішення за результатами контролю.

Можливий напрям рішення задачі розробки раціональних планів контрольних вимірювань зразків обладнання ЗРМТ полягає в сумісному застосуванні принципу розподілу пріоритетів (ППП) [3] і методу контрольних вимірювань на надійність за одним контрольним рівнем з подальшою (у разі позитивного результату контролю) оцінкою показників надійності, що враховує апріорну інформацію про величину цього показника.

Як відомо, в середньому найбільш економічним при проведенні контрольних випробувань на надійність є контроль надійності за послідовною схемою контрольних випробувань її модифікаціям, за умови, що забезпечена незалежність спостережень, що послідовно проводяться. Проте, слід зазначити, що відомі в науково-технічній літературі процедури послідовного контролю і їх модифікації розглянуті тільки для контролю показників надійності за двома рівнями.

Для свого вирішення задача розробки раціонального плану контрольних вимірювань на надійність вимагає сумісного дослідження можливості використання послідовної процедури контрольних вимірювань при контролі надійності за одним рівнем і розробки процедури планування об'ємів контрольних вимірювань з урахуванням апріорної інформації про величину показника, що забезпечує виконання вимог до достовірності і відтворюваності результатів контролю, а також, у разі ухвалення позитивного рішення за результатами контролю, отримання оцінки показника надійності, що контролюється, із заданою точністю і достовірністю.

З вищевикладеного виходить доцільність сумісного застосування PPP і усіченого послідовного методу контролю надійності за одним рівнем, що враховує апріорну інформацію про величину показника, з багатоступінчатими лініями приймання і бракування, що реалізовує, при необхідності, можливість подальшої оцінки показника надійності, що контролюється, із заданою точністю і достовірністю у разі ухвалення позитивного рішення за результатами контролю, що і складає суть запропонованої процедури проведення раціональних контрольних випробувань.

**Висновки.** Таким чином, розроблені загальні положення удосконаленого методу оцінки показників надійності зразків обладнання ЗРМТ при експлуатації за технічним станом для вирішення завдань продовження призначених ресурсів (термінів служби)

включають:

– обґрунтування методу оцінки показників залишкового ресурсу (терміну служби) зразків обладнання ЗРМТ і визначення взаємозв'язаної сукупності завдань, вирішення яких необхідне для індивідуального продовження призначених ресурсів (термінів служби);

– визначення переліку і послідовності етапів удосконаленого методу оцінки показників надійності;

– обґрунтування необхідності розробки сукупності часткових методів і моделей випробувань і визначення послідовності їх застосування;

– обґрунтування допущень, використовуваних при розробці часткових методів і моделей випробувань;

– уточнення поняття раціонального плану контрольних випробувань на надійність на основі якісного аналізу методів цих випробувань.

При цьому сукупність часткових методів і моделей випробувань удосконаленого методу оцінки показників надійності зразків обладнання ЗРМТ включає метод обґрунтування початкових характеристик для планування випробувань, математичні моделі випробувань на безвідмовність, метод розрахунково-експериментальної оцінки показників залишкових ресурсів (термінів служби) обладнання ЗРМТ з використанням результатів підконтрольної і лідерної експлуатації і випробувань на надійність.

Комплексність у вирішенні сукупності названих завдань дозволяє забезпечити зниження сумарних витрат на ТЕ і Р обладнання ЗРМТ при експлуатації за технічним станом за рахунок узгодженого (взаємозв'язаного) планування і проведення випробувань на безвідмовність і довговічність (в порівнянні з роздільним плануванням і проведенням цих випробувань); індивідуального призначення моментів і об'ємів проведення ремонтів, корегування інших параметрів ТЕ і Р: періодичності і об'ємів ТЕ, номенклатури і кількості елементів ЗПП, складу експлуатаційного і ремонтного персоналу і тощо.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамов О.В. Контроль и прогнозирование технического состояния систем ответственного назначения. *Надежность и качество сложных систем*. 2018. № 4 (24). С. 108–115.

2. Баранов Г. Л., Носовський А. М., Тихонов І. В. Функціональна стійкість навігаційного обслуговування безпеки судноплавства на внутрішніх водних шляхах: монографія. Київ: КДАВТ, 2012. 149 с.

3. Богом'я В. І., Коломієць О. М. Методи підвищення ефективності процесу експлуатації судових комплексів. *Новітні технології*. 2017. Вип. 1(3). С. 42–48.

4. Вычужанин В.В., Рудниченко Н.Д. Технические риски сложных комплексов функционально взаимосвязанных структурных компонентов судовых энергетических установок. *Вісник Одеського національного морського університету*. 2014. № 2. С. 68–77.

5. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. [Електронний ресурс]. Режим доступу [https://dnaop.com/html/2273/doc\\_2860-94](https://dnaop.com/html/2273/doc_2860-94).

6. Колесников А. В. Кириков И. А. Методология и технология решения сложных задач методами функциональных гибридных интеллектуальных систем. Москва: ИПИ РАН, 2007. 387 с.

7. Критерій оптимальності процесу технічного обслуговування судових комплексів/ Тимошук О.М., Коломієць О. М., Даки О.А., Трофименко І.В. *Наука і техніка Повітряних сил Збройних сил України*. 2017. №4(29). С.132–136.

8. Кудрицька Н. В. Транспортнодорожній комплекс України: сучасний стан, проблеми та шляхи розвитку: монографія. Киев: НТУ, 2010. 338 с.

9. Кравченко Ю.В., Богом'я В.І., Тимошук О.М., Горбань А.В., Белоброва Т.А. За заг. ред. О. М. Тимошук. Моделювання та оптимізація інформаційних систем в судноводінні (підручник). Київ. ДУІТ. 2019. 314 с.

10. Богом'я В.І., Давидов В.С., Доронін В.В., Пашков Д.П., Тихонов І.В. Навігаційне забезпечення управління рухом суден: навчальний посібник. Київ :ДВВП «Компас», 2012, 336 с.

11. Богом'я В.І., Єлезаров О.П., Павленко М. А., Тимочко О. І., Тимошук О.М. Основи технічної експлуатації автоматизованої системи управління судном: підручник для студентів вищих навчальних закладів. Київ. ДУІТ. 2018. 305 с.

12. Богом'я В.І., Єлезаров О.П., Павленко М. А., Тимочко О. І., Тимошук О.М. Особливості системного підходу до вирішення наукових завдань експлуатації суднового обладнання. Київ, ДУІТ, 2018, 305 с.

## REFERENCES

1. Abramov O.V. (2018) Kontrol y prohnozyrovanye tekhnicheskoho sostoiannya system otvetstvennogo naznacheniya. *Nadezhnost y kachestvo slozhnykh system. № 4 (24)*, 108–115 [in Ukrainian].

2. Baranov H. L., Nosovskyi A. M. & Tykhonov I. V. (2012). *Funktsionalna stiikist navihatsiinoho obsluhovuvannia bezpeky sudnoplavstva na vnutrishnikh vodnykh shliakhakh: monohrafiia*. Kyiv: KDAVT [in Ukrainian].

3. Bohomia V. I. & Kolomiets O. M. (2017). Metody pidvyshchennia efektyvnosti protsesu ekspluatatsii sudnovykh kompleksiv. *Novitni tekhnolohii. 2017. Vyp. 1(3)*. 42–48 [in Ukrainian].

4. Vychuzhanyn V.V. & Rudnychenko N.D. (2014). Tekhnicheskyye rysky slozhnykh kompleksov funktsionalno vzaemosv'iazannykh strukturnykh komponentov sudovykh enerhetycheskykh ustanovok. *Visnyk Odeskoho natsionalnogo morskoho universytetu. № 2*. 68–77. [in Ukrainian].

5. DSTU 2860-94. Nadiinist tekhniky. Terminy ta vyznachennia. <https://dnaop.com>. Retrieved from [https://dnaop.com/html/2273/doc\\_2860-94](https://dnaop.com/html/2273/doc_2860-94) [in Ukrainian].

6. Kolesnykov A. V. & Kyrykov Y. A. (2007). *Metodolohiya y tekhnolohiya reshennia slozhnykh zadach metodamy funktsionalnykh hybrydnykh yntellektualnykh system*. Moskva: YPY RAN [in Ukrainian].

7. Tymoshchuk O.M., Kolomiets O. M., Daki O.A. & Trofymenko I.V. (2017). Kryterii optymalnosti protsesu tekhnichnogo obsluhovuvannia sudnovykh kompleksiv. *Nauka i tekhnika Povitrianykh syl Zbroinykh syl Ukrainy. №4(29)*. 132–136 [in Ukrainian].

8. Kudrytska N. V. 2010(). *Transportnodorozhnii kompleks Ukrainy: suchasnyi stan, problemy ta shliakhy rozvytku: monohrafiia*. Kyev: NTU [in Ukrainian].

9. Kravchenko Yu.V. Bohomia V.I., Gorban A.V., Belobrova T.A. & Tymoshchuk O.M. (2019). *Modeliuvannia ta optymizatsiia informatsiinykh system v sudnovodinni: pidruchnyk*. Kyiv :DUIT [in Ukrainian].

10. Bogomiya V.I., Davidov V.S., Doronin V.V., Pashkov D.P. & Tikhonov I.V. (2012). *Navihatsiine zabezpechennia upravlinnia rukhom suden: navchalnyi posibnyk*. Kyiv: DVVP «Komпас» [in Ukrainian].

11. Bogomiya V.I., Elleazarov O.P., Pavlenko M.A., Timochko O.I. & Timoshchuk O.M. (2018). *Osnovy tekhnichnoi ekspluatatsii avtomatyzovanoi systemy upravlinnia sudnom: pidruchnyk dlia studentiv vyshchyykh navchalnykh zakladiv*. Kyiv. DUIT [in Ukrainian].

12. Bogomiya V.I., Gorban A.V., Pavlenko M.A., Timochko O.I., & Timoshchuk O.M.(2018). *Osoblyvosti systemnogo pidkhodu do vyrishennia naukovykh zavdan ekspluatatsii sudnovoho obladdnannia*.Kyiv, DUIT [in Ukrainian].

