

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Терлич Станіслав Володимирович

УДК 629.5.04:629.514

ДИСЕРТАЦІЯ
УДОСКОНАЛЕННЯ МОДУЛЬНОГО ФОРМУВАННЯ ПРИМІЩЕНЬ ДЛЯ
НЕСАМОХІДНИХ ПЛАВУЧИХ СПОРУД

05.08.03 – Конструювання та будування суден
Технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

С.В. Терлич

Науковий керівник

Щедролосєв Олександр Вікторович,
д-р. техн. наук, професор

Миколаїв – 2018

АНОТАЦІЯ

Терлич С. В. Удосконалення модульного формування приміщень для несамохідних плавучих споруд. – кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.08.03 – Конструювання та будування суден. – Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв, 2018.

У дисертаційному дослідженні представлено удосконалення технології модульного формування приміщень для несамохідних плавучих споруд (НПС). Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і завдання роботи, визначено об'єкт та предмет дослідження, представлено наукову новизну і практичну цінність результатів роботи.

У *першому розділі* виконано огляд і аналіз існуючих сучасних модульних систем та технологій опорядження суднових приміщень, таких як «М100», «ОМС», «М50» (Україна), «Rockwool» (Нідерланди), «TNF» (Данія), «Norac» (Норвегія), «Isolamin» (Швеція), М1000 (Германія), розглянуто модульну концепцію «МЕКО» та інші.

Відмічено, що використання модульних та блочно-модульних методів у вітчизняному суднобудуванні для формування та опорядження приміщень знаходиться на низькому рівні, а для несамохідних плавучих споруд практично не використовуються. Відсутня нормативна документація, яка передбачала б використання закордонної продукції на вітчизняних підприємствах. Закордонні виробники закладають незначні запаси міцності та якості при виготовленні модульних елементів зашиття приміщень, що в свою чергу робить проблематичним або взагалі неможливим використання модульних технологій.

Стосовно несамохідних плавучих споруд при впровадженні модульних методів повинні бути відомі корисні функціональні навантаження, куди входять маси мінімально-необхідної кількості обладнання та маси усіх елементів формування приміщень, які визначають властивість обладнаності приміщень; район експлуатації плавзасобів, рівень морехідності, кліматичні умови; функціональні особливості плавучої споруди, дальність експлуатації від берегу; конструктивні особливості корпусу та загальносуднових систем, трасування електротрас, розташування шахт і вигородок.

Також можуть бути задані або узгоджені під час проектування чисельність екіпажу, наукового персоналу, матеріал корпусу, тип енергетичного обладнання. Додатковим обмеженням може бути зміна конструктивних та технологічних параметрів при вирішенні питань достатньої морехідності.

Проведено аналіз конструктивних, технологічних та експлуатаційних характеристик найбільш розповсюджених модульних систем у сучасному суднобудуванні та докобудуванні. Обґрунтовано вибір теми дисертаційного дослідження, показано його важливість та актуальність, а також відповідність спеціальності 05.08.03 – «Конструювання та будування суден» суден (п. 10 Розроблення методів формування, опорядження та обладнання приміщень суден і плавучих споруд; п. 12 Методи автоматизації та оптимізації технологічних процесів будування і ремонту суден, їх технічних засобів). Визначені основні методи дослідження.

У *другому розділі* розроблено математичну модель визначення типоряду модульних панелей. Створюючи математичну модель формування та побудови суднових приміщень у вигляді комплексного дослідження очевидно, що вона повинна відповідати сучасному технічному рівню і бути спрямованою на досягнення великого рівня економічності та технологічності. В такому разі основним критерієм досягнення поставленої задачі прийнято цільову функцію. Вона передбачає мінімальні витрати на виготовлення і монтаж модульних

елементів приміщень. Наведені залежності дозволяють чітко визначити витрати матеріалу та основні кількісні й вагові характеристики елементів зашиття в залежності від прийнятої ширини панелі з розробленого типоряду.

Вперше на основі комплексного аналізу ряду вітчизняних та закордонних модульних систем зашиття приміщень НПС розроблено ефективний алгоритм раціоналізації, який забезпечує зменшення кількості модульних елементів, спрощення їх конструкції з урахуванням відповідних діючих стандартів. Визначено основні критерії оцінки якісно-кількісних показників зашиття приміщень НПС.

Вперше, використовуючи методи будівельної механіки корабля та теорії пружності, досліджено та отримано функціональні залежності для визначення силових навантажень та внутрішніх зусиль, які дозволяють раціонально призначити геометричні розміри та параметри міцності елементів суднового приміщення. За допомогою чисельних методів Якобі та Крилова визначено константи для знаходження чисельних значень для вищенаведених залежностей.

Вперше за допомогою методу нелінійного математичного програмування та методу визначення екстремумів створено та апробовано математичну модель призначення раціональних геометричних параметрів елементів модульного зашиття приміщення НПС за умов мінімальних матеріальних та трудових витрат. За фактичними виробничими даними при зашиванні приміщень в умовах Херсонського державного заводу «Палада» цей показник складає 0,76 проти 0,84 при виготовленні панелей та елементів кріплення при використанні отриманих в роботі результатів. При цьому зменшуються витрати металопласту на 42...45%, мінеральних наповнювачів на 47...52% у порівнянні з традиційною технологією.

Розрахунки слід розпочинати з визначення кількості видів панелей та профілів, що будуть використані та особливостей форми приміщення враховуючи креслення загального розташування плавзасобу. Проведенні апробаційні розрахунки показали задовільну узгодженість з даними щодо

впровадження модульних методів оббудови приміщень на несамохідних композитних плавучих доках.

Практична цінність дослідження полягає у отриманні комп'ютерної моделі умовних приміщень НПС яка є дуже простою як для подальшого використання у *cummulative distribution function* (CFD)- пакетах, так і для генерації команд для верстатів з числовим програмним управлінням при виготовленні елементів модульного захиття кают для НПС.

Отримані результати по визначенню ширин та довжин приміщень можна вважати достовірними, оскільки розрахунки проведені при використанні великої кількості приміщень та їх розмінювань. Достовірність розмірів приміщень достатньо велика і тому вони можуть надалі використовуватися при розробці технологічних рішень.

У *третьому* розділі наведено комплекс конструктивно-технологічних рішень удосконалення формування приміщень і блоків приміщень несамохідних плавучих споруд з використанням модульних методів.

На основі розмірно-конструктивного аналізу розроблено ряд типових кріплень елементів захиття до корпусних конструкцій.

Розглянуті питання та описано ряд рекомендацій щодо перенесення ізоляції із зовнішньої обшивки на елементи захиття.

Запропоновано прогресивну технологію та ряд технологічних процесів розкроєння металопласту для виготовлення елементів захиття, гнуття профілів кріплення, формування кают, комплексного монтажу кают із використанням запропонованої системи координування та позиціонування.

У залежності від взаєморозташування функціональних модулів приміщень спроектовано ряд технологій переміщення та фіксування.

Вперше отримано умови для позиціонування блок-кают всередині корпусу плавучої споруди в вигляді математичної залежності у вигляді трьох рівнянь різниці координат переміщення в трьохмірному просторі із урахуванням допустимих лінійних переміщень, що дозволило знизити абсолютну похибку на рівні 1,2 м при вертикальному переміщенні та 0,24 м при

горизонтальному переміщенні при існуючих допусках – 2,5 м на одиницю площі.

Удосконалено прогресивну технологію та ряд технологічних процесів розкрою металопласту для виготовлення елементів захиття приміщень, гнуття профілів кріплення, формування кают, комплексного монтажу кают що у 2,4...2,7 рази зменшує трудомісткість формування та опорядження приміщень несамохідної плавучої споруди у порівнянні із традиційною технологією.

Удосконалено технології формування суднових приміщень несамохідних суден шляхом перенесення виносної ізоляції із корпусних конструкцій на елементи захиття приміщень НПС, що дало змогу зменшити трудомісткості формування приміщень до 68% у порівнянні із традиційною технологією.

Отримав подальший розвиток метод формування та опорядження приміщень суден та інших плавучих споруд за рахунок раціоналізації призначення типорозмірів елементів захиття, що знижує витрати металопласту на 47%, а мінеральних наповнювачів на 30%.

У четвертому розділі проведена оцінка економічної ефективності використання впроваджених технологій та конструкторських рішень щодо формування приміщень несамохідних плавучих споруд з використанням модульних методів.

Для оцінки економічного ефекту при удосконаленні модульних методів проектування та монтажу кают, блочних кают та контейнерних модулів використовувалися приклади переобладнання та добудови композитних плавучих доків проектів 19731УР та 1760КР і в якості прикладу наведено аналіз вартості заміни існуючих конструктивних елементів на ті, що запропоновано у роботі.

Далі проведено порівняльний аналіз вартості укрупненого формування житлової башти плавучого доку проекту 1760КР. Визначено фактичну вартість при використанні традиційних (щитових методів) та розраховано вартість відповідно до використання конструкцій та технологій, наведених у

дослідженні. У зв'язку із відсутністю даних щодо монтажу модульних кают шахтним способом, вартість цих робіт дорівнює вартості монтажу існуючими технологіями, але в апріорі трудомісткість і тривалість встановлення елементів формування башти буде значно менше.

Порівняння вартості зашиття приміщень для плавучого доку проекту 1760КР традиційним щитовим методом безпосередньо на НПС. та із застосуванням розробленого у дослідженні типоряду модульних панелей (що виготовляються безпосередньо в цехових умовах) з використанням вартісного та розмірного аналізу за критеріями витрат будівельних матеріалів і технологічності конструкції показало економію – 80 тисяч гривень, що складає 85%.

Наукова новизна отриманих результатів дисертаційного дослідження полягає в теоретичному та прикладному розв'язанні задач формування приміщень НПС модульними методами шляхом удосконалення конструктивних елементів зашиття та технологій формування надбудов (рубок, башт) укрупненими способами.

У результаті дослідження:

- **вперше** отримано функціональні залежності між лінійними розмірами елементів зашиття та силовими факторами (зовнішні навантаження та прогини) методом Крилова, що зменшує час визначення вищеназваних показників до 3-х разів;

- **вперше** завдяки створеній та апробованій математичній моделі визначення типоряду панелей для зашиття приміщень плавзасобів обґрунтовано спосіб визначення раціональних лінійних параметрів панелей (розміри висоти підволоки та ширини панелі при визначеній її товщини) для зашиття приміщень НПС, що дозволило знизити витрати металопласту на 42...45%, мінеральних наповнювачів ізоляції на 47...52%, а загальний коефіцієнт використання матеріалу збільшився з 0,76 до 0,82;

- **вперше** отримано умови для позиціонування блок-кают всередині корпусу плавучої споруди в вигляді математичної залежності у вигляді трьох

рівнянь різниці координат переміщення в трьохмірному просторі із урахуванням допустимих лінійних переміщень, що дозволило знизити абсолютну похибку на рівні 1,2 м при вертикальному переміщенні та 0,24 м при горизонтальному переміщенні при існуючих допусках – 2,5 м на одиницю площі;

- удосконалено технології формування суднових приміщень несамохідних суден шляхом перенесення виносної ізоляції із корпусних конструкцій на елементи захиття приміщень НПС, що дало змогу зменшити трудомісткість формування приміщень до 68% у порівнянні із традиційною технологією;

- отримав подальший розвиток метод формування та опорядження приміщень суден та інших плавучих споруд за рахунок раціоналізації призначення типорозмірів елементів захиття, що знижує витрати металопласту на 47%, а мінеральних наповнювачів на 30%.

Практичне значення отриманих результатів:

1) розроблена математична модель дає змогу призначати типоряд модульних елементів кают що зменшує їх матеріалоємність на 47% за рахунок раціонального заповнення довжин і ширин при формуванні приміщень НПС на відміну від традиційної технології;

2) отримані рівняння напружено-деформаційного стану модульних елементів приміщень дозволяють призначити геометричні характеристики перетинів елементів модульного захиття на відміну від існуючих методик їх призначення за прототипами і дають змогу зменшити масу захиття на 18%;

3) удосконалена технологія формування, оббудови та монтажу модульних суднових приміщень дає змогу зменшити трудомісткість добудовних робіт плавучої споруд на 17...19%;

4) запропоновані функціональні залежності позиціонування всередині корпусу НПС дозволяють координувати та переміщувати модульні каюти й елементи обладнання з мінімальними похибками (до 1 м при нормованих – 2,5 м);

5) розроблені методики впроваджені в порядку дослідної експлуатації на Херсонському державному заводі «Палада» та Херсонській верфі Smart Maritime Group, використовуються в навчальному процесі, відповідно до навчальних планів освітніх ступенів бакалавра та магістра, а також виконанні наукових досліджень на рівні PhD зі спеціальності 135 «Суднобудування» за освітньо-професійними програмами «Суднокорпусобудування» та «Судноремонт та технічне обслуговування флоту» на кафедрі будівництва та ремонту суден Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

Ключові слова: плавучі споруди, модульні методи; формування, опорядження та обладнання судових приміщень.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні наукові професійні видання:

1. Щедролосев А. В., Терлыч С. В. Комплексное усовершенствование технологий оборудования и отделки помещений несамостоятельных судов и других плавучих сооружений. Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri №2, 2016. Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy Вип. 2, 2016. Р. 50–56. *Закордонний фаховий збірник (zareєстрований ВАК Азербайджану).*

2. Терлич С. В. Аналіз сучасних безкаркасних систем захисту приміщень в судно— та докобудуванні. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Механіко—технологічні системи та комплекси. 2016 р. Вип. 4(1176). С. 79–84. *Індексується в світових наукометричних базах даних і системах (Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA), WorldCat та ін.).*

3. Щедролосев О. В., Терлич С. В., Лугінін О. Є. Определение внутренних усилий композитных модульных зашивочных панелей в условиях эксплуатации плавучего дока. Вісник ОДАБА. Вип. 64. 2016. С. 178–184. *Індексується в Google Scholar.*

4. Калнауз А. О., Терлич С. В. Математична модель позиціонування виробів суднового машинобудування в судноремонті та при переобладнанні суден. Вісник ОДАБА. Вип. 63. 2016. С. 216–222. *Індексується в Google Scholar.*

5. Терлич С. В., Шагіданов В. І. До питання компанування обладнання приміщень плавучих споруд з використанням модульних технологій. Рибне господарство України. 2011. Вип. 4. С. 32–44.

6. Щедролоєв О. В., Терлич С. В. Математичне моделювання розробки типоряду модульних панелей для захисту приміщень несамохідних плавучих споруд. Рибне господарство України. 2010. Вип. 2. С. 40–45.

7. Терлич С. В., Шагиданов В. И. Модульное формирование помещений для несамоходных плавучих сооружений. Рибне господарство України. 2010. Вип. 6. С. 9–18.

8. Терлич С. В. Розмірний та конструктивний аналіз приміщень на плавдоках. Вісник СевНТУ. Механіка. Енергетика. Екологія. 2008. Вип. 88. С. 52–55.

9. Терлич С. В., Слуцький М. Г. Використання модульної оббудови приміщень на композитних плавучих доках. Зб. наук. праць НУК. 2008. Вип. 2 (419). С. 45–48.

10. Щедролоєв О. В., Терлич С. В. Сучасний стан модульного формування приміщень на несамохідних плавучих доках. Зб. наук. праць НУК. 2008. Вип. 1. С. 94–99.

11. Слуцький М. Г., Терлич С. В. Розробка типоряду плавучих композитних доків для ремонту суден рибпромислового флоту. Рибне господарство України. 2008. Вип. 1. С. 13–14.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

12. Терлич С. В. Проблеми модульного формування приміщень на несамохідних плавучих спорудах. Автоматизация судостроительного производства и подготовка инженерных кадров: состояние, проблемы,

перспективы: Материалы Международной научно–методической конференции (26-27 июня 2007). Николаев: НУК. 2007. С. 115–117.

13. Терлыч С. В., Крупин С. А. Применение блочно-модульного формирования помещений на несамоходных плавучих сооружениях. Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (25-27 травня 2009 р). Том 4. Херсон: ХДМІ. 2009. С. 127–129.

14. Терлыч С. В. Методика автоматизированого параметрического проектирования конструкций элементов зашивки помещений для несамоходных плавучих сооружений. Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (25- 27 травня 2010 р). Том 2. Херсон: ХДМІ. 2010. С. 265–270.

15. Щедролосев А. В., Терлыч С. В. Совершенствование организации и управления производством при формировании помещений несамоходных плавучих сооружений в современных условиях. Матеріали міжнародної науково–технічної конференції «Шляхи удосконалення управління на морському транспорті в сучасних умовах» (4-5 червня 2010 р). Маріуполь: АМІ ОНМА. 2010. С. 70–85.

16. Терлыч С. В. Определение динамических параметров элементов модульного формирования помещений для несамоходных плавучих сооружений. VI Международная научная конференция «Прочность и разрушение материалов и конструкций» (20-22 октября 2010). Оренбург: ОГУ. 2010. 338–343.

17. Терлич С. В., Шагіданов В. І. Суднові приміщення модульної конструкції для несамохідних суден. Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (23-25 травня 2011). Том 1. Херсон: ХДМІ. 2011. С. 217–220.

18. Терлыч С. В. Разработка алгоритма принятия решений при проектировании достроечных технологий несамоходных плавучих сооружений. Збірник доповідей науково-практичної конференції з міжнародною участю

«Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика» (6 червня 2011). Київ: НАНУ ІПММіС. 2011. С. 58–62.

19. Терлыч С. В. Моделирование процесса определения степени обитаемости несамоходных плавучих сооружений. Сучасні тенденції і перспективи розвитку морського господарського комплексу України: матеріали міжнародної науково-технічної конференції (15-16 червня 2011). Маріуполь: АМІ ОНМА. 2011. С. 191–197.