**Bazhak Olga Valeriivna**

## **METHOD OF INCREASING SAFETY OF SHIPPING**

*The analysis of relevant sources of information shows that the indicators of the quality of passenger and cargo transportation, the level of accident-free navigation continue to improve. Particular attention is paid to measures to ensure a given level of safety. A significant role in this direction is the effective solution of navigation tasks. This further emphasizes the relevance of research to improve the efficiency of sea and river vehicles through the use of operational and reliable navigational information.*

*At present, advanced technological solutions based on satellite navigation are used to ensure a guaranteed level of reliability, accuracy and efficiency of navigation. Analysis of foreign and domestic experience in the development and implementation of navigation systems that use GNSS shows the possibility of significantly increasing their efficiency through the development of mathematical software and the use of so-called local radio navigation systems.*

*The most relevant in this direction is the use of local (pseudo-satellite) radio navigation systems that operate in the format of GNSS-signals with a variable or flexible structure. In such systems, radio navigation points are mobile, which allows you to quickly ensure the specified accuracy of navigation in a particular area of navigation.*

*The introduction of a threshold value on the probabilistic efficiency of the system forms the criterion of efficiency as a criterion of acceptable tolerance. Limit values of this indicator, as well as limitations on the accuracy of the system, which are part of the efficiency indicator, are set by the developer based on knowledge of tactical and technical characteristics of tools for deployment of pseudo-satellite radio navigation system and experience in their application in specific conditions.*

*Keywords: navigation support, reliability, accuracy and efficiency, pseudo-satellite radio navigation systems, radio navigation point, radio navigation information, GNSS signals*

*Завітаєв В.Л.*

## МЕТОДИ РОЗМІЩЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ВАНТАЖУ НА СУХОВАНТАЖНИХ СУДНАХ

Складання вантажного плану, одна з головних складових частин перевезення. Це складна робота, що вимагає знання тонкощів технології і специфічних особливостей у процесах доставляння вантажів. Необхідно врахувати всі вимоги, що пред'являються перевізнику, як наприклад: збереження вантажу; безперешкодне та безперебійне вивантаження; забезпечення нормальних техніко-експлуатаційних показників роботи судна; максимальне використання вантажомісткості і вантажопідйомності судна.

Вантажний план складається ще до початку навантаження - так званий «попередній план». У ході навантаження, іноді, від нього роблять відступ через неподання запланованого вантажу, виявлених неточностей у розрахунку, переадресування партій вантажу і т.п.. Тому, після закінчення вантажних операцій складають виконавчий вантажний план, що відповідає фактичному завантаженню. По ньому остаточно уточнюють характеристики міцності, остійності і диференту судна.

Правильно завантажити судно - означає забезпечити його безпечне плавання при одночасному максимальному економічному ефекті. Розрахунок вантажного плану - серйозна інженерна робота з великою кількістю рішень, з яких потрібно вибрати оптимальне для цих умов. При цьому саме поняття "оптимальне" не завжди може бути однозначним. У одному випадку - це якнайповніше використання вантажопідйомності або вантажомісткості судна, в іншому - отримання максимального доходу, в третьому - збереження судном таких- або заздалегідь заданих характеристик морехідних якостей і ін. Виробити і рекомендувати усі можливі на практиці способи досягнення оптимального завантаження судна неможливо. Численність конструктивних типів транспортних суден, широка номенклатура вантажів, що перевозяться, і нескінченна кількість можливих їх поєднань, різноманітність напрямів і умов перевезень вимагають творчого підходу до складання вантажного плану в кожному конкретному рейсі.

Вантажний план для суховантажного судна найчастіше виконують у вигляді схематичного вертикального розрізу по діаметральній площині.

**Ключові слова:** безпека судна, вантажний план, графічне зображення, максимальне розміщення вантажів, ефективність, критерії остійності судна.

### Постановка проблеми.

Питання теорії та практики розміщення вантажів при складанні вантажного плану отримали розвиток в наукових працях вчених Аксютина Л. Р. [1], Снопкова В.І. [2], В.Д. Савчука [4], В.Н.Лебедева [5], та ін. Аналіз сучасних підходів щодо графічного розміщення вантажів при складанні вантажного плану визначив проблему, пов'язану з відсутністю більш наглядного схематичного вертикального розрізу по діаметральній площині судна, що потребує подальшого дослідження. Стаття складена на основі джерел і цитат відповідних публікацій.

**Актуальність статті.** Аналіз показує, що при складанні вантажного плану не використовувалася попередня оцінка можливостей розміщення максимальної кількості вантажів, яке може прийняти судно для ефективного використання вантажопідйомності і

вантажомісткості. Розміщення вантажів на схемі вертикального розрізу робилося із застосуванням аналітичних розрахунків шляхом підбору різних варіантів і займало багато часу. Не використовувалися наближені і скорочені методи.

Якщо відсутності відповідні програми, дана методика важлива для скорочення часу проведення ручних розрахунків при складанні вантажних планів. Вона присвячена вирішенню питань, пов'язаних з практичною оцінкою максимальної кількості розміщення різних видів вантажів в суховантажних суднах.

**Мета статті.** Метою методики є використання графічних методів для визначення наближено максимального розміщення в судні і окремо в вантажних приміщеннях різних видів вантажів і з різними питомими навантажувальними об'ємами вантажу для забезпечення ефективної експлуатаційної дільності.

Метою методики є максимальне використання вантажопідйомності і вантажомісткості суховантажних суден в короткий час і з мінімальною витратою часу наочне.

#### **Виклад основного матеріалу.**

Найбільш важливий етап складання вантажного плану полягає в розподілі вантажів між різними вантажними приміщеннями судна, для чого вивчають і враховують усі фізико-механічні, хімічні і інші властивості вантажів. Правильний розподіл вантажів по трюмах впливає не лише на їх збереження, але і на безпеку плавання судна.

Розміщення вантажів на судні повинно забезпечувати виконання таких основних умов:

1. Створення можливості безперешкодного вивантаження і навантаження в проміжних портах заходу.

2. Виключення можливості псування вантажів від їх шкідливого взаємного впливу (дія вологи, пилу, запахів, виникнення різних хімічних процесів та ін.), а також пошкодження нижніх шарів вантажу від тяжкості верхніх.

3. Виключення змішування вантажів з різних коносаментних партій.

4. Забезпечення прийому на борт цілого числа коносаментних партій.

5. Збереження властивостей вантажів при спільному їх перевезенні та місцевої міцності корпусу.

6. Забезпечення максимальної продуктивності праці при вантажних операціях.

7. Забезпечення під час переходу оптимального (або принаймні близького до нього) диференту судна.

8. Гарантія, що на всіх етапах рейсу остійність судна не стане нижче меж, передбачених нормативними вимогами Регістру судноплавства; одночасно має бути виключено і виникнення надмірної остійності.

9. Максимальне використання вантажопідйомності і вантажомісткості судна (в залежності від того, яка із зазначених величин буде лімітованою).

Встановлена практика звичайної послідовності операцій при розрахунку завантаження судна наступна:

1. Визначення загальної кількості вантажу, що може бути прийнято до перевезення в даному рейсі;

2. Підбір вантажів, виходячи з умов повного використання вантажопідйомності судна або його вантажомісткості або отримання максимального фрахту;

3. Розподіл навантаження по вантажних відсіках, з урахуванням необхідності забезпечення міцності корпусу (під вантажним відсіком розуміється трюм плюс твіндеки над ним);

4. Розміщення у вантажних приміщеннях вантажів у залежності від можливості їх спільного перевезення і забезпечення схоронності, а також послідовності вивантаження в

проміжних портах;

5. Визначення, виправлення і перевірка диференту;

6. Визначення, виправлення і перевірка остійності.

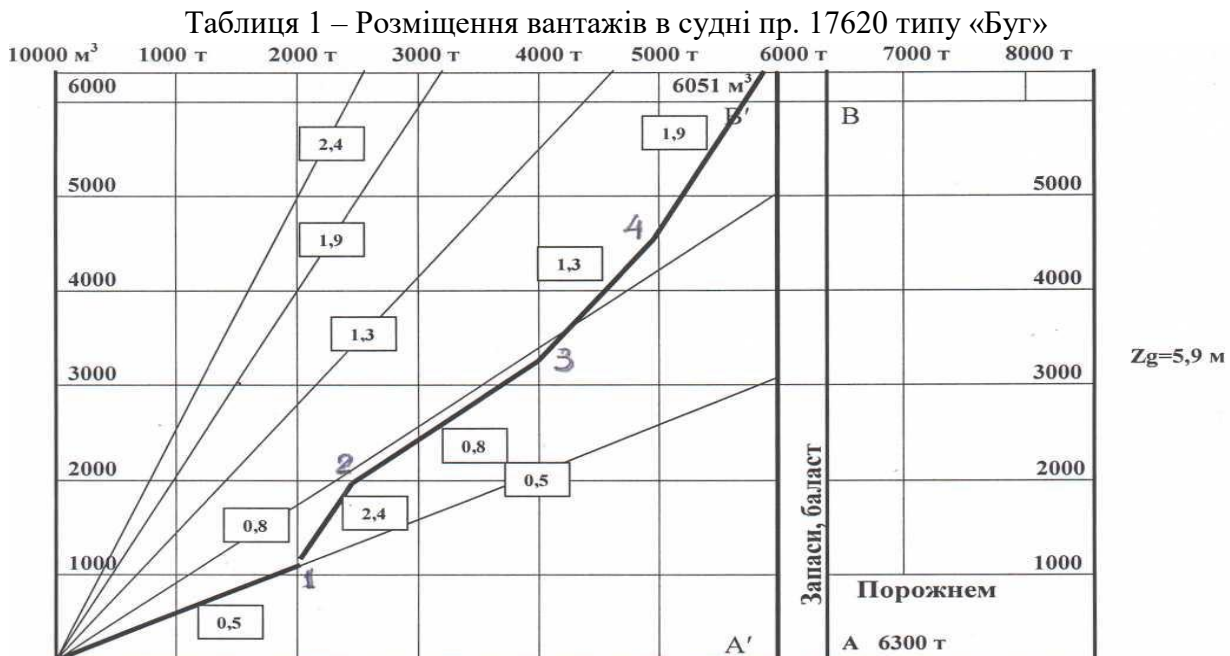
Вантажний план для суховантажного судна найчастіше виконують у вигляді схематичного вертикального розрізу по діаметральній площині.

Для прискорення процесу складання вантажного плану пропонується застосовувати графічний і аналітичний методи визначення кількості вантажу, що може прийняти судно. Для цього потрібно скласти схему вертикального розрізу судна із зазначенням загальної вантажопідйомності і вантажомісткості, окремо по зерновій і кіповій місткості, а також вантажопідйомності порожнього судна і всіх запасів, разом з баластом.

Визначення кількості однорідного вантажу графічним способом при завантаженні судна, наприклад, пр.17620 типу «Буг», не складає труднощів і рекомендується виконувати у такій послідовності (див. таблиця 1): будуються осі координат; на вісі абсцис відкладається вантажопідйомність судна; на вісі ординат – кіпова вантажомісткість  $V$  (до  $6051 \text{ м}^3$ ); будуються промені за рівнянням  $V = \omega D$  з кутовими коефіцієнтами у порядку зростання  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ , що відповідають питомим навантажувальним об'ємам вантажів.

Якщо, наприклад, на судно необхідно набрати одного вигляду вантажу з питомим навантажувальним об'ємом вантажу  $0,5 \text{ м}^3/\text{т}$ , то на вертикальному розрізі судна (таблиця 1) при повному заповненні вантажних трюмів об'єм займаний вантажем складатиме близько  $3000 \text{ м}^3$ , а це означає, що є вільні простори у вантажних трюмах і потрібно сепарацію для виключення зміщення вантажу; для вантажу з питомим навантажувальним об'ємом вантажу  $1,3 \text{ м}^3/\text{т}$  кількість вантажу, що приймається, складатиме близько  $4600 \text{ т}$ . Такі об'єми і кількість вантажу, що приймається, можна отримати і аналітичним шляхом.

Якщо потрібно завантажити на судно кілька видів вантажів з різними питомими навантажувальними об'ємами рекомендується використовувати нижче описану методику і у такій послідовності (див. табл. 1).



Будуються вісі координат, на вісі абсцис відкладається вантажопідйомність судна, на вісі ординат – кіпова вантажомісткість; також будуються промені за рівнянням  $V = \omega D$  з кутовими коефіцієнтами у порядку зростання  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ , що відповідають питомим навантажувальним об'ємам обов'язкових вантажів.

Будуються промені за рівнянням  $V = \omega D_{\phi}$  з кутовими коефіцієнтами у порядку зростання  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ , що відповідають питомим навантажувальним об'ємам вантажів; будуються промені  $\omega$  вантажів, з використанням  $V = D\omega$  або  $D = V/\omega$ .

У подальшому, паралельно осі ординат від вектора АВ, який відповідає дедвейту судна, в напрямку початку координат відкладається вісь А'В', яка відповідає вантажомісткості запасів і баласту (т). Надалі будується ламана лінія завантаження судна у наступній послідовності.

Наприклад, на промені із мінімальним  $\omega_1 = 0,5 \text{ т/м}^3$  в кількості 2000 т відмічається точка 1, з координатами  $(D_1, V_1)$  вантажу із  $\omega_1$ ; із точки 1, паралельно променю  $\omega_n = 2,4 \text{ т/м}^3$  в кількості 500 т будується вектор 1-2 із проєкціями  $D_{n1}$  і  $V_{n1}$ , що відповідають вантажу із  $\omega_n$ ; із точки 2, паралельно променю  $\omega_2$  будується вектор 2-3 із проєкціями  $D_{\phi 2}$  і  $V_2$ , що відповідають вантажу із  $\omega_2 = 1,9 \text{ т/м}^3$  в кількості 1500 т; із точки 3, паралельно променю  $\omega_{n-1}$  будується вектор 3-4 із проєкціями  $D_{n-1}$  і  $V_{n-1}$ , що відповідають вантажу  $\omega_{n-1} = 1,3 \text{ т/м}^3$  в кількості 1000 т.; із точки 4, паралельно променю  $\omega_{n-1}$  будується вектор 4-5 із проєкціями  $D_{n-1}$  і  $V_{n-1}$ , що відповідають вантажу із  $\omega_{n-1} = 1,3 \text{ т/м}^3$  в кількості рівної  $(5800 \text{ т} - 2000 \text{ т} - 500 \text{ т} - 1500 \text{ т} - 1000 \text{ т} = 800 \text{ т})$ .

Кінцева точка побудованої ламаної повинна мати координати D, V завантаження судна.

Для факультативних (необов'язкових) вантажів графік будують у тій же послідовності підбиранням вантажу, який приймається в такій кількості, щоби крива замкнулася у верхній точці і праворуч.

При розподілі вантажу в трюми судна варто враховувати наступне: завантаження кожного трюму має бути пропорційним його вантажомісткості; при розподілі вантажів не допускається розрив коносаментної партії; дотримання сумісності вантажів з різними фізико-хімічними властивостями; за висотою вантажного відсіку необхідно укласти вантажі, у яких більша питома вантажомісткість для уникнення механічних ушкоджень легких вантажів, а вантажі з менше міцною тарою укласти поверх більш важких.

Повне укладання вантажів потрібно виконувати з дотриманням технології завантаження і урахуванням технології розвантаження та забезпечувати попередження їхнього зсуву під час хвилювання моря.

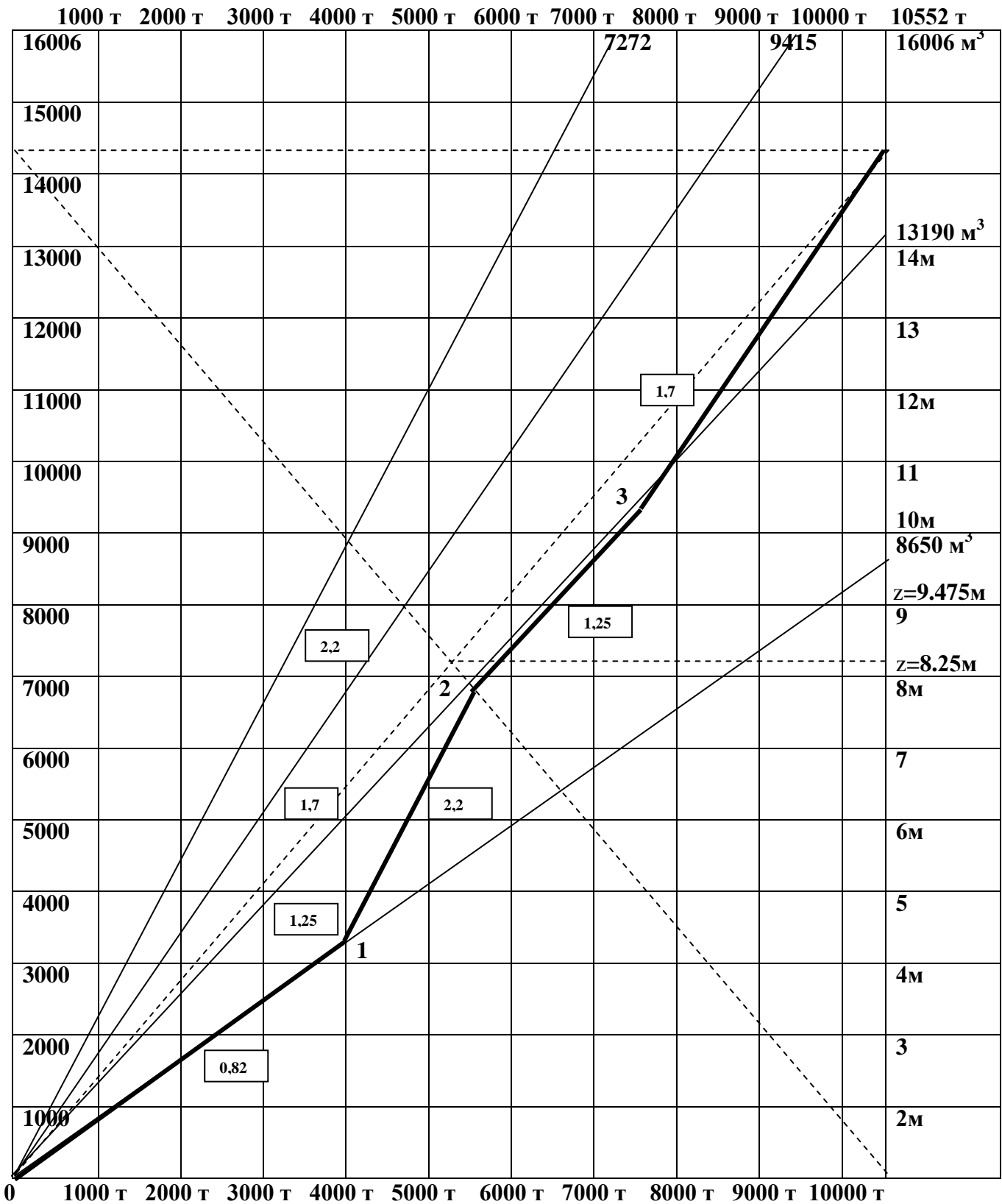
Після розміщення вантажів необхідно виконувати перевірку вантажопідйомності і вантажомісткості судна аналітичним шляхом, з метою їх не перевищення.

Після розміщення вантажів в цілому за такою ж схемою розподіляють вантаж по трюмах.

У разі наявності великої кількості дрібних партій вантажу його координати усередині судна можна визначити з креслення судна перетинами по ватерлініях (приблизно через метр), по шпангоутах (по шпаціях), а також по батоксах (приблизно через метр). У цьому випадку кожна партія вантажу може бути точно позначена номером ватерлінії, батокса і шпангоута.

В таблиці 2 наведено приклад будови графіку розміщення вантажів в трюмі судна, на якому зображені вектори 4-х різних вантажів з питомими навантажувальними об'ємами, відповідно, паркет -  $\omega = 0,82 \text{ м}^3/\text{т}$ , консерви -  $\omega = 1,25 \text{ м}^3/\text{т}$ , вино в пляшках -  $\omega = 1,7 \text{ м}^3/\text{т}$  і фанера -  $\omega = 2,2 \text{ м}^3/\text{т}$ .

Таблиця 2 – Розміщення вантажів в трюмі судна



Для визначення початкової остійності необхідно вантаж розміщувати по трюмах і визначати їх центр тяжіння від основної лінії на перетині діагоналей (точка  $Z_g=8,25$  в табл.2).