20. Терлыч С. В. Перспективы проектирования плавучих ремонтных доков для мало- и среднетоннажной сложной морской техники. VII Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю “Освітньо-наукове забезпечення діяльності правоохоронних органів і військових формувань України” (21 листопада 2014 р.) Хмельницький: НДПСУ. 2014. с. 141.

21. Терлыч С. В. Критерії надійності монтажу композитних сандвіч-панелей для захисту суднових приміщень. Тези доповідей IX Всеукраїнської науково-технічної конференції «Досконалість зварювання – комплексний підхід». Київ: НТУУ «КПІ» (26 травня 2015). 2015. с. 17.

22. Щедролов А. В., Терлыч С. В. Усовершенствование планировки типовых помещений для плавучих доков. Матеріали 7-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування «СЕУТТО–2016» (22-23 вересня 2016). ХДМА. 2016. С. 221.

23. Щедролов А. В., Терлыч С. В. Повышение уровня технологичности формирования помещений модульными методами. VII Міжнародна науково-технічна конференція «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці» (12-14 жовтня 2016). Миколаїв: НУК. 2016. С. 24 – 26.

24. Щедролов О. В., Терлыч С. В., Стрембицький О. В. Комплексний підхід до конструювання елементів об'єкту будови суднових приміщень. Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських

технічних засобів і інженерних споруд». Миколаїв: НУК (19-20 травня 2016). 2016. С. 16–17.

25. Щедролосев А. В., Терлыч С. В. Повышение степени технологичности модульных помещений несамоходных судов. II Міжнародна науково–технічна конференція «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». Миколаїв: НУК. 2011. URL:[http:// conference.nuos.edu.ua](http://conference.nuos.edu.ua) (дата звернення: 11.11.2018).

Публікації, які додатково відображають наукові результати дисертації:

26. Терлич С. В. Особенности дизайна судовых мебли для несамоходных плавучих споруд. Збірник науково-технічних праць. Львів: НЛТУУ. 2007. Вип. 17.1. С. 130–133.

27. Терлыч С. В. Усовершенствование технологи изготовления и монтажа элементов зашивки помещений плавучих объектов и комплексов. Рыбное хозяйство Украины. Керч: КГМТУ. 2010. Вип. 5(70). С. 26–29.

28. Terlych S. Economic substantiation of improvement of installation of cabins for non-selfpropelled courts. Фазовые превращения и прочность кристаллов. Материалы VI Международной конференции, посвященной памяти академика Г.В. Курдюмова (16–19 ноября 2010). Черногловка. 2010. С. 183–184.

29. Terlych S., Alexeeva I. Dependence strength characteristics elements of modular sewing of non self-proppeled courts from the basic technological parametres of process are sharp and flexible. Збірник матеріалів XII Міжнародної науково-технічної конференції «Нові конструкційні сталі та стопи і методи їх оброблення для підвищення надійності та довговічності виробів» (6-8 жовтня 2010). Запоріжжя: ЗНТУ. 2010. С. 134–137.

30. Терлыч С. В., Шагиданов В. И. Разработка технологий и организация формирования помещений самоходных судов с применением контейнерных модулей. III Всероссийские научные Зворыкинские чтения (4 февраля 2011 г). сб. тез. докл. Муром: МИ ВлГУ. 2011 с. 418–420.

31. Гречко В. В., Терлич С. В. Математична модель системи керування мікрокліматом населених суднових приміщень за комплексним показником комфортності. Збірник наукових праць «Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві». Одеса: ОНПУ. Вип. 2(13). 2016. с. 64–68.

Особистий внесок здобувача. Основні наукові результати, висновки та рекомендації, які наведені в дисертації та виносяться на захист, отримані автором самостійно. З робіт, опублікованих у співавторстві, на захист виносяться тільки ті частини, які розроблено автором самостійно.

В роботі [1] автором виконано літературний аналіз, описано методики існуючих технологій модульного формування приміщень, запропоновано технології укрупненого монтажу приміщень плавучих доків. У публікації [3] автором досліджено зовнішні навантаження на елементи зашиття, виведено залежності для розрахунку внутрішніх зусиль, проведено контрольний розрахунок. У статті [4] автором розроблено та запропоновано математичні залежності переміщення модульних елементів та обладнання всередині суднового корпусу та виконано контрольний розрахунок. У праці [5] автор виконав загальний огляд задач дослідження, описав технології, що пропонуються при укрупненому формуванні житлових відсіків, розробив математичний апарат дослідження. У статті [6] автор підготував вихідні дані розрахунку, описав ймовірнісні розрахунки типоряду модульних елементів. У джерелі [7] автором обґрунтовано використання модульного формування приміщень на композитних плавучих доках, наведено ряд технологічних аспектів та запропоновано критерії оцінювання технологічності модульних конструкцій. У статті [9] автор визначив основні напрями удосконалення модульних систем, які використовуються на плавучих доках. У публікації [10] автором проведено аналіз сучасних модульних систем зашиття приміщень, їх розмірно-конструктивних особливостей. У джерелах [7, 8, 11] автор виконував аналіз та запропонував шляхи удосконалення габаритних характеристик приміщень під час розробки «лінійки» композитних плавучих доків.

SUMMARY

Terlych S. V. The improvement of the accommodation modules for non-self-propelled floating structures. – Qualification scientific work as manuscript.

The dissertation for the scientific degree of the Candidate of Technical Sciences on speciality 05.08.03. – «Design and building of ships». Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, 2018.

In the dissertation research the improvement of the technology of modular formation of premises for non-self-propelled floating structures (NSS) is presented. The dissertation consists of introduction, four sections, conclusions, list of used sources and applications.

The *introduction* substantiates the relevance of the topic of the dissertation, formulates the purpose and tasks of the work, defines the object and subject of research, presents the scientific novelty and practical value of the results of work.

In the *first section*, the review and analysis of existing modern modular systems and maritime decoration technologies such as «M100», «OMC», «M50» (Ukraine), «Rokwool» (Netherlands), «TNF» (Denmark), «Norack» (Norway), «Isolamin» (Sweden), «M1000» (Germany), the modular concept of «MECO» and others are considered.

It is noted that the use of modular and block-modular methods in domestic shipbuilding for the formation and decoration of premises is low, and for non-self-propelled floating structures is practically not used. There is no normative documentation that would involve the use of foreign products at domestic enterprises. Overseas manufacturers place insignificant reserves of strength and quality in the manufacture of modular elements for sewing premises, which in turn makes it problematic or even impossible to use modular technologies.

In the case of non-self-propelled floating structures, when introducing modular methods, useful functional load, which includes the mass of the minimum required number of equipment and the mass of all elements of the formation of premises, which determine the property of the equipment of the premises; area of exploitation

of craft, level of nauticalness, climatic conditions; functional features of the floating structure, range of operation from the coast; structural features of the case and vessel systems, tracing of electric tracks, location of mines and veneers.

The number of crew, scientific personnel, body material, type of power equipment may also be specified or agreed upon during design. An additional restriction may be the change of design and technological parameters in solving issues of sufficient seaworthiness.

The analysis of constructive, technological and operational characteristics of the most widespread modular systems in modern shipbuilding and pre-fabrication is carried out. The choice of the topic of the dissertation research is substantiated, its importance and relevance, and also correspondence of specialty 05.08.03 - "Design and construction of ships" are shown. The basic methods of research are determined.

In the *second section*, a mathematical model for determining the type of modular panels is developed. Creating a mathematical model for the formation and construction of marine spaces in the form of a comprehensive study, it is obvious that it must meet the modern technical level and be aimed at achieving a high level of economy and manufacturability. In this case, the main criterion for achieving the task is the target function. It involves minimal expenses for the manufacture and installation of modular elements of premises.

The given dependencies allow to precisely define material expenses and basic quantitative and weight characteristics of elements of sewing, depending on the accepted width of a panel from the developed type.

For the first time, an effective method for assessing technology and initial economic indicators in the development of technology for the construction and installation of elements of specific ship premises is developed. The obtained results can be used in the analysis of variants of constructive and technological solutions for the development of elements of modular sewing of modern projects of composite non-self-propelled floating docks. The calculations should begin with the determination of the number of types of panels and profiles to be used and features of

the form of the premises, taking into account the drawings of the general arrangement of the craft.

The practical value of the study is to obtain a computer model of the premises of the NSS, which is very simple both for use in the *cummulative distribution function* (CDF)-packages and for the generation of commands for numerical control machines in the manufacture of modular sewing elements for the NSS.

The results obtained for determining the widths and lengths of the premises can be considered reliable, since calculations are made using a large number of premises and their alterations. The reliability of the size of the premises is quite large and therefore they can be further used in the development of technological solutions.

In *third section* a set of concurrently-technological pixels for reconciling the formation of the processes and the blocks of the processes of non-cryptographic cumulative fields with the use of modular methods is presented.

For a simple, concurrent analysis, a number of typical clue elements are added to the popup concurrently.

It is examined in the article, as well as in the description of a number of recommendations regarding the isolation of insulation from the outer sheathing and the elements of cutting.

In connection with the development of the functional modules of the processes, a number of technologies for the transformation and the detection of container block modules are proposed.

Improved options for fastening composite panels and insulation elements, in contrast to existing analogues, have fewer design elements, a higher level of technological capability in terms of overall design and installation.

In connection with the development of the functional modules of the processes, a number of technologies for the transformation and the detection of container block modules are proposed.

Improved options for fastening composite panels and insulation elements, in contrast to existing analogues, have fewer design elements, a higher level of technological capability in terms of overall design and installation.

For the first time, proposed designs and general recommendations that make it impossible to create a fire in neighboring compartments due to the temperature transfer through modular elements (barriers, and elements that traverse them).

For the first time, a technical solution for basing and transporting modular cabins has been developed to allow more rapid and clear design of technological schemes and practical tasks related to the transportation and movement of ship's modular elements.

In the *fourth section*, the estimation of the economic efficiency of the use of the developed technologies and the concurrent pitons concerning the formation of the processes of nonchemical floating crops with the use of modular methods is demonstrated.

For the first time, a number of analytical and graphical dependencies have been created to reduce the complexity of the formation of housing compartments by modular methods, depending on the displacement of the floating structure.

A number of analytic and large-scale submerged areas have been reduced, and the formation of residential buildings has been reduced by modular methods in the vicinity of the water-tight construction of a building.

The *scientific novelty* of the obtained results. In the work the problem of modular formation of NSS premises was investigated and a new method for determining the dimensional and structural parameters of the premises was developed and the technology of moving block cabins inside the cabinet and the enlarged installation was improved. The following new results are obtained:

- for the first time new quantitative and qualitative characteristics of the elements of the formation of the ship's premises of the non-self-propelled structures were investigated for the purpose of transition from traditional panel technologies to modular and enlarged modules, which makes it possible to reduce the complexity of the sewing of premises in 1,5-2,0 times, depending on the area of sewing ;
- for the first time a mathematical model for determining the rational type of elements of modular formation of premises was developed and tested, which allows

to reduce the time for design and material and technical preparation of production in 2-2.5 times;

- the technique of calculating the thickness of insulation directly on the elements of modular sewing is improved, which gives the technological opportunity not to use the fastening elements of the elements and in turn reduce the cost of construction by 4-5% and reduce the weight of the design to 9%;

- acquired further development of the method of determining the composition of modular sewing elements, which allow to estimate their total mass, the nature of the load, the constructed value, the use of characteristic features of the interior of non-self-propelled craft.

The practical significance of the obtained results of the dissertation research is to create an applied methodology that allows us to rationally use materials for the manufacture of modular sewing elements (panels, profiles, mounting elements, etc.). The proposed mathematical dependencies allow to coordinate and position modular cabins and elements of equipment with minimal errors.

The developed techniques are implemented and used in the order of experimental exploitation at the Kherson State Plant "Pallada" and the Kherson Shipyard Smarrt Maritime Group (SMG), as well as in the educational process of the Admiral Makarov National University of Shipbuilding, as well as during the research work of the Department of Shipbuilding and Ships-repairing.

Key words: floating structures, modular methods, identification, identification and re-engagement of the social support.

ЗМІСТ

СПИСОК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ.....	23
ВСТУП.....	25
РОЗДІЛ 1	
ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ В ГАЛУЗІ ФОРМУВАННЯ СУДНОВИХ ПРИМІЩЕНЬ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ.....	33
1.1 Сучасний стан модульного формування суднових приміщень.....	33
1.2 Задачі, що виникають при модульному формуванні приміщень несамохідних плавучих споруд	40
1.3 Постановка задач дисертаційного дослідження.....	42
1.4 Обґрунтування теми дисертаційного дослідження.....	44
1.5 Методи дослідження.....	45
Висновки за розділом 1.....	48
РОЗДІЛ 2	
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УДОСКОНАЛЕННЯ МОДУЛЬНОГО ФОРМУВАННЯ ПРИМІЩЕНЬ НЕСАМОХІДНИХ ПЛАВУЧИХ СПОРУД.....	49
2.1 Розмірний та конструктивний аналіз приміщень несамохідних плавучих споруд.....	49
2.1.1 Розмірний аналіз.....	49
2.1.2 Конструктивний аналіз.....	55
2.2 Розв’язок пошукової задачі призначення раціональних розмірів приміщень несамохідних плавучих споруд.....	65
2.3 Дослідження напружено-деформованого стану елементів модульного формування суднових приміщень.....	75

2.4 Розроблення математичної моделі визначення типоряду модульних елементів формування суднових приміщень.....	82
Висновки за розділом 2.....	95

РОЗДІЛ 3

КОМПЛЕКСНЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ

УДОСКОНАЛЕННЯ ФОРМУВАННЯ ТА МОНТАЖУ ПРИМІЩЕНЬ НЕСАМОХІДНИХ ПЛАВУЧИХ СПОРУД.....	97
--	-----------

3.1 Удосконалення типоряду модульних зашивочних панелей та елементів ізоляції приміщень несамохідних плавучих споруд.....	97
3.2 Удосконалення конструкторсько-технологічних рішень виготовлення, формування та монтажу приміщень несамохідних плавучих споруд.....	104
3.2.1 Удосконалення конструкції сандвіч-панелі для захиття суднових приміщень.....	104
3.2.2 Удосконалення конструкції та технології суднового приміщення контейнерного типу.....	108
3.3 Забезпечення пожежної безпеки при модульному формуванні суднових приміщень.....	111
3.4 Удосконалення технології позиціонування та переміщення модульних кают всередині корпусів несамохідних плавучих споруд.....	124
3.5 Дослідження можливості перенесення ізоляції із зовнішньої обшивки на елементи захиття елементів суднових приміщень.....	132
Висновки за розділом 3.....	146

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	149
--	------------

4.1 Розрахунок економічного ефекту використання запропонованого типоряду зашивочних панелей.....	148
4.2 Прогнозування зменшення трудомісткості монтажу модульних кают за рахунок впроваджених технологій.....	153
4.3 Розрахунок економічного ефекту перенесення ізоляції з обшивки на елементи модульного захисту суднових приміщень.....	157
Висновки за розділом 4.....	160
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	161
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	164
ДОДАТОК А. Акт впровадження результатів дисертаційного дослідження в навчальний процес.....	183
ДОДАТОК Б. Акти впровадження результатів дисертаційного дослідження на підприємствах.....	185
ДОДАТОК В. Список опублікованих праць.....	188

ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

Скорочення

CDF – cumulative distribution function;
 MEKO – Mehrzweck-Kombination;
 NSS – non-self-proppeld structure;
 SMG – Херсонська верф Smart Maritime Group;
 Г – горючий;
 КПЩТП – критична поверхнева щільність теплового потоку;
 НГ – негорючий;
 НУК – Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова;
 НПС – несамохідна плавуча споруда;
 ПЩТП – поверхнева щільність теплового потоку;
 ФЗ – функціональна зона;
 ХДЗП – Херсонський державний завод «Палада».

Позначення

A, B – лінійні розміри приміщення, м;
 a_i – лінійний розмір, м;
 d_i – частота використання i -го розміру;
 E – модуль пружності першого роду, МПа;
 E_p – річний економічний ефект, грн.;
 e_1, e_2, e_3 – одиничні орти ;
 $F_K(H)$ – глобальна функція компактності;
 h_i – висота i -ї панелі;
 I – момент інерції площі поперечного перетину, $\text{м}^2 \cdot \text{мм}^2$;
 KE – критерій ефективності;
 k_i – інтенсивність використання лінійного розміру;
 K_u – коефіцієнт використання матеріалу;
 M – згинальний момент, кН·м;

- n, m – необхідна кількість ширин і довжин панелей відповідно;
 $n_{я}$ – кількість ярусів;
 m_i, v_i – відповідно маса (кг) та об'єм (см³) шару ізоляції;
 p – розподілене навантаження викликане динамікою судна, кН;
 S_H – повна площа ярусів надбудови, м²;
 $S_i(H_i)$ – площа i -го ярусу надбудови, м²;
 T_a, T_h – точність визначення ширин та висот відповідно, мм;
 q випадкове розподілене навантаження, кН/м²;
 q_v – густина теплового потоку, Вт/м²;
 $\{Q\}$ – область допустимих площ приміщень, м²;
 $r(x,y,z)$ – радіус-вектор із координатами x, y, z ;
 T_0 – температура оточуючого повітря, К;
 Z – мінімум зведених витрат, грн.;
 z_B – витрати на одиницю продукції за базовим варіантом, грн./м²;
 z_H – витрати на одиницю продукції за новим варіантом, грн./м²;
 D_a, D_b – похибки відхилення переміщення каюти відносно вісей x, y відповідно, м;
 D_{ai}, D_{ki} – розкид (дисперсія) ширин і довжин панелей відповідно;
 α – коефіцієнт твердості Ламе;
 δ_i – товщина оболонки, мм;
 λ, μ – коефіцієнти Ламе;
 ξ – характеристика сумісності приміщень;
 $[\psi]$ – область допустимих зв'язків приміщень;
 φ, ψ, θ – кути повороту відносно вісей x, y, z відповідно;
 σ_a, σ_k – квадратичне відхилення розмірів ширин і довжин панелей відповідно;
 ω – прогин пластини (панелі), мм.

ВСТУП

Актуальність теми дисертаційної роботи. Модульне формування та монтаж суднових приміщень є невід’ємною складовою в процесі побудови суден. Відсоток трудомісткості цих робіт при побудові торгового чи промислового судна може сягати 5...6%. Аналізуючи сучасні пакети замовників на вітчизняних верфях стає зрозумілим, що серед них значну частину складають несамохідні плавучі споруди (НПС): плавучі композитні доки, плавучі готелі, майстерні, паркінги, плавучі несамохідні крани, дебаркадери, плавучі будинки. Для цих плавзасобів трудомісткість робіт з формування суднових приміщень може досягати, а іноді і перевищувати 20%. Суттєві відрізнєння складу, конфігурацій, планувань, розмірів, конструкцій та технічних вимог приміщень конкретних НПС при використанні модульних систем надають значний вплив на зменшення часу побудови цих плавзасобів, збільшенню будівельної коштовності та зменшенню рівня механізації робіт. Діючи в наш час нормативно-правові документи (резолюції ІМО, Конвенція SOLAS 74/78, класифікаційні товариства) не містять цілого ряду рекомендацій, які б урахували весь комплекс необхідної інформації відносно проектування, конструювання, технологій формування та монтажу житлових, суспільних та службових приміщень кількості яких на НПС в рази більша на відміну від самохідних суден.

Таким чином удосконалення існуючих та розвиток нових модульних методів формування та монтажу суднових приміщень несамохідних плавучих споруд є досить актуальним науково-технічним завданням.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами. Дослідження в області добузовних технологій в суднобудуванні є провідним, визнаним міжнародною спільнотою напрямком наукової та практичної діяльності Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, який пов’язаний з виконанням законів і постанов Кабінету Міністрів України: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 6 травня 2009 р. №

581-р «Про схвалення Стратегії розвитку суднобудування на період до 2020 року»; Розпорядження Кабінету Міністрів України від 6 травня 2009 р. № 671-р «Про схвалення Концепції Загальнодержавної цільової економічної програми розвитку кораблебудування на період до 2035 року».

Дисертація включає результати наукових досліджень, отриманих під час виконання договорів про творче співробітництво: № 1688 між кафедрою суднобудування Херсонської філії НУК та Херсонським державним заводом «Палада»; № 2169 між кафедрою будівництва та ремонту суден НУК та Херсонським державним заводом «Палада» (№ держ. реєстрації 0118U004505) та № 2182 між кафедрою будівництва та ремонту суден НУК та Херсонською верф'ю Smart Maritime Group (номер державної реєстрації 0118U001704), де здобувач брав участь як відповідальний виконавець.

Мета дисертаційної роботи полягає в удосконаленні технології формування суднових приміщень та житлових блок-модулів НПС для зменшення трудомісткості виготовлення модульних конструкцій приміщень та їх собівартості при максимальному переносі усіх видів робіт з судна в цех.

Об'єктом дослідження є технології виготовлення, опорядження та монтажу модульних приміщень для НПС.

Предмет дослідження – процеси формування та монтажу модульних конструкцій приміщень НПС, їх закономірності та показники.

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі поставлено наступні **наукові задачі**:

1) на основі вивчення та аналізу ряду вітчизняних та закордонних модульних систем захиття суднових приміщень розробити ефективний алгоритм їх раціоналізації, який забезпечить зменшення кількості модульних елементів, спрощення їх конструкції з урахуванням відповідних діючих стандартів;

2) визначити основні фактори впливу зовнішніх навантажень, які необхідно враховувати при формуванні, монтажі та експлуатації суднових приміщень;

3) розробити математичну модель визначення раціональних лінійних параметрів для елементів модульного захиття суднових приміщень НПС за умови мінімальних матеріальних витрат;

4) удосконалити базову технологію формування та захиття суднових приміщень НПС;

5) дослідити процеси переміщення блочних кают всередині корпусів плавучих споруд та з'ясувати їх основні закономірності;

6) сформулювати задачі удосконалення конструкторсько-технологічних рішень формування суднових приміщень, а також доцільність перенесення виносної ізоляції із корпусних конструкцій на елементи захиття;

7) провести порівняльний техніко-економічний аналіз формування суднових модульних приміщень традиційним та запропонованим способами;

8) впровадити результати дисертаційного дослідження у виробництво та в навчальний процес.

Методи дослідження. При проведенні дослідження було використано наступні загальнонаукові методи.

Комплексний аналіз – для призначення базової системи модульного захиття, методів удосконалення та оцінювання результатів.

При вирішенні пошукової задачі призначення раціональних геометричних характеристик приміщень використано аналітичний метод випадкового ненаправленого пошуку, який полягає в створенні математичного опису житлового блоку плавучих споруд з використанням методів визначення екстремумів.

Метод перехідних матриць – для удосконалення координування та позиціонування модульних кают при їх переміщенні всередині корпусу плавучої споруди.

При визначенні властивостей міцності та деформацій панелей використані положення будівельної механіки корабля та теорії пружності.

Метод нелінійного математичного програмування – для формування математичної моделі розроблення типорядів елементів модульного захиття.

Чисельні методи Крилова та Якобі – при розв’язанні систем рівнянь для визначення вільних коефіцієнтів частинного рішення диференційного рівняння деформації модульних панелей для захиття.

Оцінка техніко-економічної ефективності виконаних досліджень та розробок, а також технологічності переміщення та монтажу модульних кают виконано із використанням вартісного та розмірного аналізів за двома критеріями – витрат та технологічності.

У числі **інформаційних джерел** використовувалася українська та закордонна фахова література з проектування та інтер’єру суднових приміщень, книги, журнальні статті, наукові доповіді, матеріали наукових конференцій та семінарів, доступна технічна документація по реальним проектам несамохідних плавучих споруд. При удосконаленні загальнопроектних характеристик та створенні математичних моделей використовувалися наукові праці Бавикіна Г. В., Рашковського О. С., Мільто О. О., Щедролосоєва О. В., Головні Ю. М., Пасько В.Ю., Ткаченка В.О., Сліжевського С. М., Корчевської Н. М., Царева Б. А., Любимової Н. І., Хализева Н. А., Селезньова А. А., А. Shauman, Волкова В. Н., Дорина В. С., Рейнова М. Н., Алліка Р. А., Солдатова В. Є., Радущинського М. А., Фірсова В. Б., Худякова Л. Ю., Мьин Кхайта та інших авторів. Також під час дослідження використовувалися державні й галузеві стандарти, міжнародні конвенції, робочі креслення та типові технологічні процеси, дані internet-сайтів суднобудівних підприємств та фірм-виробників суднового обладнання (Norac, TNF, Росун, Алмаз, МЕКО тощо).

Наукова новизна отриманих результатів дисертаційного дослідження полягає в теоретичному та прикладному розв’язанні задач формування приміщень НПС модульними методами шляхом удосконалення конструктивних елементів захиття та технологій формування надбудов (рубок, башт) укрупненими способами.

У результаті дослідження:

- на основі техніко-економічного та розмірно-конструктивного аналізу існуючих модульних систем прийнято базові конструктивні елементи, що дало змогу зіставити конструктивні та технологічні характеристики вузлів зашиття та обґрунтувати вихідні параметри;

- **вперше** отримано функціональні залежності між лінійними розмірами елементів зашиття та силовими факторами (зовнішні навантаження та прогини) методом Крилова, що зменшує час визначення вищеназваних показників до 3-х разів;

- **вперше** завдяки створеній та апробованій математичній моделі визначення типоряду панелей для зашиття приміщень плавзасобів обґрунтовано спосіб визначення раціональних лінійних параметрів панелей (розміри висоти підволоки та ширини панелі при визначеній її товщини) для зашиття приміщень НПС, що дозволило знизити витрати металопласту на 42...45%, мінеральних наповнювачів ізоляції на 47...52%, а загальний коефіцієнт використання матеріалу збільшився з 0,76 до 0,82;

- **вперше** отримано умови для позиціонування блок-кают всередині корпусу плавучої споруди в вигляді математичної залежності у вигляді трьох рівнянь різниці координат переміщення в трьохмірному просторі із урахуванням допустимих лінійних переміщень, що дозволило знизити абсолютну похибку на рівні 1,2 м при вертикальному переміщенні та 0,24 м при горизонтальному переміщенні при існуючих допусках – 2,5 м на одиницю площі;

- **удосконалено** технології формування суднових приміщень несамохідних суден шляхом перенесення виносної ізоляції із корпусних конструкцій на елементи зашиття приміщень НПС, що дало змогу зменшити трудомісткість формування приміщень до 68% у порівнянні із традиційною технологією;

- **отримав подальший розвиток** метод формування та опорядження приміщень суден та інших плавучих споруд за рахунок раціоналізації

призначення типорозмірів елементів зашиття, що знижує витрати металопласту на 47%, а мінеральних наповнювачів на 30%.

На захист виносяться основні результати роботи – сукупність теоретичних, методичних та практичних питань, пов'язаних із задачею вдосконалення технологій модульного формування приміщень НПС, що викладені у висновках до відповідних розділів.

Наукове значення дисертаційної роботи полягає в удосконаленні методу та технології формування суднових приміщень на підставі визначення раціональних лінійних параметрів панелей зашиття та умов позиціонування блок-кают в середині корпусу суден та несамохідних плавучих споруд, що є актуальною невирішеною раніше задачею сучасної технології суднобудування як науки.

Практичне значення отриманих результатів:

1) розроблена математична модель дає змогу призначати типоряд модульних елементів кают що зменшує їх матеріалоємність на 47% за рахунок раціонального заповнення довжин і ширин при формуванні приміщень НПС на відміну від традиційної технології;

2) отримані рівняння напружено-деформаційного стану модульних елементів приміщень дозволяють призначити геометричні характеристики перетинів елементів модульного зашиття на відміну від існуючих методик їх призначення за прототипами і дають змогу зменшити масу зашиття на 18%;

3) удосконалена технологія формування, оббудови та монтажу модульних суднових приміщень дає змогу зменшити трудомісткість добудовних робіт плавучої споруд на 17...19%;

4) запропоновані функціональні залежності позиціонування всередині корпусу НПС дозволяють координувати та переміщувати модульні каюти й елементи обладнання з мінімальними похибками (до 1 м при нормованих – 2,5 м на одиницю площі);

5) розроблені методики впроваджені в порядку дослідної експлуатації на Херсонському державному заводі «Палада» та Херсонській верфі Smart

Maritime Group, використовуються в навчальному процесі, відповідно до навчальних планів освітніх ступенів бакалавра та магістра, а також виконанні наукових досліджень на рівні PhD зі спеціальності 135 «Суднобудування» за освітньо-професійними програмами «Суднокорпусобудування» та «Судноремонт та технічне обслуговування флоту» на кафедрі будівництва та ремонту суден Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

Апробація матеріалів дисертації. Результати дисертаційної роботи були представлені, обговорювалися та отримали позитивну оцінку на конференціях:

- II, III, IV, V, VII, IX Міжнародна науково-технічна конференція «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці» (2011, 2012, 2013, 2014, 2016, 2018 роки, м. Миколаїв, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова);

- Всеукраїнська науково-технічна конференція з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд» (2016, 2017 роки, м. Миколаїв, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова);

- Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні тенденції і перспективи розвитку морегосподарського комплексу України» (15-16 червня 2011 р, м. Маріуполь, Азовський морський інститут Національного університету «Одеська морська академія»);

- II, III, V, VIII Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті» (2010, 2011, 2016, 2017 роки, м. Херсон, Херсонська державна морська академія).

Публікації. Основні положення дисертації викладені у 31 друкованій науковій праці, а саме: 1 публікація у закордонному збірнику, який входить до фахових видань Азербайджану та 10 статей у фахових наукових виданнях України, які входять у перелік, затверджений ДАК МОН України; 14

публікацій апробаційного характеру та 6 робіт, які додатково відображають наукові результати дисертації.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів основної частини, загальних висновків, списку використаних джерел з 143 найменувань, чотирьох додатків і містить 33 рисунки та 22 таблиці. Обсяг дисертації складає 139 сторінок основного тексту без урахування сторінок які повністю містять рисунок, або таблицю.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПРОБЛЕМ МОДУЛЬНОГО ФОРМУВАННЯ ПРИМІЩЕНЬ ДЛЯ НЕСАМОХІДНИХ ПЛАВУЧИХ СПОРУД

1.1 Сучасний стан модульного формування приміщень для несамохідних плавучих споруд

Важливим моментом для сучасного суднобудування та докобудування є розробка та впровадження методів формування приміщень на основі модульних систем. Під *модульною системою* прийнято розуміти сукупність конструкторських та технологічних рішень щодо координування модульних розмірів елементів та об'єктів захиття [105, 116].

Сутність *модульного принципу* полягає в тому, що під час проектування плавзасіб умовно розбивається на типові архітектурно-конструктивні частини, які мають повну геометричну та функціональну взаємозамінність, сумісність та можливість багаторазового використання в проектах плавзасобів одного, або декількох типів [4].

Дані складальні одиниці отримали назву *модулів*, а сам принцип проектування та побудови судна з уніфікованих та стандартних частин – *модульним*. Формування модулів виконується шляхом виготовлення в умовах цехів судноверфі (або на контрагентських підприємствах) типових корпусних конструкцій із насиченням та елементами оббудови приміщень та їх паралельне насичення обладнанням, меблями, електроустаткуванням, системами та трубопроводами [16].

Використовуючи модульний принцип при проектуванні плавзасобів з уніфікованих типових частин можливе використання модульної системи при розрахунках габаритних розмірів рубок, башт плавучих доків, плавучих майстерень та приміщень, що входять до складу цих конструкцій.

За порівняно невеликий проміжок часу, починаючи з кінця 60-х років минулого століття, у світовому суднобудуванні з'явилися різні системи модульного формування та опорядження приміщення. Суднові приміщення стали формувати з

типових елементів що володіють взаємозамінністю заздалегідь заготовлених деталей опорядження та в кінцевому рахунку, цілком виключили допоміжні роботи з їх установа на плавучий об'єкт, тобто почали *складати* приміщення, а не *будувати* [46, 89, 138] (рис. 1.1).

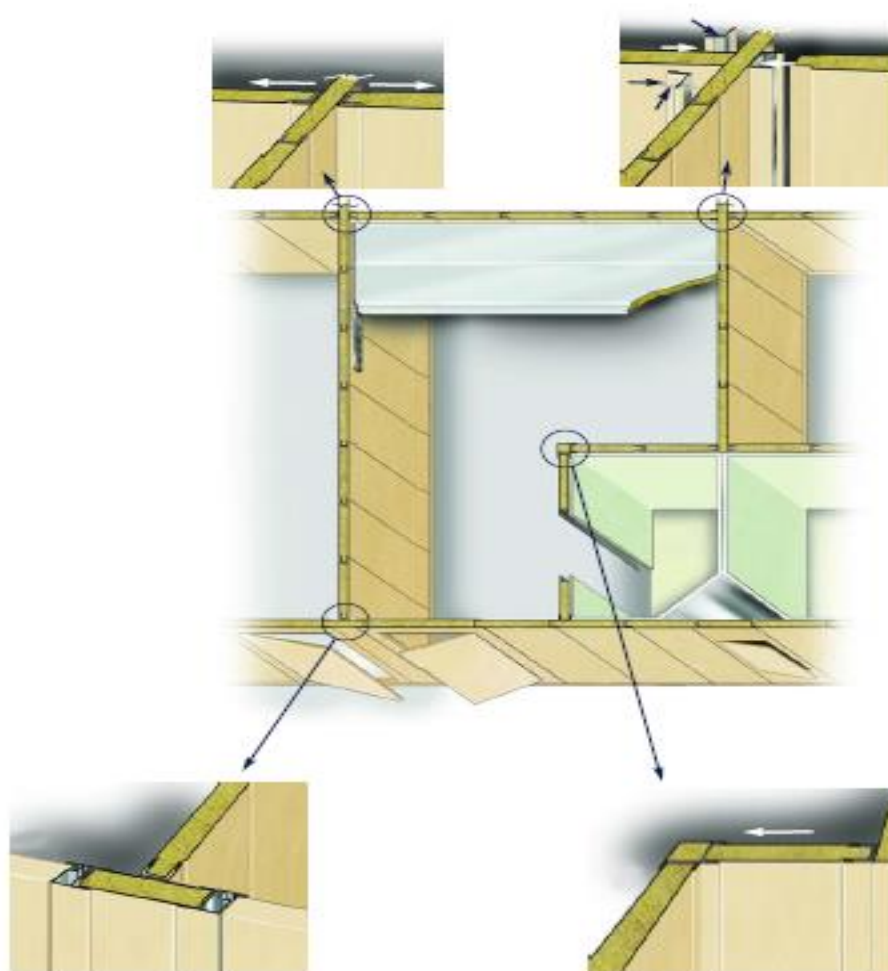


Рисунок 1.1 – Складальні вузли TNF для житлової каюти

Застосування типових рішень і уніфікованих модулів дозволяє прискорити проектування й будівництва для плавзасобів середніх та великих розмірів; підвищити гнучкість використання різних сценаріїв (для середніх суден та НПС), знизити витрати при створенні модифікацій на базі уніфікованого корпусу (для малих несамохідних плавзасобів, насамперед сталевих доків і плавучих готелів або будинків). Модулі можуть бути застосовані також при переустаткуванні й модернізації суден та НПС з урахуванням сучасних вимог, у

тому числі при переобладнанні надбудов та устаткування зі зниженими параметрами теплового випромінювання й радіолокаційної ідентифікації [53, 80, 95, 108].