Використовуючи інформацію про остійність судна за осадкою при заданому навантаженні, з урахуванням щільності води, знаходять аплікату метацентру і початкову остійність за формулою:

$$h_0 = Z_m - Z_g,$$

де  $Z_m$  – метацентр при данному навантаженні, м;

$Z_g$  – цент тяжіння судна, м.

**Висновок.** Для досягнення поставленої мети в роботі визначене наступне: предложена структура графічного зображення різних видів вантажів; впроваджена попередня послідовність розміщення на судах вантажів з різними питомими навантажувальними об'ємами; предложена, на прикладі, таблиця для графічного використання; визначена методика розміщення вантажів в ній.

Дана методика дозволить заздалегідь передбачати кількість вантажу, що може прийняти судно на борт або у вантажне приміщення. Дана методика дозволить прискорити складання вантажного плану для ефективного використання судна.

## ЛІТЕРАТУРА

1. **Аксютин Л. Р.** Грузовой план судна: Учебное пособие для ВУЗов. - Одесса.: Латстар, 1999,138 с.
2. **Снопков В.И.** Технология перевозки грузов морем: Учебник для вузов. 3-е изд. Перераб. и доп. С.Петербург: НПО «Мир и семья», 2001,560 с.
3. **Г.М.Железный, А.И. Задорожный, В.Н.Щербак.** Судоводителям. Что должен знать судоводитель. Практическое пособие. Одесса. Изд-во КП ОГТ, 2005,464 с.
4. **В.Д. Савчук.** Технология перевозки грузов. ОНМА. Одесса. Учебник для вузов,2007, 354 с.
- 5.**В.Н.Лебедев.** Технология перевозок. ГУМРФ им. Адмирала С.О.Макарова , СПб. Учебник для ВУЗов, 2015, 444 с.
6. **Revision** of the Code on Intact Stability. Submitted by Germany. (MSC78/24/1) (15 December 2003) . International maritime organization. 2003. London.
- 7.**Pierrottet E. Standards** of Stability for Ships. Transactions Institution of Naval Architects. Pavonia Avenue Jersey City, NJ. 1935. Vol. 77, pp. 208-222.

## REFERENCES

1. **Aksutin L.R.** Freight plan of ship: train aid for Institutions of higher learning. Odesa.: Latstar, 1999,138 p.
2. **Snopkov V.I.** Technology of transportation of loads a sea: Textbook for institutions of higher learning. 3th publ. of remake and amend. S.Peterburg: SPS the "World and family", 2001, 560 p.
3. **G.M. Zhelezny, A.I. Zadorozhny, V.N.Therbak.** To the navigators. What a navigator must know. Practical manual. Odesa. Publishing house of KP OGT, 2005. 464 p. with silt.
4. **V.D. Savchuk.** Technology of transportation of loads. ONMA.Odesa. Textbook for institutions of higher learning, 2007, 354 p.
- 5.**V.N. Lebedev.** Technology of transportations. HAMRF the name of Admiral S.O.Makarov, SPb. Textbook for Institutions of higher learning, 2015, 444 p.
6. **Revision** of the Code on Intact Stability. Submitted by Germany. (MSC78/24/1) (15 December 2003) . International maritime organization. 2003. London.
- 7.**Pierrottet E.** Standards of Stability for Ships. Transactions Institution of NavalArchitects. Pavonia Avenue Jersey City, NJ. 1935. Vol. 77, pp. 208-222.

**Zavitaev V.L.**

**METHODS OF PLACING OF MAXIMAL AMOUNT OF LOAD ON DRY-CARGO SHIPS**

*Drafting freight plan, one of main component parts of transportation. It is difficult work that requires knowledge of subtleties of technology and specific features in the processes of delivery of loads. It is necessary to take into account all requirements that is produced to the ferryman, as for example: maintenance of load; unimpeded and trouble-free unloading; providing of normal technical operational indexes of work of ship; maximal use of shipload and tonnage. A freight plan is made yet to beginning of loading is the so-called "preliminary plan". During loading, sometimes, from him do retreat through backing-away of the pre-arranged load, educed inaccuracies in a calculation, readdressing of parties of load etc. Therefore, after completion of freight operations make an executive freight plan that answers the actual loading. On him finally specify descriptions of durability, oh.*

*It is correct to load a ship - means to provide his safe swimming at a simultaneous maximal economic effect. A calculation of freight plan is an engineering thoughtful piece of work with plenty of decisions from that it is needed to choose optimal for these terms. Thus self concept the "optimal" not always can be unambiguous. In one case is this most complete use of carrying capacity or shipload of ship, in other is a receipt of maximal acuests, in the third are maintenances to Produce the ship of the set descriptions of the navigated qualities of and other and recommend all possible in practice methods of achievement of the optimal loading of ship it is impossible. Great number of structural types of transport courts, wide nomenclature of loads that is transported, and endless amount of their possible combinations, the variety of directions and terms of transportations is required creative going near drafting of freight plan on every certain voyage.*

*Freight plan for a dry-cargo ship ship is mostly executed as a schematic vertical cut on a centerplane.*

**Keywords:** *safety of ship, freight plan, graphic image, maximal placing of loads, efficiency, criteria of stability of ship.*

*Завітаєв В.Л., Горалік Є.Т., Федотов В.Г.*

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОПУСТИМОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РІВНЯ ФОРСОВАНИХ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОМАТЕРІАЛІВ**

*Інтенсифікація процесів тепловіддачі в системі охолодження для зниження високих температур деталей КЗ відіграє істотну роль як за рахунок удосконалення режимних та конструктивних параметрів системи, так і за рахунок підвищення коефіцієнта теплопровідності охолоджувальних рідин (ОР). Останнє стало можливим з розвитком нанотехнологій (НТ), що дозволило створювати охолоджувальні нанорідини (ОН), які представляють собою стійкі, стабільні двофазні суспензії на основі базової ОР та твердих наночасток (НЧ) зі значно більшим коефіцієнтом теплопровідності, ніж у базового теплоносія.*

*Значне збільшення коефіцієнта теплопровідності теплоносія може дозволити істотно підвищити інтенсивність тепловіддачі в системах охолодження ВОД і за рахунок цього забезпечити допустимий температурний рівень їх ТД. Для введення ОН в експлуатацію необхідно провести комплекс досліджень процесів теплообміну при циркуляції цих теплоносіїв зі збільшеним коефіцієнтом теплопровідності в системі охолодження ВОД.*

*Тенденція по збільшенню питомої та агрегатної потужностей головних і допоміжних судових дизелів разом з удосконалюванням їх масогабаритних показників вимагає нових, додаткових способів підвищення інтенсивності процесів теплообміну в СО двигунів для забезпечення допустимого температурного рівня їх ТД. Проведені дослідження показали, що модифікація теплоносіїв судових дизелів високо теплопровідними вуглецевими НЧ МГ є ефективним способом інтенсифікації процесів тепловіддачі в СО дизелів з урахуванням розглянутих у магістерській роботі конструктивних заходів. Отримані при дослідженні результати зводяться до наступних основних висновків і рекомендацій:*

**Ключові слова:** *двигун внутрішнього згорання, охолодження, наноматеріали, нанотехнології, охолоджувальні рідини.*

### **Вступ.**

У сучасних умовах розвитку науки та техніки приділяється особлива увага розвитку судового двигунобудування й розробці нових форсованих високооборотних дизелів (ВОД), що широко застосовуються як у якості головних, так і як допоміжних двигунів в складі судових енергетичних установок (СЕУ). Головними тенденціями розвитку таких судових дизелів є збільшення їх питомої та агрегатної потужностей, підвищення надійності і удосконалювання масогабаритних показників. Для сучасних форсованих ВОД характерні високі значення середнього ефективного тиску. Перспективні середньооборотні дизелі (СОД) в якості судових двигунів мають значення середнього ефективного тиску на рівні 3,5-4,0 МПа, а ВОД - 4,0-4,5 МПа. Такі рівні форсування приводять до росту кількості тепла, що надходить у систему охолодження (СО), що поряд зі зниженням питомої маси двигуна та зменшенням його габаритних розмірів приводить до зростання середніх й максимальних питомих теплових потоків. Це обумовлює

підвищення температур теплонапружених деталей (ТД), що обмежують камеру згоряння (КЗ) дизеля.

Для перспективних форсованих ВОД температурний стан ТД та обмежує працездатність й надійність двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ). Тому роль системи охолодження з погляду забезпечення працездатності і надійності форсованого ВОД багаторазово зростає, що і підтверджує **актуальність** статті.

**Аналіз публікацій за темою дослідження.** При виконанні досліджень використовувалися роботи вчених і фахівців в області теорії машин, конструювання, виробництва й експлуатації дизельних двигунів В.А. Ваншейдта, М.М. Іванченко, П.А. Істоміна М.М. Круглова, А.С. Орліна, Л.І. Погодаєва, В.М. Половінкіна, Ю.Г. Шнейдера, Ю.І. Матвєєва, В.М. Бочкарева, А.Ф. Дорохова, Н.Я. Яхьяєва та ін.

**Метою статті** є обґрунтування можливості забезпечення допустимого температурного рівня форсованих суднових дизелів з використанням наноматеріалів.

### Основна частина.

Дизелі є головними та допоміжними двигунами судів різного призначення. Основну долю парку суднових дизелів складають СОД та ВОД [1], для яких властиві досить високі механічні й теплові навантаження на ТД, які обмежують КЗ. В даний час доля таких двигунів складає більш 60 % [2].

Однієї з головних тенденцій розвитку суднових ДВЗ є безперервне збільшення їх питомої й агрегатної потужностей, підвищення надійності поряд з удосконалюванням масогабаритних показників. Для оцінки ступеня досконалості конструкції двигуна та рівня його форсування використовують: середній ефективний тиск  $p_e$ , питому літрову потужність  $N_l$ , питому поршневу потужність  $N_p$ .

Аналіз розвитку цих показників [3,4] свідчить про постійну тенденцію до їх зростання. Динаміка росту  $p_e$  двигунів різних типів показана на рис. 1.