У всіх версіях модульного формування для можливих розмірних груп критерієм ефективності при оптимізації варіантів є *мінімум витрат за планований термін служби*. Крім рішення про прийняття (або неприйняття) модульних принципів при створенні НПС й про обсяг реалізації модульних конструкцій і встаткування немодульного типу, на межах розмірних груп може знадобитися раціоналізації самої схеми модульного формування типізація з метою підвищення квазисерійності; орієнтація на змінність; модифікації в уніфікованому корпусі.

Модульне проектування дозволяє [81, 93, 104, 116, 123]:

- завчасно спрогнозувати компоновальні й конструктивно-технологічні рішення;
- забезпечити оптимальну повторюваність близьких за призначенням й однакових по розмірах приміщень;
- знизити витрати на побудову суден і виготовлення для них устаткування;
- підвищити гнучкість використання окремих приміщень та (або) елементів їхнього встаткування [2].

У цьому змісті модулі дозволяють суттєво вирішити проблему взаємозамінності й агрегативної ремонтпридатності. Цим окупаються такі недоліки методу як деякі неминучі надлишки мас, обсягів і площ [23, 30].

Крім того, модульний підхід вимагає додаткових базисних розробок, проте в міру впровадження спрощується процедура компонування загального розташування й скорочується кількість необхідних креслень (замінених більше простими схемами, інструкціями й відомостями). Якісні плюси та мінуси що компенсуються за рахунок модульних підходів можуть бути представлені у вигляді конкретних техніко-експлуатаційних оцінок, а їхні кількісні параметри

найбільшою мірою залежать від фактору застосовності (частоти використання типорозмірів модулів).

Основними способами монтажу є вертикальний (шахтова) та горизонтальний (рис. 1.2) [105].

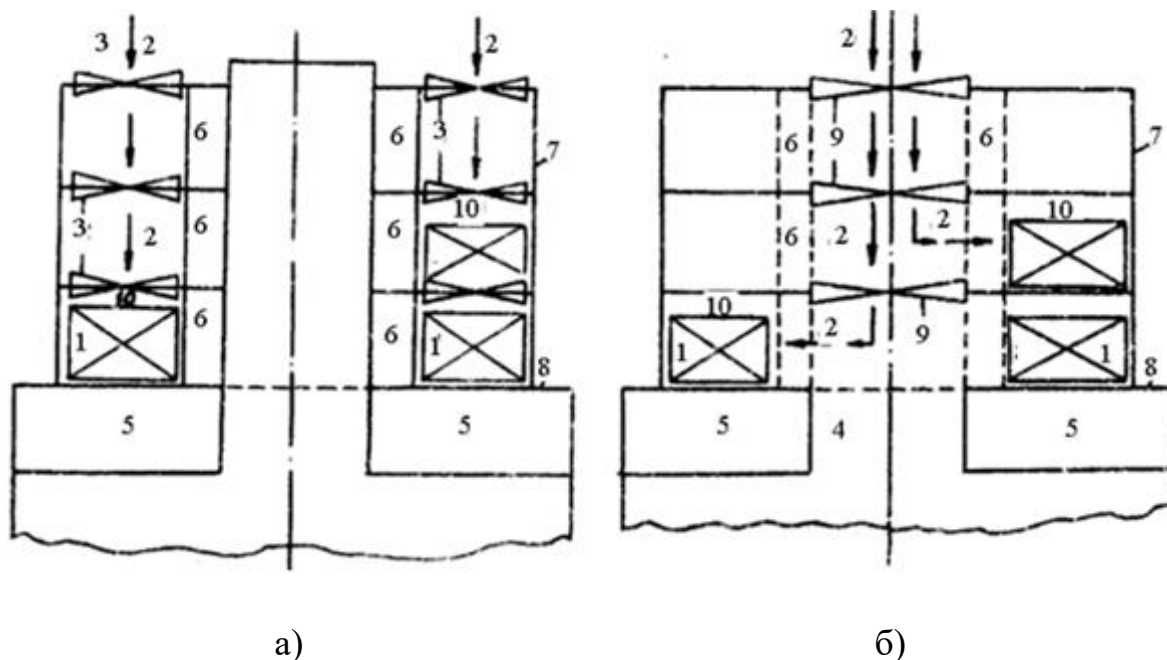


Рисунок 1.2 – Схема монтажу контейнерних населених модулів

а) вертикально-шахтова (безпалубна), б) горизонтально-палубна

1 – контейнерно-населений модуль; 2 – шляхи завантаження; 3 – вирізи у палубах для транспортування; 4 – машинна шахта; 5 – приміщення у корпусі; 6 – коридори; 7 – зовнішня перебірка надбудови; 8 – верхня палуба (палуба безпеки); 9 – вирізи машинної шахти; 10 – простір для вентиляційних трас.

Враховуючи той факт, що на такій плавучій споруді, як док, в «житловій башті» в районі приміщень, які зашиваються, знаходиться велика кількість шахт і вигоронок, самі приміщення мають «ламану» форму.

Слід зазначити, що безкаркасні системи ведучих закордонних фірм, таких як «Isovolta» (Австрія), «Ippokampos» (Греція), «Rockwool» (Данія), «Norac» (Норвегія), «Keller» (Швейцарія), шведські фірми «Imac», «Norrbottnens», фінська «Stockfors», системи сумісного виробництва «Росун», «Алмаз»,

МЕКО та вітчизняна однорядна М100 мають багато спільного щодо конструктивних рішень та матеріалів, що використовуються.

Основні конструктивні елементи модульних систем «TNF» (Данія), «Norak» (Норвегія), «Isolamin» (Швеція) наведено на рис. 1.3 та у таблиці 1.1.

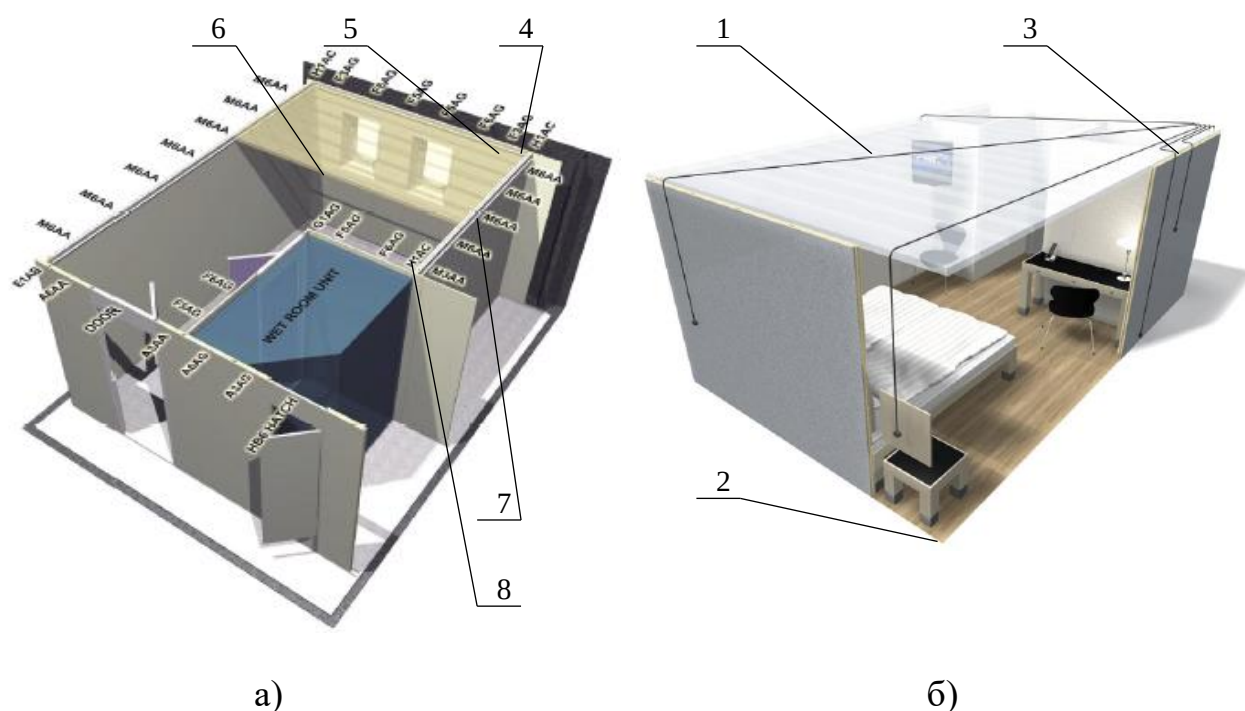


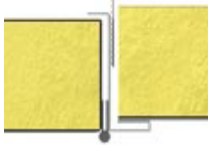
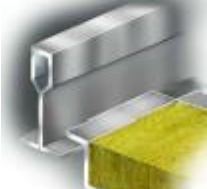
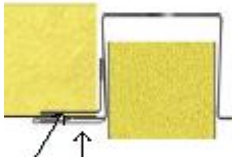
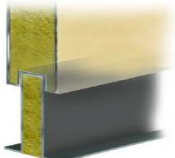
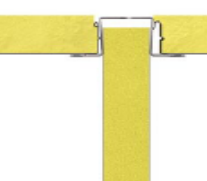
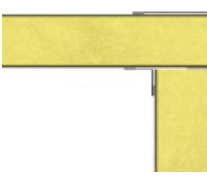
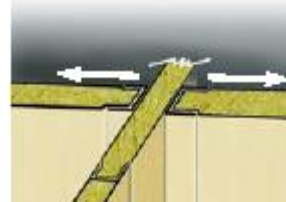
Рисунок 1.3 – Місцезположення найбільш характерних конструктивних вузлів формування житлового приміщення

а) модульні елементи каюти; б) каюта із обладнанням

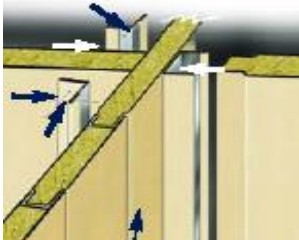
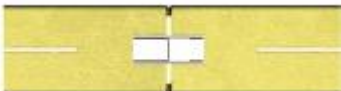
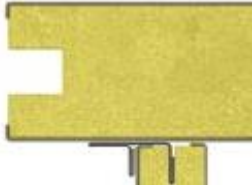
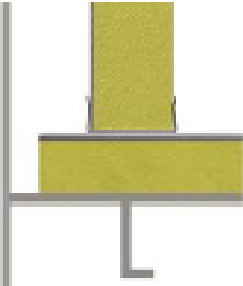
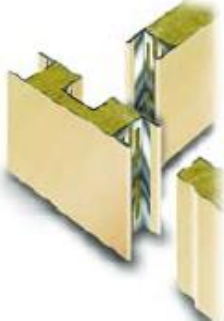
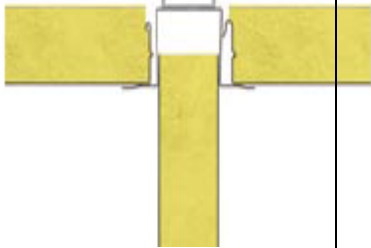
1 – з'єднання перебірок (поволоки по ширинам); 2– з'єднання перебірок з палубою (платформою); 3 – з'єднання перебірок з подволокою; 4 – з'єднання внутрішнього куту перебірок; 5 – з'єднання зовнішніх кутів; 6 – з'єднання напівперебірок; 7– з'єднання напівперебірок із подволокою; 8 – стикове з'єднання внутрішнього куту перебірок та напівперебірок

Формування приміщення здійснюється із використанням П-подібних профілів, які кріпляться до корпусних конструкцій. В них послідовно встановлюють елементи зашиття.

Таблиця 1.1 – Конструктивні вузли основних елементів безкаркасних систем формування кают

Позначення конструктивного вузла (рис. 1.3)	Найменування системи, країна		
	«Isolamin», Швеція	«Norac», Норвегія	«TNF», Данія
1			
2			
3			
4			
5			

Продовження таблиці 1.1

Позначення конструктив ного вузла (рис. 1.2)	Найменування системи, країна		
	«Isolamin», Швеція	«Norac», Норвегія	«TNF», Данія
6			
7			
8			

Верхній профіль, як правило, має відігнаний фланець жорсткості, на який встановлюються панелі підволоки, а при необхідності стикування цих панелей по довжині використовується спеціальний гнутий профіль, який кріпиться на підвісках до розташованих вище корпусної конструкції. Системи відрізняються вузлами з'єднання елементів опорядження, виконанням фланців та торців панелей і щитів; використання різноманітних профілів опоряджувальних та з'єднуючих елементів забезпечує патентну чистоту конструктивно-технологічних рішень.

1.2 Задачі, що виникають при модульному формуванні приміщень несамохідних плавучих споруд

Досвід впровадження модульних систем опорядження суднових приміщень та їх виробництво підтвердив їх економічну ефективність і перспективність [12, 20, 61], але у той-же час стала очевидною необхідність розвитку модульної концепції опорядження суднових приміщень по шляху універсалізації розроблених конструктивно-технологічних рішень, тобто адаптації їх до НПС різних типів [54, 78]. При цьому *потрібно враховувати* такі аспекти, як архітектурно-планувальні рішення щодо розміщення екіпажу, пасажирів; особливості режимів експлуатації, характеристики корпусних конструкцій у районах суднових приміщень, що зашиваються, (наявність підкріплень, рамних зв'язків, зламу палуб і т.п.) та інше. Розробка конструктивно-технологічних рішень опорядження суднових приміщень є складним процесом, що *має багато протиріч* [19, 62, 71]. Для успішного його розвитку необхідно, з одного боку, урахувати накопичений досвід впровадження модульних систем на НПС різних типів, з іншого боку – якісно змінити підхід при розробці системи, додавши їй різні сторони універсальності.

Для плавучих гуртожитків характерна розвинена надбудова (висока й довга) з декількома палубами, при цьому все-таки значна частина приміщень, що зашиваються, розташована в міцному корпусі. Для суден цього типу в конструкціях зашиття суднових приміщень немає масогабаритних обмежень, можливе планування прямокутних у плані кают, однак значно зростають вимоги до якості зашиття, способам транспортування й доставки елементів опорядження до місця монтажу, їх ремонтпридатності в силу великої кількості приміщень, що зашиваються [83].

На несамохідних судах і особливо на судах технічного флоту всі приміщення для екіпажу й технічного складу як правило розташовані в закритій надбудові над машинним відділенням (якщо воно є), що, у свою чергу, на більшості НПС перебуває в кормі [25]. При цьому, як правило, члени команди й технічний склад розміщені в одномісних каютах із санітарними

блоками, а командний склад – у блоках-каютах [17, 18]. Для приміщень, що зашиваються, на НПС даного типу характерна прямокутна форма в плані, а в обсязі форма паралелепіпеда; відсутня проблема корегування вагового навантаження й площ приміщень при проектуванні житлових надбудов, тому приміщення звичайно приймаються відносно великими, а проєктант має можливість вибрати більш важкі та габаритні конструкції зашиття (наприклад, у модульній системі М100 товщина міжкаютної перебірки становить 96 мм), виконання яких забезпечує сховану проводку електрокабеля й розеток, вимикачів і іншого дрібного електроустаткування. Більшість меблів і встаткування може бути закріплене безпосередньо до панелей без заповнювачів [127].

Для плавучих доків, або плавучих кранів великої підйимальної сили однієї з *головних проблем* є зниження ваги майже усіх конструкцій [96, 102] конструкцій, у силу чого алюмінієві сплави продовжують залишатися основним конструкційним матеріалом, проте в наш час застосовується традиційне зашиття з питомою вагою $6...8 \text{ кг/м}^2$, що значно нижче ваги вітчизняних модульних систем – $15...19 \text{ кг/м}^2$ [70, 72]. Одним з *важливих залишається питання* створення легких технологічних конструкцій зашиття суднових приміщень із урахуванням конструктивних особливостей НПС малої водотоннажності в районі житлових приміщень: підйом платформ; зламу палуби (до 1,6 м при довжині судна близько 30 м); завалу й звуження в ніс перебірок надбудов у приміщеннях, що зашиваються; порівняно невеликого міжпалубного простору (2300 і 2400 мм) [74-76].

При розробці модульних методів опорядження приміщень варто враховувати особливості режимів експлуатації НПС, що майже не виконується [36, 45, 71]. Вимоги до вібростійкості й ударостійкості конструкцій зашиття більшості НПС визначаються ходовою вібрацією й регламентовані Регістром Судноплавства України. Для НПС технічного флоту з підвищеним рівнем вібрації (кригостійких, землечерпалок), для суден із великими періодичними динамічними навантаженнями *повинні*

передбачатися варіанти захиття суднових приміщень, що мають підвищену вібро- і ударостійкість і які забезпечують зниження впливу структурного шуму й вібрації в каютах, що зашиваються [73, 86].

В літературних джерелах майже відсутня інформація відносно ізолювання та протипожежного захисту елементів формування суднових приміщень НПС, проте відомо багато фактів виникнення пожеж і розповсюдження полум'я через конструктивні недоліки елементів захиття [5, 9].

Таким чином можна стверджувати, що формування суднових приміщень з використанням модульних технологій є досить складною складовою при проектуванні та побудові НПС, що залежить від багатьох факторів. До його недоліків можна віднести:

- відсутність архітектурно-планових рішень розміщення екіпажу, пасажирів та персоналу на НПС, що негативно впливає на раціональність конструкцій та загальне розташування приміщень;
- високу трудомісткість формування приміщень через неповне використання (або не використання) модульних технологій;
- недосконалість конструкцій приміщень НПС та ізолювання елементів захиття для забезпечення пожежної безпеки;
- відсутність теоретичних даних розмірно-конструктивних параметрів приміщень в комплексі для можливості їх використання на будь-яких типах НПС;
- неповнота даних зовнішніх навантажень та напружено-деформованого стану й вібрації елементів захиття приміщень НПС.

1.3 Постановка задач дисертаційного дослідження

Враховуючи те, що модульні технології формування суднових приміщень для НПС частково знайшли застосування як на вітчизняних підприємствах, так і за кордоном, у літературних джерелах, на internet-сайтах та у довідковій літературі відсутня інформація з теоретичного обґрунтування їх застосування,

виконання конструктивних розрахунків та розрахунків їх міцності та вібрації, техніко-економічні, екологічні обґрунтування тощо.

Вивчення літературних джерел й відкритої технічної документації вітчизняних підприємств [6] та їх аналіз дали змогу сформулювати завдання для дисертаційного дослідження, яке спрямоване на удосконалення модульного формування приміщень для НПС.

Мета дисертаційної роботи полягає в удосконаленні технології формування суднових приміщень та житлових блок-модулів НПС для зменшення трудомісткості виготовлення модульних конструкцій приміщень та їх собівартості при максимальному переносі усіх видів робіт з судна в цех.

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі поставлено наступні **наукові задачі**:

1) на основі вивчення та аналізу ряду вітчизняних та закордонних модульних систем захиття суднових приміщень розробити ефективний алгоритм їх раціоналізації, який забезпечить зменшення кількості модульних елементів, спрощення їх конструкції з урахуванням відповідних діючих стандартів;

2) визначити основні фактори впливу зовнішніх навантажень, які необхідно враховувати при формуванні, монтажі та експлуатації суднових приміщень;

3) розробити математичну модель визначення раціональних лінійних параметрів для елементів модульного захиття суднових приміщень НПС за умови мінімальних матеріальних витрат;

4) удосконалити базову технологію формування та захиття суднових приміщень НПС;

5) дослідити процеси переміщення блочних кают всередині корпусів плавучих споруд та з'ясувати їх основні закономірності;

6) сформулювати задачі удосконалення конструкторсько-технологічних рішень формування суднових приміщень, а також доцільність перенесення виносної ізоляції із корпусних конструкцій на елементи захиття;

7) провести порівняльний техніко-економічний аналіз формування суднових модульних приміщень традиційним та запропонованим способами;

8) впровадити результати дисертаційного дослідження у виробництво та у навчальний процес.

1.4 Обґрунтування теми дисертаційного дослідження

Тема дисертаційної роботи повинна включати в себе наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного потенціалу України. Обрана тема повинна бути актуальною, економічно-ефективною, науково значущою, вирішувати нову науково-прикладну задачу, бути здійсненою [106, 112].

Модульне формування приміщень НПС є однією з найважливіших складових судно- та докобудування. Існуючі технології формування, захиття та обладнання суднових кают, службових та суспільних приміщень на даний час потребують удосконалення: спрощення конструкції, підвищення технічного рівня технологій формування та монтажу безпосередньо на судні. Саме це призведе до зменшення трудомісткості добудовних робіт і як наслідок істотно знизить собівартість побудову НПС в цілому, що в свою чергу підвищить конкурентоспроможність вітчизняних верфей.

Обрана тема дисертаційного дослідження відповідає паспорту спеціальності 05.08.03 – «Конструювання та будування суден». *Формула спеціальності*: Галузь науки і техніки, яка займається розробленням та вдосконаленням методів проектування, конструювання, будування суден, інших плавучих споруд, засобів океанотехніки, підводних технічних систем і комплексів, підводних апаратів, суднових конструкцій, загальносуднових систем, суднових пристроїв та їх елементів, забезпечення їх ефективності, надійності і безпеки на протязі усього життєвого періоду (*за напрямками*: 10. Розроблення методів формування, опорядження й обладнання приміщень суден і плавучих споруд; 12. Методи автоматизації й оптимізації технологічних процесів будування суден, їх технічних засобів).

Галузь науки, з якої присуджують наукові ступені: технічні науки.

Розв'язок завдань удосконалення модульного формування приміщень для несамохідних плавучих споруд доцільно проводити відповідно до загальноприйнятої методології наукових досліджень. На рисунку 1.4 наведено структурно-логічну схему дисертаційного дослідження.

1.5 Методи дослідження

При проведенні дослідження було використано наступні загальнонаукові методи.

Комплексний аналіз – для призначення базової системи модульного захиття, методів удосконалення та оцінювання результатів.

При вирішенні пошукової задачі призначення раціональних геометричних характеристик приміщень використано аналітичний метод випадкового ненаправленого пошуку, який полягає в створенні математичного опису житлового блоку плавучих споруд з використанням методів визначення екстремумів.

Метод перехідних матриць – для удосконалення координування та позиціонування модульних кают при їх переміщенні всередині корпусу плавучої споруди.

При визначенні властивостей міцності та деформацій панелей використані положення будівельної механіки корабля та теорії пружності.

Метод нелінійного математичного програмування – для формування математичної моделі розроблення типорядів елементів модульного захиття.

Чисельні методи Крилова та Якобі – при розв'язанні систем рівнянь для визначення вільних коефіцієнтів частинного рішення диференційного рівняння деформації модульних панелей для захиття.

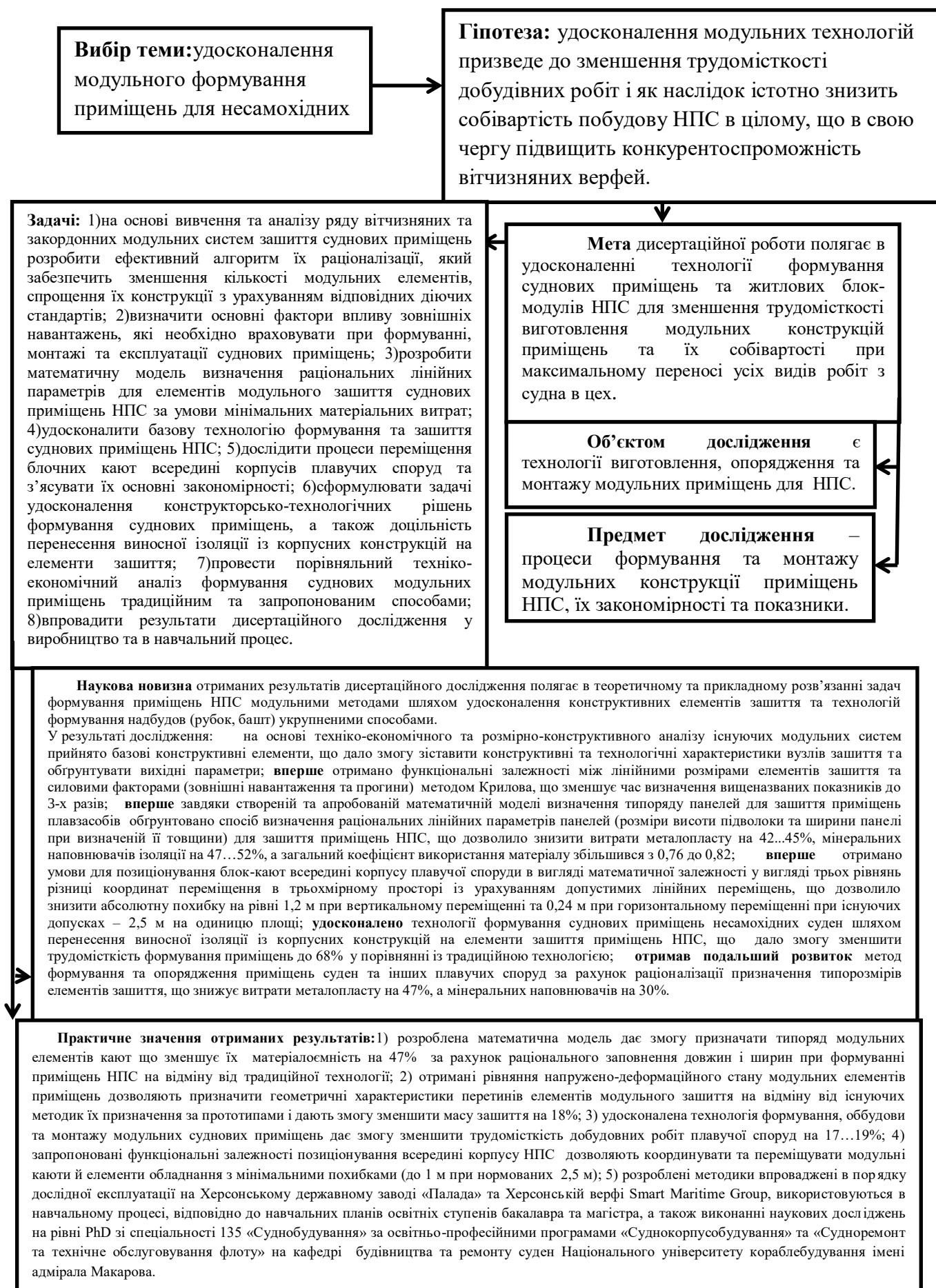


Рисунок 1.4 – Структурно-логічна схема дисертаційного дослідження

Оцінка техніко-економічної ефективності виконаних досліджень та розробок, а також технологічності переміщення та монтажу модульних кают виконано із використанням функціонально-вартісного та розмірного аналізів за двома критеріями – витрат та технологічності. Для проведення теоретичного та прикладного аналізу визначення раціональних параметрів суднового приміщення (групи приміщень) розроблено алгоритм, заснований на мінімізації кількості ширин і глибин зашив очних панелей (рис. 1.5).

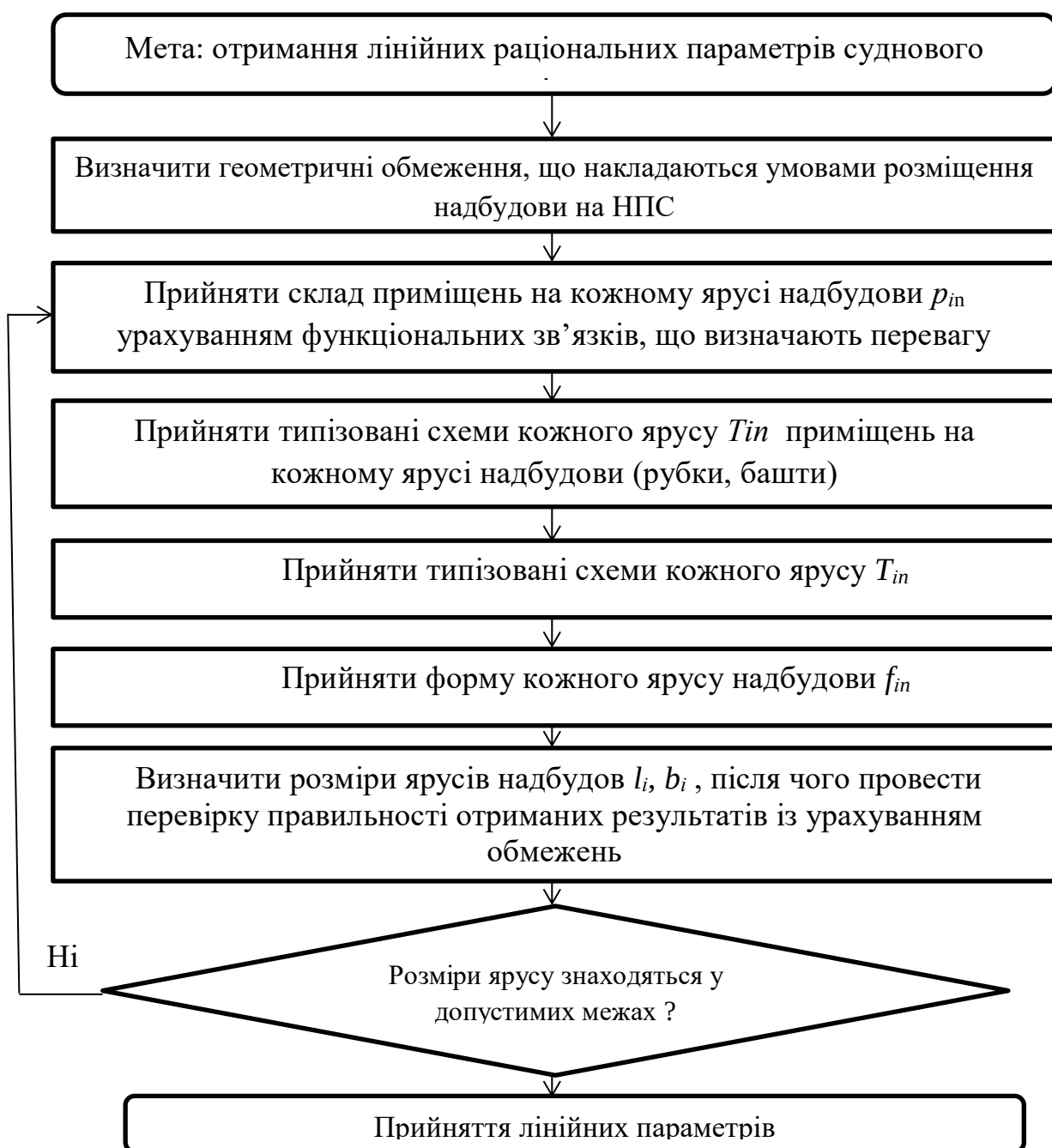


Рисунок 1.5 – Алгоритм визначення раціональних лінійних параметрів суднового приміщення

Висновки за розділом 1

На підставі огляду сучасної вітчизняної та закордонної літератури проведено аналіз технологій модульного формування суднових приміщень та методів їх вдосконалення. Досліджено технології формування, обладнання, монтажу суднових приміщень, а також варіанти їх протипожежного захисту.

Розроблено алгоритм визначення раціональних лінійних параметрів суднового приміщення.

Сформульовано мету та основні завдання дослідження, які актуальні для сучасного вітчизняного судно- та докобудування.

Отримані результати представлено у публікаціях:

[63] Терлич С. В., Шагіданов В. І. До питання компанування обладнання приміщень плавучих споруд з використанням модульних технологій. Рибне господарство України. 2011. Вип. 4. С. 32–44.

[81] Терлич, С. В. Використання модульної оббудови приміщень на композитних плавучих доках [Текст] / С.В. Терлич, М.Г. Слуцький // Зб. наук. праць НУК. – 2008. – № 2 (419). – С. 45 – 48.

[116] Щедролосєв О. В., Терлич С. В. Сучасний стан модульного формування приміщень на несамохідних плавучих доках. Зб. наук. праць НУК. 2008. Вип. 1. С. 94–99.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УДОСКОНАЛЕННЯ МОДУЛЬНОГО ФОРМУВАННЯ ПРИМІЩЕНЬ НЕСАМОХІДНИХ ПЛАВУЧИХ СПОРУД

2.1 Розмірний та конструктивний аналіз приміщень несамохідних плавучих споруд

2.1.1 Розмірний аналіз приміщень несамохідних плавучих споруд

При розробленні та проведенні комплексного дослідження взаємопов'язаних конструктивно-технологічних та організаційно-виробничих рішень модульної системи формування приміщень перш за все необхідно виконати дослідження об'єкту зашиття, його складових, номенклатуру, характеристики та об'єми. Тільки таке чітке визначення об'єкту зашиття та його особливостей може вважатися вихідними даними для проведення удосконалення модульного формування приміщень на НПС.

У якості наукового методу визначення об'єкту зашиття прийнято статистичне моделювання приміщень та їх складових на основі розмірного та конструктивного аналізу великої кількості різноманітних приміщень НПС [11]. Такий підхід до визначення об'єкту зашиття принципово відрізняється від часткової конструктивної проробки деяких приміщень, проведеної при створенні однорядної модульної системи М100.

Суттєві відрізнєння складу, конфігурацій, планувань, розмірів конструкцій та технічних вимог зашивань конкретних НПС надають значний вплив на отримання середніх статистичних характеристик об'єкту і, як наслідок, на наступні конструкторські та технологічні рішення.

При виконанні розмірно-конструктивного аналізу приміщень було розглянуто найбільш перспективні проекти НПС, які було побудовано на Херсонському державному заводі «Палада» в період з 1990 по 2016 р. Перелік цих проектів представлено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Перелік проектів НПС, побудованих на ХДЗ «Палада» в період 1990-2016 р

Найменування НПС, № проекту	Підіймальна сила (водотоннажність*), т
Ремонтний автономний композитний плавдок; проект 19330	16000
Ремонтний автономний композитний плавдок; проект 19563	12000
Передаточний композитний плавдок; проект 1760ПР	7100
Ремонтний композитний плавдок; проект 1760КР	7600
Ремонтний автономний композитний плавдок; проект 19371У	13000
Плавучий готель «Баккара»	2300*
Плавучий офіс-центр	2560*
Плавучий котедж	240*

У зв'язку з тим, що модульна система формування житлових приміщень все ширше використовується для захиття інших приміщень під час аналізування було розглянуто та враховано загальносуднові та службові приміщення.

Умовно в аналізі за основну висоту перегородок прийнято розмір 2800 мм, що відповідає відстані між топ-палубою та палубою безпеки. На інших палубах та платформах плавдоків житлові, службові та суспільні приміщення як правило не розміщуються.

Кількість низьких ділянок перегородок, наприклад під ілюмінатори, або коротких ділянок подволоку прораховувалися у аналізі за рахунок введення коефіцієнтів пропорційності зниження розмірів ділянок відносно прийнятих основних розмірів висот перегородок.

Проаналізував розміри довжин перегородок, подволоків та їх частин було отримано наступні дані:

- довжини перебірок знаходяться у інтервалі від 3 до 32 м;
- мінімальний розмір довжини перегородки складає 3000 мм і кратний модулю системи (100 мм);
- розміри ширин ділянок підволоки лежать у межах від 3,0 до 7,1 м.

Аналізуючи окремі приміщення враховано можливості однорядної системи формувати непрямокутні приміщення, що зумовлено специфічним розташуванням поперечних та повздовжніх перегородок на НПС та великим впливом загублення корисних площ при формуванні прямокутних приміщень.