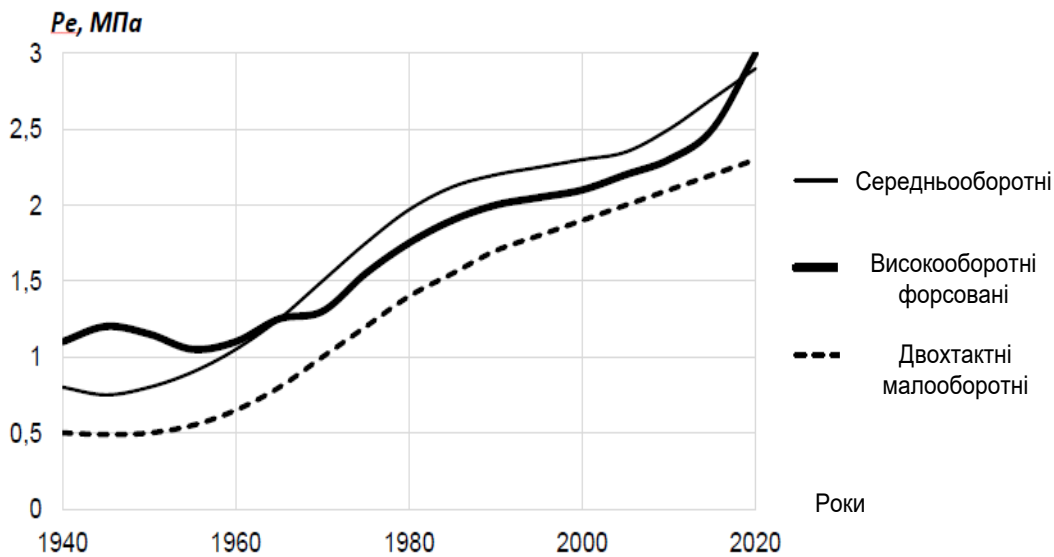


Рисунок 1 – Динаміка зростання  $p_e$  дизелів різних типів

Для сучасних форсованих суднових дизелів характерні високі значення  $p_e = 2,5...3$  МПа. Перспективні СОД ДВЗ можуть мати середній ефективний тиск на рівні  $3,5...4,0$  МПа, ВОД –  $4,0...4,5$  МПа [2]. Такі рівні форсування, що забезпечуються, в основному, за рахунок застосування систем газотурбінного наддуву, призводять до зростання кількості тепла, яке надходить у СО ДВЗ. Для оцінки середнього питомого теплового потоку  $q_{охл}$  через охолоджувані поверхні гільзи циліндра дизелів використовують наступну формулу [5]:

$$q_{охл} = B \cdot \frac{C_m^{0,566} \cdot p_e \cdot g_e \cdot 1,36 \cdot T_k}{D^{0,5} \cdot (\eta_v \cdot p_k)^{0,428}} \quad (1)$$

де  $B$  – коефіцієнт (для чотирьохтактних двигунів  $B=147$ , для двохтактних дизелів  $B=262$ );  $C_m$  - середня швидкість поршня, м/с;  $g_e$  - питома ефективна витрата палива, кг/кВт год;  $p_e$  – середній ефективний тиск, МПа;  $T_k$  та  $p_k$  відповідно температура й тиск наддувочного повітря (К та МПа);  $D$  - діаметр циліндру двигуна, м;  $\eta_v$  - коефіцієнт наповнення.

У таблиці 1 представлені дані по динаміці збільшення літрової та поршневої потужностей для різних типів двигунів у різні тимчасові інтервали [3, 6, 7].

Таблиця 1 – Значення  $N_l$  та  $N_p$  для різних типів двигунів

Двигун	$N_l$ , кВт/л		$N_p$ , кВт/дм <sup>2</sup>	
	1970-1980 рр	2000-2020 рр	1970-1980 рр	2000-2020 рр
автомобільний	25 – 40	40 – 75	30 – 50	50 – 70
судовий	1,5 – 7,4	12 – 22	11 – 33,1	35 – 55
тепловозний	7,4 – 14,7	19 – 21,5	22 – 33,1	35 – 55
стаціонарний	1,5 – 7,4	30 – 40	7,4 – 14,7	14 – 25

За останні 40 років показники літрової та поршневої потужностей для двигунів різних типів й призначень збільшилися в середньому в 2 рази, а середній ефективний тиск зріс більш ніж у 1,5 рази, що поряд зі зниженням питомої маси двигунів та їх габаритних показників призвело до зростання максимальних й середніх питомих теплових потоків, відповідно до формули (1), більш ніж на 40 %.

Це обумовило значне зростання температур ТД, які обмежують КЗ ДВЗ. Для перспективних форсованих ВОД температурний стан ТД лімітує працездатність і надійність ДВЗ. Австрійська компанія AVL провела випробування перспективних дизелів екологічного класу Євро 6, що володіють рівнем форсування  $p_e = 2,6...2,8$  МПа та максимальним тиском  $p_z = 25$  МПа. За даними цієї компанії, для двигунів з таким рівнем форсування температури головки блоку циліндрів досягають значень понад 400 °С, що є небезпечним з погляду механічної міцності металу (рисунок 2).

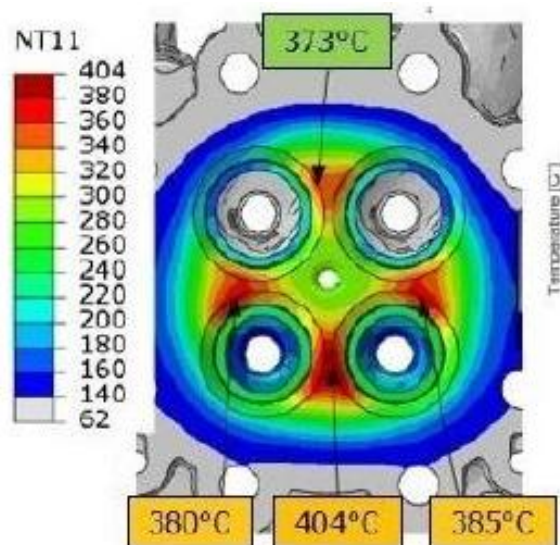


Рисунок 2 – Розподіл температур головки блоку циліндрів перспективного дизеля австрійської компанії AVL

При форсуванні суднового дизеля 16ЧН 26/26 до рівня  $p_e = 2,2$  МПа значення температури гільзи циліндра в зоні зупинки першого компресійного кільця склало 193 °С, а температура міжклапанної перемички головки блоку циліндрів досягла значення 385 °С [8]. Відзначені температури голівок і гільзи циліндра є небезпечними з погляду працездатності й надійності ДВЗ

З метою інтенсифікації тепловіддачі в СО теплових ДВЗ останнім часом розглядається можливість застосування охолоджувальних нанорідин (ОН) з підвищеним коефіцієнтом теплопровідності. ОН мають нові властивості, що роблять їх перспективними в області теплопередачі, трибології.

Нанорідини – це стійкі і стабільні двофазні суспензії типу “рідина” – “тверді частки”. Ці тверді частки в них називають наночастками (НЧ), що мають розміри до 100 нм і коефіцієнт теплопровідності в багато разів переважаючий коефіцієнт теплопровідності базової охолоджувальної рідини (ОР). Матеріалами для НЧ можуть бути метали, окисли металів і неметалів, а також матеріали на основі вуглецю. Як базові рідини можуть використовуватися рідини, які дозволяють при введенні в них твердих НЧ створити ОН, що задовольняють основним експлуатаційним вимогам. Значення коефіцієнтів теплопровідності НЧ різних матеріалів представлені в таблиці 2.

Таблиця 1.2 - Значення коефіцієнтів теплопровідності НЧ різних матеріалів при температурі 20 °С

Матеріал НЧ	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda$ , Вт/м К
Алюміній Al	237
Оксид алюмінію $Al_2O_3$	40
Мідь Cu	401
Оксид міді CuO	76,5
Карбід кремнію, SiC	120
Золото, Au	318
Вуглецеві нанотрубки	-3000
Оксид графена	-3500
Графен	-3000-5000

Нанорідини з погляду їх працездатності повинні володіти стабільністю, стійкістю до агломерації твердих НЧ та їх випаданню їх в осад протягом терміну експлуатації. Необхідно відзначити, що в НР повинні бути відсутнітніми хімічні реакції. З погляду експлуатаційних характеристик при використанні нанорідин як теплоносія СО ДВЗ вони не повинні викликати корозію конструкційних металів, які застосовуються у двигунобудуванню, не повинні роз’їдати неметалеві матеріали систем ущільнення, шлангів, прокладок та інш.

На коефіцієнт теплопровідності нанорідин впливають наступні основні фактори:

- концентрація НЧ у базовій рідині;
- температура нанорідини;
- коефіцієнт теплопровідності НЧ;
- розмір, форма, маса НЧ;
- питома площа поверхні НЧ;
- технологія одержання НЧ;
- технологія диспергування НЧ у базовій рідині;
- фізико-хімічні властивості базової рідини.

Збільшення концентрації НЧ у базових рідинах, у загальному випадку, приводить до збільшення коефіцієнта теплопровідності ОН [7] (рис. 3). Слід зазначити загальну

тенденцію до лінійної залежності коефіцієнта теплопровідності від концентрації НЧ. А в роботах [7, 8] представлена нелінійна залежність коефіцієнта теплопровідності від концентрації вуглецевих нанотрубок та НЧ, що володіють сферичною формою. Нанорідини, виготовлені на основі НЧ із більш теплопровідними матеріалами, демонструють більше збільшення коефіцієнта  $\lambda$  у порівнянні з менш теплопровідними матеріалами [6].