Розміри перегородок та їх частин визначалися з урахуванням уніфікованих растрів ілюмінаторів, модульних дверей, а також з урахуванням стандартних довжин панелей поволоку для забезпечення збігання стиків по довжині подволоків [3, 107].

Аналіз частин подволоку різної довжини проведений з урахуванням конструктивних, технологічних, естетичних вимог та рекомендацій здійснювати зашиття поволоку поперек глибини приміщення. Таке поперечне зашиття поволоку дозволяє використати найбільш широкі панелі, що співпадають стиками зі стиками панелей вертикальних перебірок та не мають вузьких частин.

Таким чином поперечне формування подволоків, що формуються в однорядній модульній системі принципово відрізняються від планування змішаного розташування панелей. Це дає можливість використати економічно доцільні найбільш широкі та довгі панелі з можливих по технологічним та механічним обмеженням [113].

У аналізі також розглянуто питання щодо використання несучих декоративних профілів для розкріплення модульних панелей. Встановлено, що потрібності деяких профілів не залежать від типоряду панелей проте інші залежать від ширини панелей, які використовуються і як слідство від їх кількості.

Для проведення теоретичного загального дослідження однорядний масив ширин перебірок приміщень наведено у вигляді наступного виразу (2.1):

$$\{B\} = \{b_1; b_2; \dots; b_n\}, \quad (2.1)$$

де b_i – i -ий розмір ширини приміщення, або його частини;

n – кількість розмірів ширин.

Частота розмірів, що використовуються представлена наступним виразом (2.2):

$$\{K\} = \{k_1; k_2; \dots; k_n\}, \quad (2.2)$$

де k_i – інтенсивність використання i -го розміру ширини.

Ряд довжин підволоків приміщень наведено у вигляді одномірного масиву (2.3):

$$\{H\} = \{h_1; h_2; h_i; \dots; h_m\}, \quad (2.3)$$

де h_i – i -та висота панелі,

m – кількість розмірів довжин підволоків.

Частоти довжин підволокних панелей, що використовуються при зашиванні, представлено виразом (2.4):

$$\{D\} = \{d_1; d_2; \dots; d_m\}, \quad (2.4)$$

де d_i – частота використання i -го розміру.

Середні статистичні розміри ширин приміщень і довжин підволоків визначено за формулами [14, 90] (2.5, 2.6):

$$\text{ширини} \quad b_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n b_i k_i}{\sum_{i=1}^n k_i}, \quad (2.5)$$

$$\text{довжини} \quad d_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^m h_i d_i}{\sum_{i=1}^m d_i}. \quad (2.6)$$

Розкид (дисперсія) розмірів ширин $\mathcal{D}_{b_{cp}}$ і довжин $\mathcal{D}_{d_{cp}}$ щодо їхніх середніх значень отримано із залежностей (2.7, 2.8):

$$D_{b_{cp}} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (b_i - b_{cp})^2, \quad (2.7)$$

$$D_{d_{cp}} = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (d_i - d_{cp})^2. \quad (2.8)$$

Квадратичне відхилення розмірів ширин і довжин можна отримати за формулами (2.9, 2.10) [90]:

$$\sigma_{b_{cp}} = \sqrt{D_{b_{cp}}}, \quad (2.9)$$

$$\sigma_{d_{cp}} = \sqrt{D_{d_{cp}}}. \quad (2.10)$$

На наступному етапі дослідження проведено аналіз точності та надійності при визначенні середніх розмірів приміщення, яке зашивається. Стандартна похибка при визначенні ширин та довжин приміщення була розрахована за залежностями (2.11, 2.12) [14, 90]:

$$m_{b_{cp}} = \frac{\sigma_{b_{cp}}}{\sqrt{n}}, \quad (2.11)$$

$$m_{d_{cp}} = \frac{\sigma_{d_{cp}}}{\sqrt{m}}. \quad (2.12)$$

Точність визначення ширин та довжин проводилася за формулами (2.13, 2.14) [14, 90]:

$$T_{b_{cp}} = t - m_{b_{cp}}, \quad (2.13)$$

$$T_{d_{cp}} = t - m_{d_{cp}}. \quad (2.14)$$

де t – можливість похибки, $t = 5\%$.

У дослідженні прийнято $t = 2$.

Необхідна кількість ширин та довжин для забезпечення похибки не більше за прийняту розрахована, як (2.15, 2.16):

$$n_b = \frac{t^2 \sigma_{b_{cp}}^2}{T_{b_{cp}}^2}, \quad (2.15)$$

$$m_d = \frac{t^2 \sigma_{d_{cp}}^2}{T_{d_{cp}}^2}. \quad (2.16)$$

Підтвердження довірчої ймовірності $t = 2$ при визначенні ширин та довжин розраховано за формулами (2.17, 2.18):

$$t_{b_{cp}} = \frac{T_{b_{cp}} \sqrt{n}}{\sigma_{b_{cp}}} , \quad (2.17)$$

$$t_{d_{cp}} = \frac{T_{d_{cp}} \sqrt{m}}{\sigma_{d_{cp}}} . \quad (2.18)$$

У таблицях 2.2 та 2.3 наведено відповідно ряд ширин перебірок і довжин підволоків та частоти їх використання.

Таблиця 2.2 – Чисельний ряд ширин перебірок розглянутих НПС та частоти їх використання

Ширини перебірок приміщень, b_i , м	3,0	3,5	3,4	3,6	3,8	4,0	4,4	4,6	6,0	6,6	6,4	7,1
Частота використання ширин перебірок, k_i	21	46	19	8	5	8	3	4	2	4	5	4

Таблиця 2.3 – Чисельний ряд довжин підволоків розглянутих НПС та частоти їх використання

Довжини підволоків приміщень, h_i , м	3,0	3,5	4,0	4,5	6,4	7,1	13	15	20	25	30
Частота використання довжин перебірок, d_i	32	28	18	21	5	12	6	12	15	8	10

Середньостатистичні дані аналізу площ перебірок, підволоків середньостатистичного плавзасобу та середні розміри приміщень на плавдоках, які були розглянуті у аналізі наведено у таблиці 2.4.

Отримані результати по визначенню ширин та довжин приміщень можна вважати достовірними, оскільки розрахунки проведені при використанні великої кількості приміщень та їх розмінювань. Достовірність розмірів приміщень достатньо велика і тому вони можуть надалі використовуватися при розробці технологічних рішень вдосконалення формування конкретних житлових, службових та суспільних приміщень плавучих доків та інших НПС.

Таблиця 2.4 – Середньостатистичні дані поверхонь приміщень плавучого

Найменування елементу, розмірність	Числове значення
Середня площа перебірок (за виключенням дверей та ілюмінаторів), $F_{ПБ}$, м ²	163
Середня площа підволоків, $F_{ПВ}$, м ²	119
Середня площа всієї зашивки, $\sum F$, м ²	282
Середні розміри умовного приміщення	
Ширина перебірки, b , м	8,80
Достовірність розмірів ширин приміщень ($1-t_b$)	0,89
Довжина підволоку, $h_{ПД}$, м	11,50
Достовірність розмірів ширин приміщень ($1-t_{d\text{cp}}$)	0,98
Висота, H , м	2,80

В аналізі розглянуто питання щодо використання декоративних профілів для кріплення елементів зашиття. При цьому встановлено, необхідність деяких профілів не залежить від типоряду ширин панелей, а інші залежать від кількості ширин.

Обсяги та характеристики зашивань, що встановлено на основі аналізу середньостатистичного несамохідного плавзасобу використано для проведення розробки та оптимізації технологічних, конструкторських та виробничих рішень при модульному формуванні приміщень на плавучих доках та інших несамохідних плавучих спорудах, що і складатиме перспективи подальших досліджень у цьому розділі.

2.1.2 Конструктивний аналіз зашиття приміщень несамохідних плавучих споруд

Морські несамохідні плавучі споруди та берегові об'єкти до вантажних, спеціальних та промислових суден мають наступні відмінності, які варто

враховувати при розробці модульної системи формування житлових, службових та суспільних приміщень:

- розмірно-конструктивні характеристики приміщень, які властиві тільки плав докам;
- особливості умов експлуатації плавучих доків, що вимагають більш жорстких протипожежних норм;
- велика кількість екіпажу.

Безкаркасні системи ведучих закордонних фірм, таких як «Isovolta» (Австрія), «Ippokampos» (Греція), «Rockwool» (Данія), «Norac» (Норвегія), «Keller» (Швейцарія), шведські фірми «Imac», «Norrbottnens», фінська «Stockfors» та вітчизняна М100 мають багато спільного щодо конструктивних рішень та матеріалів, що використовуються. Формування приміщення здійснюється із використанням П-подібних профілів, які кріпляться до корпусних конструкцій. В них послідовно встановлюють елементи захиття. Верхній профіль, як правило, має відігнаний фланець жорсткості, на який встановлюються панелі підволоки, а при необхідності стикування цих панелей по довжині використовується спеціальний гнугий профіль, який кріпиться на підвісках до розташованих вище корпусної конструкції. Системи відрізняються вузлами з'єднання елементів опорядження, виконанням фланців та торців панелей і щитів; використання різноманітних профілів опоряджувальних та з'єднуючих елементів забезпечує патентну чистоту конструктивно-технологічних рішень.

Основним несучим елементом конструкції захиття суднового приміщення для всіх безкаркасних систем є композитна панель (щит). Саме конструкція панелі є визначною у виконанні комплексу вимог, що пред'являються в цілому до конструкцій захиття житлових, суспільних та службових приміщень на судах.

Щити системи «NJA Isolamin Norrbottens» є трьохшаровою композитною конструкцією, що складається з облаштування – оцинкованих сталевих листів завтовшки 0,7 мм з декоративним поверхневим шаром з полівінілхлоридної

плівки (металопласт) і внутрішнього шару з мінеральної вати «Rockwool» щільністю близько 175 кг/м^3 . Вага щитів складає 20 кг/м^2 . Безкаркасна система «Isolamin» – система готових елементів, що поставляються в комплекті з деталями їх кріплення. Кріплення щитів між собою здійснюється спеціальними сполучними профілями (рис. 2.1, 2.2).

«Rockwool TNF Panel System» – це безкаркасна модульна система з модулем ІМ (100 мм), що відповідає останнім технічним і архітектурним вимогам суднобудування і забезпечена промисловим виготовленням і постачанням елементів. Панелі складаються з облаштувань – шаруватий пластик завтовшки 1, 2 мм або сталевий лист, покритий декоративною плівкою, і серцевини з теплоізоляції «Rockwool». Панелі доставляються повністю готовими до установки модульних розмірів шириною від 100 до 600 мм, у тому числі є кутові і Т-подібні елементи. До конструктивних особливостей системи відносяться варіанти кріплення панелей (роз'ємне і нероз'ємне); застосування панелей різних типів у тому числі завтовшки 50 і 25 мм. Останні встановлюються у корпусних конструкціях.

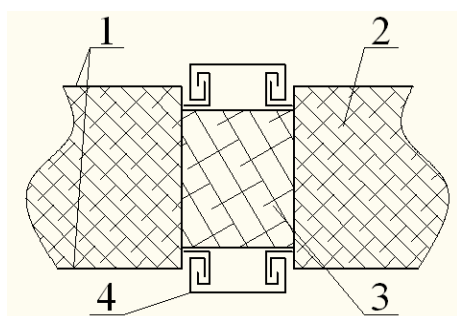


Рисунок 2.1 – Защиття «ЖМС»

1 – металопласт; 2 – мінеральна вата ($\rho = 160 \text{ кг/м}^3$); 3 – мінеральна вата ($\rho = 300 \text{ кг/м}^3$);
4 – фіксуючий профіль

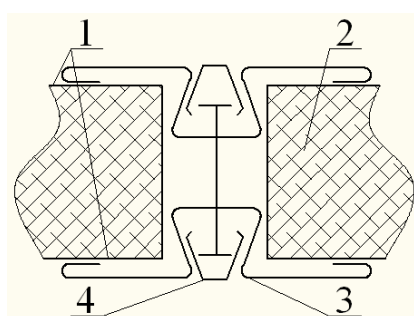


Рисунок 2.2 – Защиття «Isolamin»

1 – металопласт; 2 – мінеральна вата;
3 – з'єднувальний профіль; 4 – розкладка

Кутові, Т-подібні та інші з'єднання щитів зашиття виконуються також спеціальними гнутими профілями, що встановлюються на самонарізних гвинтах. Щити «Isolamin» виготовляються розміром 50×600×2440 мм. Ця система проста в проектуванні і виробництві, ґрунтована на мінімальній кількості типорозмірів, проте вимагає робіт по місцю застосування нарізного кріплення при монтажі конструкцій на судні і може мати ряд конструктивно-технологічних обмежень.

Нероз'ємне з'єднання передбачає приховане кріплення сполучних профілів, при цьому по торцях панелей встановлена ізоляція жорсткого типу з пазами, що прорізають, для складання елементів. Роз'ємне з'єднання передбачає складений сполучний профіль з декоративною обробною розкладкою, що обтискає кінці сусідніх профілів. Можливий і спрощений варіант роз'ємного з'єднання за принципом системи «Isolamin».

Типоряд панелей включає: звичайні панелі стандартної товщини; панелі шумопоглинаючі; панелі теплозвукоізоляційні, облаштовані перфорованою сталлю з одного боку і оцинкованою сталлю з іншою, а також панелі, спеціально призначені для електропроводки і проходів кабелів. Відповідно до планування приміщень панелі і елементи поставляються необхідних розмірів і виконань, мають відповідне маркування. Поверхня панелей кодується спеціальним чином для зручності ідентифікації поверхні зашиття. Завдяки цьому під час опорядження суднових приміщень усі типи модульних елементів можуть бути встановлені без підгонки і подальшого підрізування при монтажі. Система «Rockwool» відповідає усім умовам і вимогам, що пред'являються до системи зашиття приміщень на судах, і може бути аналогом при розробці вітчизняної системи.

Різноманітною по конструктивним рішенням є також безкаркасна система зашиття норвезької фірми «Norac». По застосовуваних матеріалах (металопласт, ізоляція – мінеральна вата) вона аналогічна розглянутим вище. Відзначено наступні варіанти конструктивних рішень системи:

– панелі тришарової конструкції товщиною 25 і 50 мм, стандартної ширини 600 мм, кріплення їх між собою виконується шляхом введення торця однієї панелі в іншу панель за рахунок особливої форми відігнутих фланців (рис. 2.3, 2.4), при цьому застосовуються кутові елементи і різні сполучні профілі за типом системи «Isolamin»;

– панелі тришарової конструкції товщиною 25 і 50 мм, стандартної ширини 600 мм, їх з'єднання здійснюється за рахунок спеціального I-подібного з'єднувального профілю (варіант посилення конструкції зашиття);

– панелі двошарової конструкції в двошрядному виконанні перегородок (для збільшення звукоізоляції).

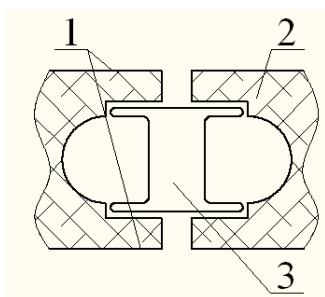


Рисунок 2.3 – Система зашиття «Rockwool»

1 – металопласт; 2 – мінеральна вата;

3 – з'єднувальний профіль

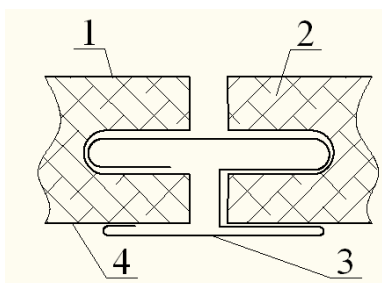


Рисунок 2.4 – Система зашиття «Imac»

1 – металопласт; 2 – мінеральна вата;

3 – з'єднувальний профіль; 4 – оцинкована сталь

У них в якості наповнювача використовується зміцнена ізоляція «Rockwool» щільністю 220 кг/м^3 , повітряний проміжок між панелями 30 мм. Товщина дворядної перебирання 70 мм. З'єднання панелей здійснюється за допомогою жорсткого сталевого перфорованого елемента, що встановлюється між ними, і замикається в нього спеціального профілю, який притискає кромки панелей. Особливість даного варіанта полягає в тому, що він близький до каркасному виконання (змонтованої конструкції), проте не вимагає попереднього монтажу каркасів, так як елементи з'єднання встановлюються спільно з панелями.

В системі «Norac» (рис. 2.5) вирішені питання установки знімних панелей, проводки кабелів, стикування панелей по висоті приміщення та ін.

Застосовуються два варіанти підволочних панелей-двошарові панелі 500×2450 мм завтовшки 52 мм з наповнювачем з мінеральної вати «Rockwool» щільністю 150 кг/м³, що мають відігнуті фланці спеціальної форми, перекривають стик панелей, і двошарові профільні панелі 300×3000 мм завтовшки 30 мм, з'єднання яких здійснюється за допомогою профільних елементів, крім того, додатково полягає в захисті підволока суцільний шар мінеральної вати товщиною 50 мм щільністю 12 кг/м³.