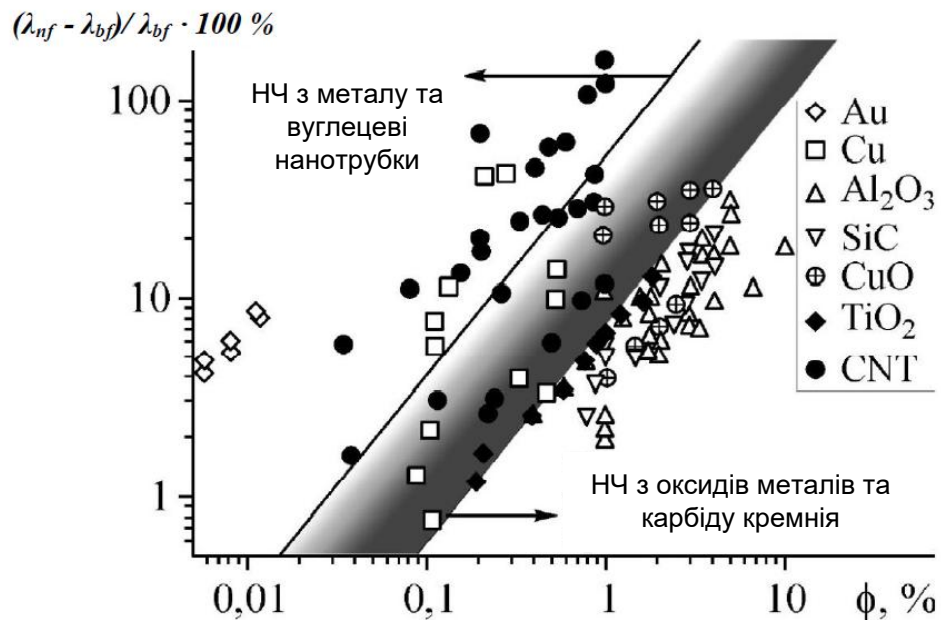


Рисунок 3 – Залежність відносного коефіцієнта теплопровідності нанорідин від об'ємної концентрації різних видів наночасток:  $\lambda_{nf}$  та  $\lambda_{bf}$  – коефіцієнти теплопровідності нанорідини та базової рідини відповідно [37]

Збільшення температури нанорідин призводить до лінійного підвищення їх коефіцієнта теплопровідності (рис. 4).

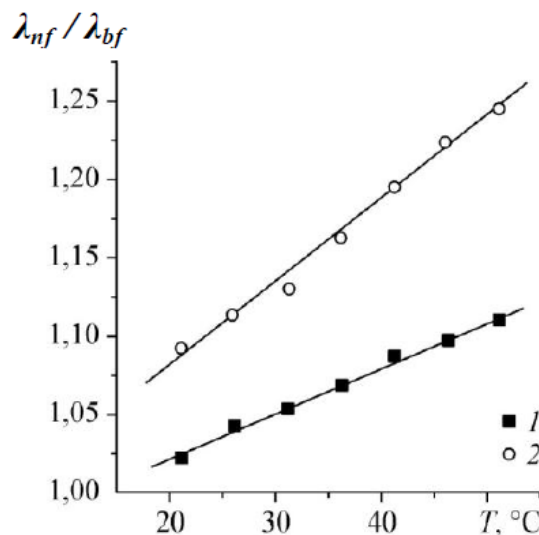


Рисунок 4 – Залежність відносного коефіцієнта теплопровідності нанорідини з частками оксиду алюмінію від температури:  
1)  $\phi = 1\%$ ; 2)  $\phi = 4\%$ .

Аналіз впливу розміру НЧ на коефіцієнт  $\lambda$  ОН показує, що коефіцієнт теплопровідності нанорідин зростає при збільшенні розміру НЧ [51,52]. Вплив розміру НЧ

оксиду алюмінію в етиленгліколі на відносний коефіцієнт теплопровідності нанорідини показано на рис. 5.

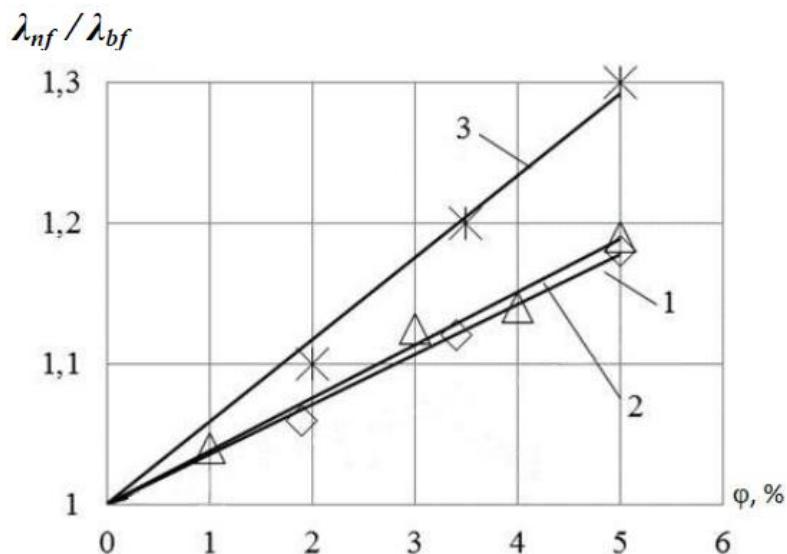


Рисунок 5 – Відносний коефіцієнт теплопровідності нанорідин у залежності від концентрації часток  $Al_2O_3$ : 1 - 15 нм; 2 - 35 нм; 3 - 80 нм. [52]

Проведений аналіз дозволив установити, що всі розглянуті фактори по-різному впливають на збільшення коефіцієнта теплопровідності нанорідини щодо базової рідини. Можна управляти величиною коефіцієнта теплопровідності нанорідини, концентрацією НЧ. Інші фактори визначаються технологією. Технологія одержання НЧ і спосіб їх диспергування в базових рідинах визначають багато розглянутих факторів. Найбільш відомі три методи диспергування НЧ:

- 1) механічне дроблення НЧ;
- 2) використання полімерів, які огортають НЧ;
- 3) застосування фільтрації НЧ [5].

За інших рівних умов технологія диспергування твердих НЧ в однакових базових рідинах буде впливати на коефіцієнт теплопровідності нанорідини.

При створенні нанорідини необхідно вибрати базову рідину, матеріал НЧ і їх форму, виходячи з конкретних задач досліджень і області використання такої ОН.

У рідинних системах охолодження ряду суднових двигунів застосовують, в основному, низькозамерзаючі рідини, що представляють собою суміші етиленгліколя з водою в пропорціях, пов'язаних з необхідною температурою замерзання розчину. Водні розчини етиленгліколю задовольняють вимогам, висунутим ДСТ 28084-84 до характеристик теплоносіїв рідинних СО двигунів, зокрема ОР повинна володіти:

– оптимальною в'язкістю, при якій, з одного боку, будуть виключені втрати ОР через всілякі ущільнення і сполучні вузли, а, з іншого боку, не будуть потрібні значні витрати енергії на прокачування теплоносія через систему охолодження двигуна;

– такою температурою її замерзання, що буде нижче, ніж температура навколишнього середовища, що дозволить полегшити запуск двигуна та його експлуатацію;

– такою температурою її кипіння, що буде вище на 25...30 °С максимально допустимої температури теплоносія в СО, що дозволить не допустити появу пароповітряних пробок у СО та знизити втрати ОР у процесі випаровування;

– високим значенням питомої теплоємності, що дозволить при порівняно невеликому обсязі теплоносія, який циркулює в СО, підтримувати необхідний температурний режим ДВЗ.

З урахуванням вищевикладеного були прийняті водні розчини етиленгліколю як базові рідини.

Визначити матеріал НЧ можна на підставі значень коефіцієнтів теплопровідності різних матеріалів, представлених у таблиці 2. При цьому необхідно враховувати значення коефіцієнтів теплопровідності суспензій, що досягаються при сполученнях різних базових рідин і матеріалів НЧ (таблиця 3).

Аналізуючи дані, представлені в таблиці 2, найбільш перспективні вуглецеві НЧ, оскільки вони мають найбільший коефіцієнт теплопровідності. До вуглецевих НЧ відносяться НЧ графена та його модифікацій, такі як оксид графена й мультиграфен. При сполученні вуглецевих НЧ та базових рідин досягається найбільш істотне збільшення коефіцієнта  $\lambda$  нанорідин при відносно невеликих концентраціях НЧ (таблиця 3). Слід зазначити, що найбільше збільшення коефіцієнта  $\lambda$  суспензій з вуглецевими НЧ досягається при мінімальному вмісті ЕГ у ВЕГ аж до чистої води.

Графен – це двовимірний алотропний модифікаційний вуглець, який утворений шаром з атомів вуглецю, що має товщину в один атом, який знаходиться в  $sp^2$  - гібридизації і з'єднаних за рахунок  $\sigma$ - та  $\pi$ - зв'язків у гексагональній кристалічній решітці.

Таблиця 3 – Коефіцієнти теплопровідності нанорідин

Базова рідина	Матеріал НЧ	Розмір часток, нм	$\phi$ , %	Підвищення $\lambda$ , %
Вода	Оксид алюмінію	33	5	30
Етиленгліколь		28	8	40
Моторне мастило		28	7,5	30
Вода	Оксид міді	23	10	35
Етиленгліколь		23	15	55
Вода	Мідь	100	7,5	75
Етиленгліколь		10	0,2	40
Моторне мастило		100	7,5	45
Вода	Оксид титана	27	4,35	10,7
Вода	Золото	15	0.00026	3,3
Вода	Графен	50	1	70
Вода		-	0,05	75
ВЕГ (90 % ЕГ)		-	0,4	15
ВЕГ (90 % ЕГ)		-	0,5	5
Етиленгліколь		-	0,07	30
Етиленгліколь	Оксид графена	-	5	86
ВЕГ (60 % ЕГ)		-	0,1	10,5
Вода		-	0,1	28
ВЕГ (60 % ЕГ)	Мультиграфен	-	0,2	60

Графен представляє собою одиночний плоский (двовимірний) лист, що складається з атомів вуглецю, пов'язаних між собою утворюючими ґратками (рис. 5). Відстань між найближчими атомами вуглецю в графені складає близько 0,14 нм. Світлі сфери і відгалуження на представленій схематичній ілюстрації відображає відповідно атоми вуглецю та зв'язки, які утримують ці атоми в одному листі графена.

НЧ графена, оксиду графена і мультиграфена представляють собою плоскі двовимірні пластинки з розмірами 2-100 нм і мають коефіцієнт теплопровідності в діапазоні 3000...5000 Вт/м К [7]. Вихідним компонентом для технологічного процесу одержання зазначених НЧ є графіт. Графіт являє собою стопку з аркушів графена (рис. 6).

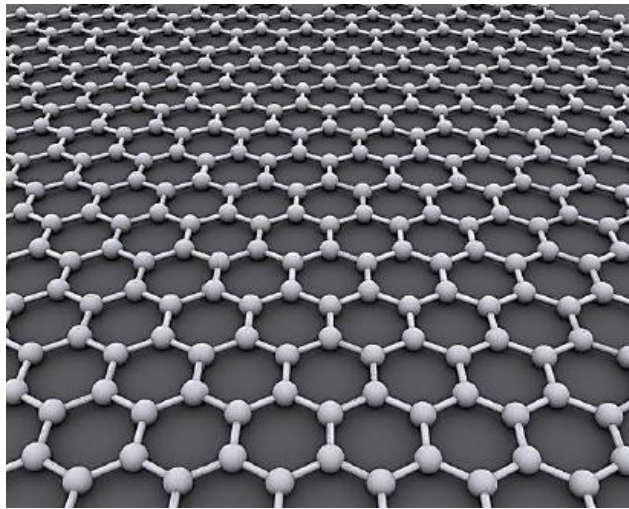


Рисунок 5 – Схематична ілюстрація одного листа графена

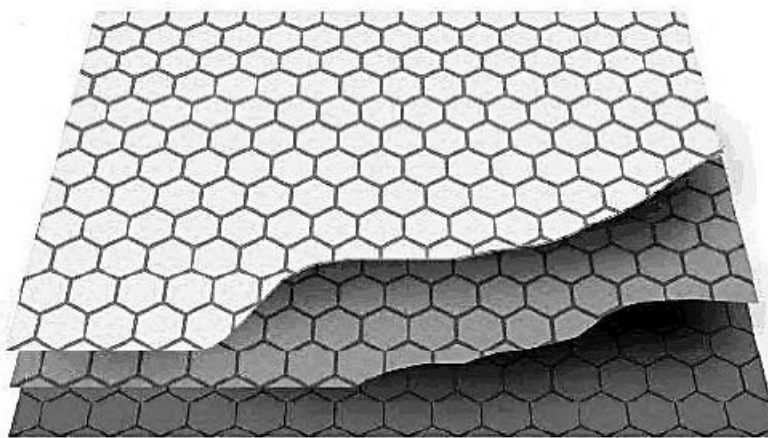


Рисунок 6 - Схематичне зображення трьох листів графена, що знаходяться один над одним у графіті

Оксид графена – це окислений лист графена, який має по краях базальної площини епоксидні та гідроксилвмісні групи, на додаток до карбонільних та карбоксильних груп. Мультиграфен представляє собою стопку з декількох нанорозмірних аркушів графена.

Аналіз експериментальних робіт показує, що навіть при додаванні малих об'ємних часток НЧ графена та його модифікацій у базову охолодну рідину досягається значний приріст у коефіцієнті теплопровідності теплоносія.

### **Висновки**

Тенденція по збільшенню питомої та агрегатної потужностей головних і допоміжних суднових дизелів разом з удосконалюванням їх масогабаритних показників вимагає нових, додаткових способів підвищення інтенсивності процесів теплообміну в СО двигунів для забезпечення допустимого температурного рівня їх ТД. Проведені дослідження показали, що модифікація теплоносіїв суднових дизелів високо теплопровідними вуглецевими НЧ МГ є ефективним способом інтенсифікації процесів тепловіддачі в СО дизелів з урахуванням розглянутих у магістерській роботі конструктивних заходів. Отримані при дослідженні результати зводяться до наступних основних висновків і рекомендацій:

1. Вуглецеві НЧ МГ є перспективними для істотного збільшення коефіцієнта теплопровідності базових ОР суднових дизелів. Отримані стійкі стабільні ОН зі збільшеним коефіцієнтом теплопровідності на базі водного розчину ЕГ та НЧ МГ не

роблять додаткового корозійного впливу на основні конструкційні матеріали ДВЗ у порівнянні з ВЕГ.

2. Підвищення коефіцієнта теплопровідності ОН визначається зміною масової концентрації НЧ МГ в базовій рідині. Це дозволяє створювати теплоносії з такими теплофізичними характеристиками, що потрібні для забезпечення інтенсивного теплообміну в СО суднових дизелів різного рівня форсованості.

3. Введення у водний розчин ЕГ високотеплопровідних НЧ МГ в масовій концентрації 0,75 % призводить до збільшення його коефіцієнта теплопровідності на 60 % у порівнянні з базовою рідиною при температурі теплоносія 90 °С, що характерно робочій температурі СО суднових дизелів. Таким чином, при зазначеній температурі базова рідина (ВЕГ) має коефіцієнт теплопровідності 0,545 Вт/м·К, тоді як для ОН з МГ його значення складає 0,872 Вт/м·К.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Безюков О. К. Парк дизелей судов внутрєнного и смешанного плавания и перспективы его развития / О. К. Безюков, О. В. Афанасьева // Труды Международной научно-практической конференции «Безопасность водного транспорта». – 2003. – Т. 3. – С. 12-17.

2. Жуков В. А. Научные основы повышения эксплуатационных показателей высокооборотных судовых ДВС совершенствованием их охлаждения : дис. ... д-р. техн. наук : 05.08.05 / Жуков Владимир Анатольевич. – Санкт-Петербург, 2012. – 422 с.

3. Чайнов Н. Д. Конструирование и расчет поршневых двигателей : учебник для вузов / Н. Д. Чайнов, А. Н. Краснокутский, Л. Л. Мягков ; под ред. Н. Д. Чайнова. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – 536 с. : ил.

4. Хоссам Элдин Салех Абдель Гхани Хассан. Повышение удельной мощности двигателей внутреннего сгорания : дис. ... канд. техн. наук : 05.04.02 / Элдин Салех Абдель Гхани Хассан Хоссам. – Москва, 2004. – 139 с.

5. Emad Sadeghinezhad, Mohammad Mehrali, R. Saidur, Mehdi Mehrali, Sara Tahan Latibari, Amir Reza Akhiani, Hendrik Simon Cornelis Metselaar. A comprehensive review on graphene nanofluids: Recent research, development and applications // Energy Conversion and Management. – 2016. – № 111. – Pp. 466-487.

6. Ding, Yulong & Chen, Haisheng & Wang, Liang & Yang, Chane-Yuan & He, Yurong & Yang, Wei & Lee, Wai Peng & Zhang, Lingling & Huo, Ran. Heat Transfer Intensification Using Nanofluids // KONA Powder and Particle Journal. – 2007. – № 25. – Pp. 23-38.

7. Goharshadi E. K, Ahmadzadeh H, Samiee S, Hadadian M. Nanofluids for Heat Transfer Enhancement // Phys. Chem. Res. – 2013. – Vol. 1. – №1. – Pp. 1-33.

8. Kalpana Sarojini K. Gandhi, Manojisiva Velayutham, Sarit K. DAS. Measurement of thermal and electrical conductivities of graphene nanofluids // Sundararajan Thirumalachari. – 2011. – 7 p.

9. Ali Ijam, Saidur R., Ganesan P., Moradi Golsheikh A. Stability, thermo-physical properties, and electrical conductivity of graphene oxide-deionized water/ethylene glycol based nanofluid // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2015. – № 87. – Pp. 92-103.

10. A. Khan M. F. Shahil, Alexander A. Balandin. Thermal properties of graphene and multilayer graphene: Applications in thermal interface materials // Solid State Communications. – 2012. – № 152. – Pp. 1331-1340.

11. Tessa Theres Baby. Enhanced convective heat transfer using graphene dispersed nanofluids // Nanoscale Research Letters. – 2011. – № 6. – Pp. 289-298.

**Zavitaiev V.L., Horalik Ye.T., Fedotov V.H.**

**ENSURING THE PERMISSIBLE TEMPERATURE LEVEL OF FORCED SHIP  
DIESELS USING NANOMATERIALS**

*Intensification of heat transfer processes in the cooling system to reduce high temperatures of short circuit parts plays a significant role both by improving the regime and design parameters of the system and by increasing the thermal conductivity of coolants (OR). The latter became possible with the development of nanotechnology (NT), which allowed to create cooling nanofluids (OH), which are stable, stable two-phase suspensions based on basic OR and solid nanoparticles (NS) with a much higher thermal conductivity than the base coolant.*

*A significant increase in the coefficient of thermal conductivity of the coolant can significantly increase the intensity of heat transfer in cooling systems of water and due to this to ensure the allowable temperature level of their TD. To put OH into operation, it is necessary to conduct a set of studies of heat transfer processes during the circulation of these heat carriers with an increased coefficient of thermal conductivity in the cooling system of water.*

*The tendency to increase the specific and aggregate capacities of main and auxiliary marine diesels together with the improvement of their mass and dimensions requires new, additional ways to increase the intensity of heat transfer processes in CO engines to ensure acceptable temperature levels of their TD. Studies have shown that the modification of coolants of marine diesel engines with highly thermally conductive carbon LF MG is an effective way to intensify the heat transfer processes in the CO of diesels, taking into account the design measures considered in the master's thesis. The results obtained during the study are reduced to the following main conclusions and recommendations:*

*Key words: internal combustion engine, cooling, nanomaterials, nanotechnologies, coolants.*