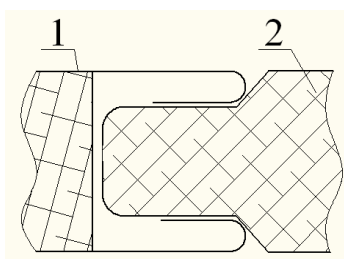


Рисунок 2.5 – Система захисту «Norac»

1 – металопласт; 2 – мінеральна вата

У березні-вересні 1993 р. в Санкт-Петербурзі діяла виставка, де був представлений фрагмент безкаркасної системи захисту суднових приміщень шведської компанії «Imac» [29]. Необхідно відзначити, що ця компанія має широку кооперацію з виготовлення і постачання елементів захисту суднового устаткування з рядом фірм, в тому числі: «Isolamin» – виготовлення та поставка панелей і профілів формування приміщень; «Momek» – вогнезахисні судові двері; «Moelven E-Modul» – сантехнічні кабінки; «Perstorp» – декоративні пластики; «Texmag» – настили палуб. Конструктивні рішення по зашивці суднових приміщень базуються на елементах і рішеннях системи «Isolamin». Поряд з традиційними рішеннями, в системі «Imac» є і варіант, в якому панелі з'єднуються між собою безпосередньо за допомогою відігнутих особливим чином фланців на оболонках, по типу системи «Norac». Застосовуються кутові і Т-образні елементи. Панелі мають товщину 50 мм для міжкаютної перегородки 25 мм для захисту у перегородки всередині каюти або борта, а також можуть бути «посиленими» до 70 мм. Можуть поставлятися полегшені панелі за рахунок зменшення товщини оболонки до 0,5 мм і застосування мінераловатної ізоляції щільністю 80 кг/м³, що веде до зниження ваги стандартної панелі з 22 до 14 кг/м². В системі застосовуються панелі з поліпшеною звукоізоляцією, панелі з вирізами під кабелі

[126, 128, 129]. Для захисту підволоки використовуються як тришарові панелі шириною 600 мм з оболонками спеціальної форми, так і двошарові профільні шириною 200 мм, вільно укладаються на відігнуті фланці верхнього П-подібного профілю, що кріпить стінові панелі. За рахунок багатоваріантності конструкцій і рішень в системі «Imac» можливе опорядження різних приміщень без різних конструкторсько-технологічних обмежень.

Наступна група безкаркасних систем захисту базується на застосуванні плитних негорючих матеріалів, що виготовляються на основі спученого вермикуліту.

В системі захисту австрійської фірми «Isovolta» плити «Thermax» разом із з'єднувальними профілями утворюють укомплектовану систему перегородок, стель і облаштувань для застосування на судах і бурових платформах [77, 131, 133].

Стандартна плита «Thermax» товщиною від 14 до 34 мм покрита з двох сторін пластиком. З'єднання плит може здійснюватися за допомогою омегаподібного профілю з декоративною розкладкою. Можливе з'єднання за допомогою сталевий шпунтової пластини. Для кращої звукоізоляції фірмою виготовляються комбіновані плити «Trezista» товщиною 32 і 50 мм, що складаються з двох плит «Thermax» товщиною 10 мм, захитих ззовні пластиком, і серцевини з мінеральної вати «Rockwool» товщиною 28 або 10 мм. Можуть виготовлятися також плити «легкі» «Trezista», що складаються з мінераловатних плит, покритих пластиком, по торцях яких встановлені плити «Thermax». Такий варіант застосовується, зокрема, грецькою фірмою «Ippokampos». Як облаштований матеріал в плитах «Trezista» використовують і металопласт. Плити «Thermax» випускаються довжиною 2200, 2400, 2500 мм і шириною 1250 і 625 мм, а плити «Trezista» – 200, 300, 400 та 600 мм [141-143].

Конструктивні рішення, що застосовуються при монтажі плит «Vermipan M» швейцарською фірмою «Keller» – традиційні. Кріплення плит між собою здійснюється через сталеву шпунтову пластину, або за допомогою омегаподібного профіля за типом системи «Isolamin», або з використанням U-

подібних профілів, що з'єднуються між собою гвинтами.

Відзначимо, що протягом довгих років оздоблювальні панелі «Vermipan M» застосовувалися в багатьох країнах світу для протипожежних перегородок, внутрішніх обшивок, підволоки та настилів на суднах і морських платформах. Даний матеріал не містить ніяких шкідливих для здоров'я людини компонентів, при його обробці не утворюється шкідливого пилу. «Vermipan M» випускається плитами товщиною від 8 до 40 мм стандартним розміром 2440×1220 мм і може облаштовуватися шаруватим пластиком.

Проаналізувавши конструктивно-технологічні рішення безкаркасних закордонних систем, зроблено ряд узагальнень. За принципом розмірної координації та виконання елементів системи можна заздалегідь розділити на модульні і немодульні. У модульних системах присутня розмірна координація конструкцій зашиття і корпусних конструкцій суднових приміщень; готові елементи зашиття поставляються модульних розмірів і встановлюються в каюті без підгонки, є типізація елементів і конструкцій. У немодульних системах елементи зашиття доставляються певних розмірів, на заводі-будівельника судна виробляють через підготовленості і підгонку елементів зашиття «за місцем».

За конструктивним рішенням безкаркасні системи можуть мати однорядне і дворядне виконання. У першому випадку міжкаютні перегородки складаються з одного ряду щитів або панелей, при чому щити мають декоративну обробку з обох сторін. Це більш поширений варіант [27]. У двохрядному виконанні міжкаютні перегородки складаються з двох рядів щитів або панелей. Цей варіант застосовується у разі підвищення міцності і звукоізоляційних властивостей конструкцій зашиття [77].

Елементи зашиття в безкаркасних системах по конструкції можна розділити на трьох-, двох- і багатошарові. Тришарові панелі складаються із обладнаних по обидві сторони плит з мінеральної вати або плитного матеріалу на основі спученого вермикуліту. Для облаштування використовують пластик або металопласт. Цей варіант плит застосовується в однорядному виконанні безкаркасних систем. Двошарові елементи для зашиття підволоки або

перегородок в двохранньому виконанні складаються зі сталевї оболонки з декоративним покриттям (металопласт) і ізоляційного матеріалу. Багатошарові композитні панелі (плити «Trezista») використовуються в конструкціях підвищеної звукоізоляції та міцності [26].

Відносно застосовуваних матеріалів слід зазначити, що в конструкціях використовуються негорючі відповідно до резолюції ІМО матеріали; нетоксичні, нешкідливі для здоров'я людини при виготовленні і при експлуатації. Всі конструкції обробки по вогнестійкості відповідають вимогам Міжнародної конвенції і, як правило, схвалені класифікаційними товариствами різних країн.

Основними матеріалами для облаштування елементів захиття служать пластик і металопласт (сталь з декоративним покриттям). Шаруваті пластики використовують різних забарвлень товщиною 1,0...1,5 мм. Металопласт – сталь з гальванічним покриттям товщиною 0,5...0,7 мм з покриттям плівками ПВХ товщиною 0,15...0,3 мм різних забарвлень – застосовують для оболонок панелей і щитів і сполучних профілів і розкладок. У тришарових конструкціях на лицевій поверхні (з боку борту або корпусної перебірки) для облаштування застосовують оцинковану сталь.

Матеріалами для серцевини (наповнювача) панелей і щитів служать мінеральна вата або плитний матеріал на основі вспученого вермікуліту. Мінеральна вата (як правило, застосовується ізоляція «Rockwool» та «Isovolta») щільністю від 30 до 200 кг/м³ з поперечним розташуванням волокон забезпечує високу міцність елементів і захиття на стиск і на розрив (рис 2.6, 2.7).

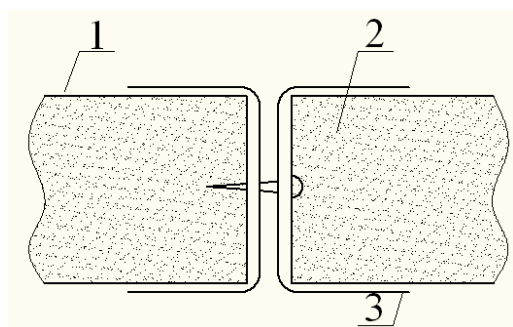


Рисунок 2.6 – Система захиття «Rockwool»

1 – пластик; 2 – плита «Vermipan M»; 3 – з'єднувальний профіль

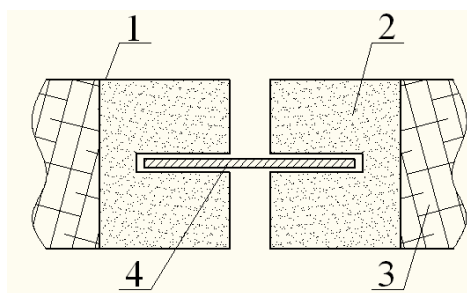


Рисунок 2.7 – Система захиття «Isovolta»

1 – пластик; 2 – плита «Thermax»;
3 – мінеральна вата; 4 – сталева з'єднувальна
пластина

Подібна мінеральна вата випускається в Данії, Норвегії, Німеччині, Голландії та Швейцарії. Сировиною для її отримання є діабаз, який має вулканічне походження і складається з силікату SiO_2 – 41,5%, CaO – 16%, Al_2O_3 – 13%, MgO – 10,5% та ін. Цей камінь плавиться при температурі 1600°C , простягається в нитки діаметром близько 5 мкм, на які наноситься водовідштовхувальна плівка, поєднуються нитки спеціальним розчином, який зв'язує.

Плитний матеріал на основі спученого вермикуліту («Thermax», «Vermipan M») щільністю до 800 кг/м^3 пресують в плити з надбавкою неорганічних складових. Вермикуліт – вид слюди, яка містить кристалізовану воду, яка при нагріванні мінералу до температури близько 500°C розкладається і перетворюється на пар, роздуваючи окремі шари слюди, як гармошку. З точки зору хімії, вермикуліт є силікат магнію – алюмінію – заліза з шаруватою структурою. Через здуття мінерал приймає приблизно 10-кратний обсяг і сприяє утворенню дуже пористого матеріалу, який поряд зі властивістю не піддається горінню проявляє хороші ізоляційні властивості. Матеріал не містить азбестових волокон і задовольняє новітнім нормам трудової гігієни [7, 39].

Досвід використання безкаркасних систем зарубіжними фірмами свідчить, що ці системи захиття в порівнянні з каркасними значно скорочують час формування приміщень, підвищують культуру виробництва, покращують умови праці [10, 28]. Висока міцність панелей дозволяє кріпити устаткування безпосередньо до панелей або з'єднувальних профілів.

2.2 Розв'язок пошукової задачі призначення раціональних розмірів приміщень несамохідних плавучих споруд

Розробка раціонального компонування житлових відсіків, башт тощо є ваговою частиною поставленої задачі, рішення якої неможливе без пошуку нових нетрадиційних методів проектування і подальшого розвитку на основі систем автоматизованого проектування (САПР). Слід зауважити, що у більшості і самих САПР підсистеми проектування житлових відсіків, надбудов, башт як правило розроблені менш за все, що істотно знижує область їх використання [22, 84, 85].

В наш час процес створення схеми компонування проводиться вручну, на основі досвіду та традицій колективів проектантів. Процес вибору складу приміщень, їх площ та взаєморозташування не оптимізується і в результаті знаходиться не *найкращий*, а *допустимий* варіант компонування, проте такий, що задовольняє усім нормативним вимогам. Тому тільки перехід до варіанту проектування на економічній основі дозволить отримати конструкції високої якості [40].

Скорочення надлишків площ суднових приміщень та раціональне їх взаєморозташування, що дозволяє економічно використовувати відведені площі, дає змогу зменшити кількість ярусів надбудови (башти) і як наслідок знизити її масу та побудовану вартість [8, 13, 45]. Якщо прийняти до уваги, що витрати на надбудову плавучого готелю складають до 80%, а житлової башти плавучого доку до 45% від загальної побудованої вартості, то можна стверджувати, що оптимізація та автоматизація процесу нормування площ та розташування приміщень дадуть істотну економію фінансових та часових витрат, знизять трудомісткість створення проекту та підвищать її якість.

У дисертаційному дослідженні розглянуто вплив житлових відсіків на НПС, що проектується за двома основними напрямками: вплив на конструктивно-функціональні та техніко-економічні показники.

В плані впливу на конструктивно-функціональні показники можуть бути виділені наступні аспекти:

- вплив на зовнішній архітектурно-конструктивний тип НПС;
- задоволення потреб людського фактора;
- раціональність конструктивного рішення.

Організація розташування суднових приміщень неможлива без урахування комфорту, безпеки праці та проживання людей на НПС. Раціональність конструктивного рішення житлового відсіку (башти) визначається відповідністю компоновання нормативним вимогам і накопиченому досвіду експлуатації, спрямованих на продовження життєдіяльності плавучої споруди.

Вплив надбудови на техніко-економічні показники НПС виражається в поліпшенні технічних показників та в отриманні економічної вигоди в результаті його спорудження і експлуатації.

Використання прогресивних методів проектування в процесі компоновання надбудови означає значне скорочення термінів конструкторської розробки проекту, прискорення проведення технологічних операцій і, в результаті, зниження сумарних витрат на проектування, будівництво та експлуатацію НПС [65, 97, 103].

З огляду на відомого порядку роботи над проектом, надбудова, як незалежна система судна, також підлягає декомпозиції, що дозволяє уявити завдання її проектування двома рівнями вертикальної ієрархії. Перший рівень – розробка просторово-архітектурного рішення надбудови. Другий – компоновка приміщень у жилих відсіках. Рішення, отримані в завданні першого рівня, є вихідними даними для другого рівня. Представлені два рівня ще називають відповідно зовнішньої і внутрішньої завданням проектування надбудови (башти). Розв’язок задачі раціоналізації надбудови має зводитися до послідовної раціоналізації на першому і другому рівнях [32, 35].

Вибір критерію оптимальності для надбудови (башти, житлового відсіку) повинен враховувати наступні обставини. По-перше, вважаючи надбудову підсистемою судна, обраний для неї критерій повинен бути узгодженим і несуперечливий по відношенню до критерію по НПС в цілому. З іншого боку,

так як комплексна задача оптимізації надбудови сама є предметом декомпозиції, критерій оптимізації для її верхнього і нижнього рівнів (зовнішньої і внутрішньої завдання проектування надбудови) також повинні бути узгоджені і несуперечливі [87, 109, 121].

З урахуванням вищесказаного можна зробити висновок, що для подальшого вирішення завдання раціоналізації надбудови потрібне проведення досліджень з таких питань:

- розробка вимог до складу приміщень і їх взаємного розташування, які висловлюються функціональними зв'язками на ярусі та між'ярусними зв'язками, заснованими на вимогах нормативних документів, конструктивних вимогах, досвіді проектування і експлуатації НПС;

- дослідження структури житлових відсіків, типізація схем планувань по окремим ярусах, систематизація різних форм ярусів в плані;

- розробка в аналітичному вигляді, зручному для автоматизованого проектування, топологічного уявлення житлових відсіків і їх кодування. Розрахунок і розподіл палубного простору, вибір схем ярусів надбудови з урахуванням забезпечення умов, необхідних для розміщення прольотів, трапів і шахт машинного відділення за наявності;

- розроблення формалізованої процедури розміщення суднових приміщень на виділених площах з урахуванням горизонтальних і вертикальних функціональних зв'язків;

- обґрунтування критерію оптимізації;

- розроблення алгоритму і програм оптимізації надбудови.

Результати дослідження понад ста побудованих НПС показали, що просторово-архітектурний тип надбудови або башти може бути визначений наступними основними параметрами:

- 1) числом ярусів;

- 2) взаємним розташуванням ярусів по довжині та ширині відносно одного;

- 3) формою в плані кожного ярусу;

- 4) кількістю і розташуванням шахт машинного відділення;
- 5) типізовану схемами ярусів.

Усі вимоги щодо обладнання суднових приміщень встановлено РСУ (глава III) [57] та Санітарними правилами для морських суден. Крім того існують додаткові загальнопроектні вимоги, що обумовлено типом НПС, індивідуальними особливостями проекту, та оговорені технічним завданням. Дані обставини дозволяють розділити усі приміщення, що знаходяться в корпусі НПС, на регламентовані та нерегламентовані [63, 144]. Останні не підлягають вимогам нормативних документів.

Аналіз існуючих нормативних документів дозволяє виділити стійку залежність переліку регламентованих приміщень від ряду факторів:

- 1) призначення НПС;
- 2) група НПС за «Санітарними нормами для морських суден»;
- 3) штатний розклад та чисельність екіпажу і загальна кількість людей на борту.

Велика різноманітність кожного з факторів обумовлено сучасним розвитком флоту, і зміна одного з них веде до зміни номенклатури приміщень. Оцінка ступеня необхідності установки на НПС приміщень не мають регламентованих вимог, дозволяє розділити їх на дві категорії:

- приміщення, наявність яких виходячи із типу, призначення і конструкції обов'язкове;
- приміщення, які передбачено у залежності від архітектурно-конструктивного типу НПС або за вимогою замовника.

З іншого боку, всі приміщення НПС можуть бути віднесені до наступних відомих дев'яти групам: житлові приміщення, суспільні приміщення, комори харчового блоку, санітарно-битові приміщення, санітарно-гігієнічні приміщення, адміністративні приміщення, службові приміщення, виробничі приміщення, господарські приміщення.

Кожна група включає в себе декілька типів приміщень, несучих різноманітне функціональне навантаження. В свою чергу приміщення одного

типу можуть мати різне конструктивне оформлення, що виникає враховуючи рівень комфортності.

Для зручності «цифрового оброблення» усі приміщення пропонується представити у закодованому вигляді сукупності трьох значень: A_1, A_2, A_3 ; де A_1 – код групи приміщення; A_2 – код найменування приміщення; A_3 – код конструктивного виду приміщення.

Наведена класифікація і спосіб кодування приміщень дозволяють автоматизувати процес вибору складу приміщень. Вихідними даними для розрахунків є клас НПС і штатний розпис. Отриманий результат представляється у вигляді набору кодів приміщень НПС.

Обґрунтоване просторово - архітектурне рішення житлового відсіку (башти) може бути досягнуто відповідним вибором схеми і форми в плані кожного ярусу. Результат можна отримати тільки шляхом порівняльного аналізу різних їх комбінацій відповідно до обраного критерію оптимізації [50, 56].