## АВТОРИ ВИПУСКУ

<b>Алєйніков Михайло Владиславович</b>	–	доктор філософії за спеціальністю 271 – Річковий та морський транспорт, Головний штурман річкової лоцманської служби, <a href="http://orcid.org/0000-0001-8084-450X">http://orcid.org/0000-0001-8084-450X</a>
<b>Бажак Ольга Валеріївна</b>	–	аспірант, Державний університет інфраструктури та технологій, м.Київ, <a href="http://orcid.org/0000-0003-0598-5235">orcid.org/0000-0003-0598-5235</a>
<b>Богом'я Володимир Іванович</b>	–	доктор технічних наук, професор, Державний університет інфраструктури та технологій, <a href="https://orcid.org/0000-0003-4403-3130">https://orcid.org/0000-0003-4403-3130</a>
<b>Бойко Світла Олександрівна</b>	–	доктор філософії, ДУІТ
<b>Голубєва Світлана Михайлівна</b>	–	старший викладач кафедри суднових енергетичних установок, допоміжних механізмів суден та їх експлуатації Державного університету інфраструктури та технологій, аспірант кафедри електрообладнання та автоматики водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій; ORCID 0000-0001-8285-7566; +38-050-99-34-185
<b>Горалік Євгеній Тадеушевич</b>	–	кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри природничо-тезнічного забезпечення діяльності водного транспорту, Державний університет інфраструктури та технологій, <a href="https://orcid.org/0000-0003-2399-5373">https://orcid.org/0000-0003-2399-5373</a>
<b>Гуренкова Ольга Володимирівна</b>	–	кандидат економічних наук, ДУІТ
<b>Давидов Володимир Семенович.</b>	–	к.т.н. , доцент, кафедра навігації та управління суднами ДУІТ, <a href="https://orcid.org/0000-0002-4985-1143/">https://orcid.org/0000-0002-4985-1143/</a>
<b>Дакі Олена Анатоліївна</b>	–	доктор технічних наук, професор кафедри, Державний університет інфраструктури та технологій, <a href="https://orcid.org/0000-0003-3932-462X">https://orcid.org/0000-0003-3932-462X</a>
<b>Данилюк Вадим Сергійович</b>	–	курсант, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, <a href="https://orcid.org/0000-0002-0714-4109">https://orcid.org/0000-0002-0714-4109</a>
<b>Доронін Володимир Васильович</b>	–	к.т.н., доцент, доцент кафедри навігації та управління суднами ДУІТ, <a href="http://orcid.org/0000-0002-8387-2992">http://orcid.org/0000-0002-8387-2992</a> .
<b>Зазірний Андрій Андрійович</b>	–	асистент кафедри судноводіння та керування судном Державного університету інфраструктури та технологій, <a href="https://orcid.org/0000-0002-5780-4654">https://orcid.org/0000-0002-5780-4654</a>

<b>Кириченко Олександр Сергійович</b>	–	к.т.н., доцент, доцент кафедри електрообладнання та автоматики водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій, ORCID 0000-0003-0545-4493
<b>Колесник Василь Васильович</b>	–	к.т.н., ст. науч. співробітник, доцент кафедри електрообладнання та автоматики водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій
<b>Костюченко Віталій Іванович</b>	–	к.т.н., доцент, доцент кафедри суднових електроенергетичних систем Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, ORCID 0000-0003-2128-2388
<b>Крюков Микола Миколайович</b>	–	доктор технічних наук, професор, професор кафедри вищої та прикладної математики, Державний університет інфраструктури та технологій <a href="http://orcid.org/0000-0001-8156-1720">http://orcid.org/0000-0001-8156-1720</a>
<b>Лупіна Тетяна Олексіївна</b>	–	Старший викладач кафедри природничо-тезнічного забезпечення діяльності водного транспорту
<b>Мельник Ольга Вікторівна</b>	–	к.т.н., завідувач кафедри «Суднові енергетичні установки, допоміжні механізми суден та їх експлуатації» Інституту водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій
<b>Павленко Максим Анатолійович</b>	–	д.т.н., професор, завідувач кафедри, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
<b>Пастух Олександр Васильович</b>	–	старший викладач кафедри електрообладнання та автоматики водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій
<b>Пліта Леонід Леонідович</b>	–	аспірант, Державний університет інфраструктури та технологій, м. Київ, <a href="https://orcid.org/0000-0001-6422-444X">https://orcid.org/0000-0001-6422-444X</a>
<b>Пріступа Сергій Валерійович</b>	–	старший викладач кафедри електрообладнання та автоматики водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій
<b>Семенюк Марія Олексіївна</b>	–	курсант, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, <a href="https://orcid.org/0000-0003-0937-4087">https://orcid.org/0000-0003-0937-4087</a>
<b>Сокол Альона Олександрівна</b>	–	старший викладач кафедри безпеки життєдіяльності та професійно-прикладної фізичної підготовки Херсонської державної морської академії, <a href="https://orcid.org/0000-0002-8179-453X">https://orcid.org/0000-0002-8179-453X</a>
<b>Спіян Олександр Миколайович</b>	–	начальник служби Регістра судноплавства України, <a href="https://orcid.org/0000-0002-3766-0796">https://orcid.org/0000-0002-3766-0796</a>
<b>Тараненко Сергій Володимирович</b>	–	к.т.н., доцент, завідувач кафедри електрообладнання та автоматики водного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій, ORCID

		0000-0001-9320-2514
<b>Тимощук Олена Миколаївна</b>	–	доктор технічних наук, професор, директор інституту ДУІТ, м. Київ, <a href="https://orcid.org/0000-0003-3684-6182">https://orcid.org/0000-0003-3684-6182</a>
<b>Толкаченко Євгеній Анатолійович</b>	–	доктор філософії, викладач Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, <a href="https://orcid.org/0000-0003-3736-2606">https://orcid.org/0000-0003-3736-2606</a>
<b>Урум Наталія Степанівна</b>	–	кандидат педагогічних наук, доцент, Дунайський факультет морського та річкового транспорту ДУІТ
<b>Фльора Антон Сергійович</b>		курсант, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, <a href="https://orcid.org/0000-0002-1748-748X">https://orcid.org/0000-0002-1748-748X</a>

## ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

1. До друку у збірнику наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій «Водний транспорт» приймаються лише наукові статті, які мають такі необхідні елементи: **постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми, і на які спирається автор, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.**

2. Стаття має відповідати тематичному спрямуванню журналу і бути завізована власноручно підписом автора. Відповідальність за матеріали, наведені у статті, несе автор.

Разом з текстом статті і електронним носієм із записаним текстом до редколегії надаються: рецензія на статтю доктора наук (професора); довідка про авторів (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання, почесне звання, місце роботи, посада, номер контактного телефону, обліковий запис автора ORCID, поштова адреса).

3. Матеріал треба викладати стисло, послідовно, стилістично грамотно. Терміни та позначення повинні відповідати чинним стандартам. Не допускаються повтори, а також зайві подробиці при переказі раніше опублікованих відомостей – замість цього подаються посилання на літературні джерела. Одиниці вимірювання слід подавати лише за міжнародною системою одиниць SI чи в одиницях, допущених до застосування в Україні згідно з вимогами чинних державних стандартів.

4. До рукопису додається анотація трьома мовами (**українська, російська, англійська**), в якій має бути чітко сформульована головна ідея статті та коротко обґрунтована її актуальність (**обсяг не менш 1000 знаків**), а також ключові слова (трьома мовами, 5-10 слів).

5. Цитати, таблиці, статистичні дані, цифрові показники, що підвищують рівень аналітичних матеріалів, подаються з посиланням на джерела. Таблиці мають бути пронумеровані й мати заголовок.

6. Текстові матеріали готуються та друкуються на аркушах білого односортного паперу з використанням комп'ютерних текстових редакторів MS Word для Windows 98/2000/XP (формат А4), для набору формул використовують вбудовані редактори рівнянь, табличні матеріали можуть готуватись з використанням електронних таблиць (MS Excel). При цьому має застосовуватись шрифт Times New Roman.

7. Матеріали набирають та розміщують у послідовності: УДК – 12 пунктів, курсив (УДК повинно бути обов'язково). Розміщують зліва на сторінці; автори – 12 пунктів, напівжирний курсив. Розміщують зліва на сторінці; **НАЗВА СТАТТІ** – прописні літери, 12 пунктів, напівжирний. Розміщують посередині сторінки; анотація – 12 пунктів, курсив; основний текст – 12 пунктів, звичайний; **ЛІТЕРАТУРА** – 12 пунктів, напівжирний

8. Текст, формули, таблиці, рисунки, діаграми, схеми розміщуються на сторінці в одній колонці. Відступ першого рядка абзацу – 10 мм, інтервал між рядками – одинарний. Інтервали між елементами матеріалу такі: УДК – автори – 2; автори – назва статті – 2; назва статті – анотація – 2; анотація – основний текст – 1;

основний текст – назва таблиці (верхній край рисунка, схеми, діаграми) – 1; назва таблиці – її верхній край (нижній край рисунка, діаграми, схеми – їхні назви) – 1; нижній край таблиці (назва рисунка, діаграми, схеми) – основний текст – 1; основний текст – ЛІТЕРАТУРА – 1; ЛІТЕРАТУРА – список літератури – 1.

Усі рисунки, таблиці, діаграми повинні мати назви та номери. Слова Рисунок, Таблиця, Діаграма, Схема та їхні номери набираються звичайним шрифтом, 12 пунктів, назви таблиць розміщуються над таблицями, а рисунків, діаграм, схем – під ними. Відривати назви від зазначених елементів забороняється.

Від рисунка до підпису і від підпису до наступного тексту потрібно відступити один інтервал. Посилання в тексті на таблиці або на рисунки даються у скороченому вигляді звичайним шрифтом: «табл. 1» або «рис.1».

Якщо таблиця не вміщається на одній сторінці, всі її колонки нумерують, а над перенесеною частиною таблиці справа надписують: «Продовження табл. 1» або «Закінчення табл. 1».

9. Графічні файли з формулами, графіками, рисунками, схемами та фотографіями повинні бути розташовані в тексті в таблиці MS Word. Номер формули проставляється справа в кінці рядка, в круглих дужках, не виходячи на поле. Формули розташовуються на сторінці по центру. Між ними та текстом витримується інтервал в один рядок.

Вводяться вони в графічному редакторі Microsoft Equation 3.0 для MS Word. Латинські літери та позначення величин (символи) набирають курсивом, українські та російські літери – тільки прямим шрифтом.

10. Список використаної літератури складається двома мовами та повинен включати **не менш 10 джерел кожний**. Перший (мовою оригінала джерела) відповідно до ДСТУ 7.1:2006, ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання: загальні положення та правила складання». Другий (References) латиницею (транслітерацією) з обов'язковим перекладом назви джерела на англійську мову.

11.Рекомендується при оформленні наукової статті використовувати ДСТУ 3008:2015– ЗВІТИ У СФЕРІ НАУКИ І ТЕХНІКИ. Структура та правила оформлювання.

---

Відповідальний за випуск *Богом'я В.І.*

Підп. до друку 02.11.2021. Формат 60x84/8. Папір для тиражувальних апаратів.  
Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 23,5. Наклад 100 прим.  
Зам. № 433. Віддруковано з оригіналів.

Державний університет інфраструктури та технологій

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
(серія КВ № 23216-13056ПР від 23.02.2018 р.)  
вул. Кирилівська, 9, м. Київ, 04071, Україна  
тел./факс: (044) 463-74-70, тел. (044) 417-17-57  
<https://duit.edu.ua/research-activities/scientific-publications/water-transport>