Однією з основних величин, які безпосередньо впливають на глобальний критерій, що виражає економічний ефект від експлуатації судна, є будівельна вартість. Зниження будівельної вартості для надбудови (башт, рубок), при інших рівних умовах, відповідає зменшенню її сумарної площі, яка тому ж може бути обрана критерієм оптимізації як при вирішенні зовнішньої, так і внутрішньої задачі її проектування, формування та монтажу.

Суть зовнішньої задачі оптимізації надбудови полягає в такому виборі типізованих схем і форм ярусів в плані, а також варіанти розподілу приміщень по ярусах, при яких сумарна площа всіх ярусів надбудови буде мінімальна [69].

Вихідними даними зовнішньої задачі є множина суднових приміщень $\{P_i\}$, множина типізованих схем ярусів $\{T_i\}$, множина функціональних зв'язків приміщень із ярусом, наведеному у формі $M_P = (b_{i,j})$, множина форм ярусів F_S та кількість ярусів n .

Варіюваними величинами для зовнішньої задачі проектування є: варіанти типізованої схеми ярусу, варіанти форми ярусу, склад приміщень на ярусі.

Завдання полягає в пошуку такого поєднання H типізованих схем ярусів, їх форм і розподілу приміщень по ярусах:

$$H = \{p, T_{1n}, f_n\}, \quad (2.19)$$

де p – варіант розподілення приміщень по ярусах;

T_{1n} – можливі типізовані схеми кожного ярусу надбудови;

f_n – форма кожного ярусу в плані.

При цьому:

$$S_H = \sum_{i=1}^n S_i(H_i) \rightarrow \min, \quad (2.20)$$

де S_H – повна площа надбудови,

$S_i(H_i)$ – площа i -го ярусу надбудови,

H_i – варіант i -го ярусу надбудови.

Умови передбачають наступні обмеження:

габаритні яруси повинні знаходитися у допустимих межах $(l_i, b_i) \in Q$,

де l_i, b_i – довжина і ширина i -го ярусу відповідно;

Q – область допустимих розмірів ярусів для відповідного архітектурно-конструктивного типу житлового відсіку або башти.

Розміри та взаємне розташування ярусів повинні відповідати просторово-архітектурному типу надбудови, що розглядається:

$(l_i, b_i) \in Q_1$, де Q_1 – область допустимих розмірів ярусів, що визначено архітектурно-конструктивним типом надбудови (башти).

Прийняті типи та форма ярусів надбудови повинна допускати їх взаємне поєднання: $H_1 \in Q_2$, де Q_2 – область допустимих рішень, що забезпечує отримання рішення на етапі внутрішньої задачі.

Реалізація поставленої задачі укрупнено виконується у відповідності із наступним алгоритмом:

1) визначення геометричних обмежень, що накладаються умовами розміщення надбудови на НПС і її просторово-архітектурним рішенням;

2) приймається склад приміщень на кожному ярусі надбудови p_{in} урахуванням функціональних зв'язків МР, що визначають перевагу розміщення приміщень на кожному ярусі надбудови;

3) приймаються типізовані схеми кожного ярусу T_{in} ;

4) приймається форма кожного ярусу надбудови f_{in} ;

5) для отримання поєднання $H_i = (p_{in}, T_{in}, f_{in})$ визначаються розміри ярусів надбудов l_i, b_i , після чого проводиться перевірка правильності отриманих результатів із урахуванням обмежень. Якщо розміри ярусу знаходяться у допустимих межах, то розрахункова площа кожного ярусу S_{in} , а надбудови в цілому – $S_H(H_i) = \sum S_i$. Інакше переходимо до п.7;

6) порівнявши отриману площу надбудови із попереднім обираємо менше;

7) змінюючи послідовність значень варійованих величин рішення повторюється за пп 2...6.

Внутрішня задача по суті є наступним рівнем проектної розробки житлового відсіку. Вихідними даними для цього є результати, отримані за зовнішньою задачею. Вона по суті полягає в оптимізації компоновання усіх приміщень, варіант розподілення по ярусам з урахуванням модуля системи отримано у задачі вищого рівня. При цьому повинні виконуватися умови:

- сумісності фізичних параметрів приміщення (вібраційних, шумових, температурних і освітленості) і середовища зони ярусу, в яку воно встановлюється;

- можливістю взаємного розташування суміжних приміщень, зумовленої функціональним призначенням кают, прийнятими нормами проектування і нормативними документами;

- узгодженості за взаємною геометричному розташуванню приміщень, а також приміщень і ярусів надбудови.

Слід зазначити, що, маючи постійні вихідні дані і задовольнивши вимоги обмежень, може бути отримано безліч компоновальних рішень надбудови, що відрізняються один від одного координатами розташування приміщень і, в кінцевому рахунку, економічністю використання площі надбудови і раціональністю конструктивних рішень [1].

При однаковому складі приміщень і рівних площах для їх розміщення приміщення можуть бути встановлені з різною щільністю. Чим більше щільність "пакування", тим менше порожніх порожнин на площі розміщення, тим компактніше розміщення, так як в результаті зменшується протяжність комунікацій і розміри використовуваних площ, що знижує будівельну вартість надбудови.

Розглянутий підхід до оптимізації розміщення приміщень не суперечить прийнятому глобальному критерію, тому компактність може бути обрана в якості критерію оптимальності. Одним з основних понять внутрішньої завдання є поняття про функціональну зоні (ФЗ) ярусу, під якою мається на увазі безперервна частина площі прийнятої типової схеми ярусу, призначеної для розміщення в ній судових приміщень.

Розрахунок функціональної компактності F_K для ФЗ виконується за залежністю:

$$F_K = \frac{F_3 - F_{оп}}{F_3}, \quad (2.21)$$

де F_3 – площа ФЗ, що розглядається,

$F_{оп}$ – площа геометричної фігури, описаної навколо приміщення ФЗ приміщень;

Виходячи з цього внутрішня задача оптимізації надбудови формується наступним шляхом: при заданих компонентах вектору вихідної інформації $y = \{y_i\}$, де $y_1 = n$ – кількість ярусів, $y_2 = T_i^n$ – варіант типізованих схем для кожного ярусу надбудови, $y_3 = f_n$ – варіант форми ярусу в плані, $y_4 = \Omega_{i,j}^n$ – конфігурація зон розміщення, $y_5 = p_i^n$ – склад приміщень на кожному ярусі, i – номер типізованої схеми; та варійованих величин:

склад приміщень у ФЗ надбудови: $\{P_j^n\}$, де P_j^n – склад приміщень у ФЗ;

j – номер ФЗ; n – номер ярусу надбудови; координати розміщення приміщень у j -й ФЗ $\{x_j^n; y_j^n\}$,

- знайти раціональний варіант компонування приміщень, при якому:

$$F_K(H) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{F_{kj}^n(H)}{j} \rightarrow \min, \quad (2.22)$$

де $F_K(H)$ – глобальна функція компактності;

$F_{kj}^n(H)$ – функція компактності в зоні j ярусу n ;

- сумарна площа приміщень, що розміщується у ФЗ не повинна перевищувати площі цієї ФЗ, тобто:

$$\sum S_{iП} \leq S_{ФЗ};$$

- розміщення приміщень не повинні мати перетинів одне з одним:

$$P_i \cap P_j \neq 0.$$

- розташовані приміщення не повинні виходити за межі ФЗ:

$$P_i \in \Omega_j^n,$$

де Ω_j^n – конфігурація j -ї ФЗ на ярусі надбудови n ;

- суміжні приміщення повинні бути функціонально сумісними:

$$b_{ij} \in [\psi_2],$$

де b_{ij} – характеристики функцій них зв'язків приміщень;

$[\psi_2]$ – область допустимих зв'язків приміщень;

- приміщення, що розташовано у ФЗ повинні бути із нею функціонально сумісні:

$\xi = [\phi_1]$, де ξ_1 – характеристики сумісності приміщень та функціональних зон ярусів;

$[\psi_1]$ – область допустимих характеристик сумісності.

Враховуючи цілочисленність вихідних даних та змінних, нелінійність обмежень, а також те, що для рішення використовуються комбінаторні алгоритми, що здійснюють співставлення елементів заданої множини та вибір найкращого рішення у відповідності із цільовою функцією, дана задача

відноситься до класу дискретного програмування. Для її рішення у роботі використовується метод випадкового ненаправленого пошуку, який використовується у випадку відсутності інформації щодо цільової функції.

Розроблені математичні залежності (2.20) , (2.22) розв’язання внутрішньої задачі отримання лінійних розмірів приміщень НПС практично реалізовані у визгяді програмного забезпечення для компанування кают та блок-кают у надбудові (башті, рубці). Її укрупнена блок-схема показана на рисунку 2.8. Програма працює в інтерактивному режимі, при якому виконується чергування ручних та автоматичних процедур.

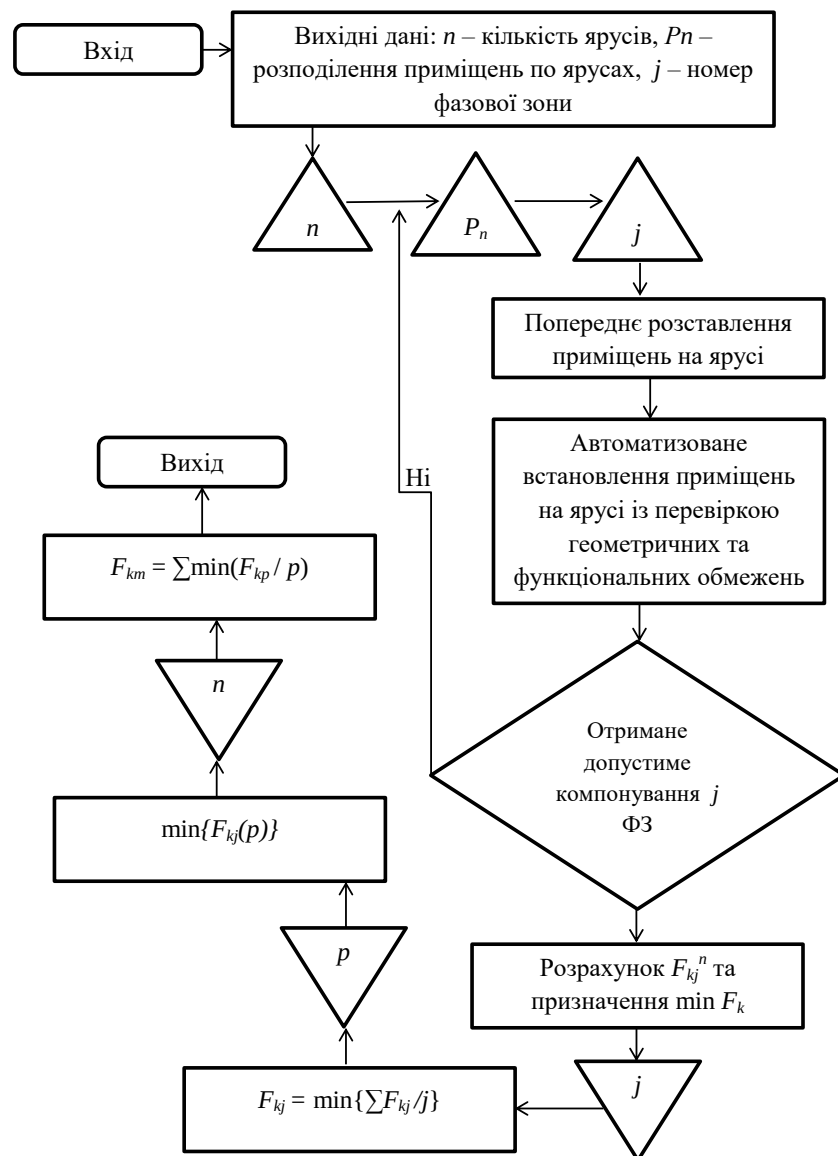


Рисунок 2.8 – Алгоритм призначення лінійних розмірів приміщень, які підлягають захиттю

Для оцінення можливості запропонованого алгоритму формування надбудови із декількох ярусів, виконано автоматизоване компанування трьохярусної житлової башти композитного плавучого доку проекту 1760КР (рис. 2.9).

Для даного випадку реалізована можливість встановлення та узгодження приміщень які розташовано на різних ярусах та функціонально пов'язані між собою.

Наведені розрахунки були виконані з урахуванням того, що площі та габарити приміщень повинні відповідати типовим. У даному розв'язку вдалося усі житлові приміщення розмістити на другому ярусі башти плавдоку, що видаляє їх від зони підвищеної шумності та вібрації та тим самим забезпечує більш високий рівень комфортності проживання на плавзасобі.

Апробація алгоритму на ряді інших плавучих доках (проекти 19330, 19371УР, 19656, 19566) дозволяє стверджувати, що позитивний ефект від його використання досягнуто в результаті більш компактного розміщення приміщень, що дозволяє або збільшити площу використовуваних кают без збільшення габаритів башти доку, або до зменшення сумарної площі житлової башти.

2.3 Дослідження напружено-деформованого стану елементів модульного формування суднових приміщень

Елементи модульного зашиття приміщень несамохідних плавучих споруд експлуатуються в особах умовах в порівнянні з іншими суднами [42]. Окрім основних навантажень, які мають місце на торгових, промислових і спеціальних судах, в цьому завданні слід врахувати зусилля, що передаються корпусом в результаті занурення-спливання і докування плавучих об'єктів. Також значимим навантаженням на зашивальну панель мають бути розглянуті зусилля в результаті випадкового навалювання людини на панель.

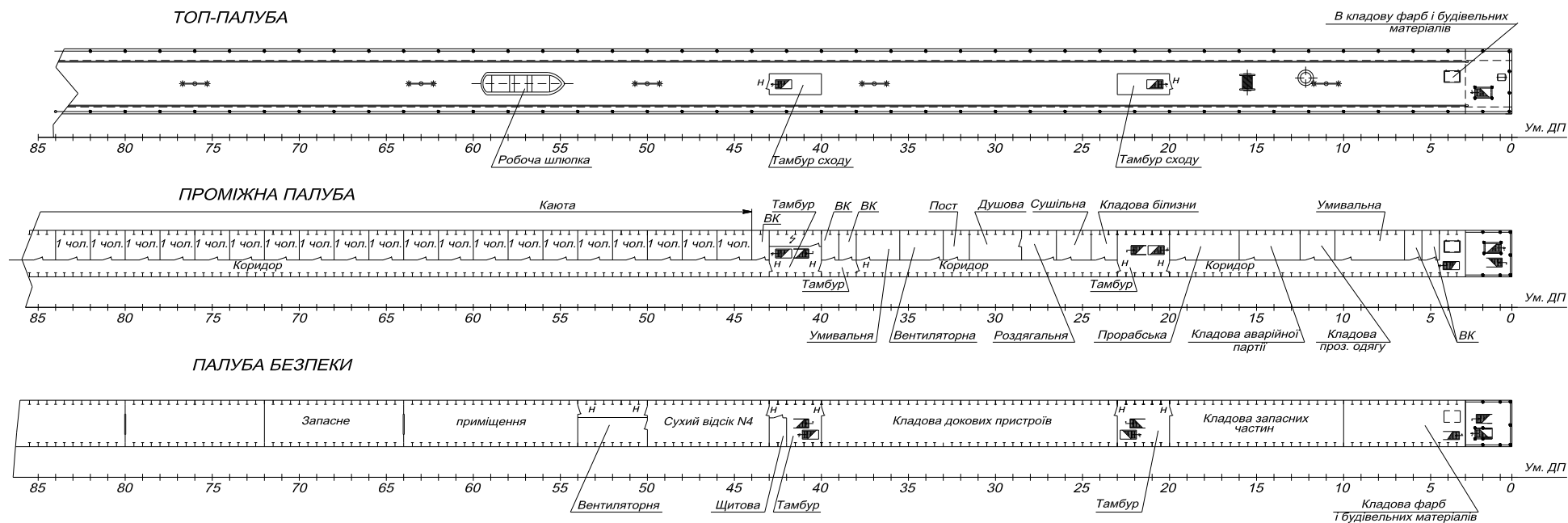


Рисунок 2.9 – Компанування приміщень трьохярусної башти плавучого доку

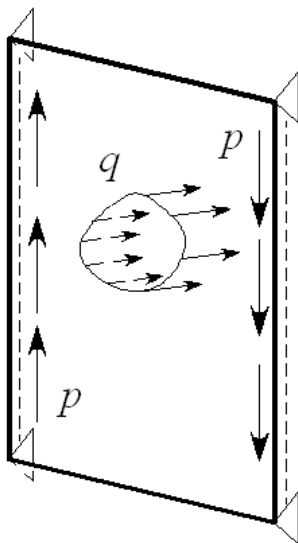
Розрахункова схема зовнішніх навантажень на зашивальну панель представлена на рис. 2.10.

Диференційне рівняння зігнутої поверхні пластини можна представити у вигляді [79, 112]:

$$\frac{E \cdot I}{1 - \sigma^2} \cdot \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} = -M, \quad (2.23)$$

де E – модуль пружності матеріалу панелі, МПа; I – момент інерції поперечного перетину панелі м^4 ; σ – коефіцієнт Пуассона; $\sigma = \lambda / [2(\lambda + \mu)]$, λ , μ – коефіцієнти Ламе, які характеризують жорсткість матеріалу на розтягнення та згинання; ω – прогин пластини, мм; M – момент зусиль, прикладений до панелі, $\text{кН} \cdot \text{м}$.

Враховуючи, що кромка панелі для захиття може переміщатися в площині контуру кріплення можна вважати, що панель працює в умовах балки на розтягання та стиск. Позначивши розтяжне зусилля як T застосовані наступні позначення:



$$\left. \begin{aligned} \frac{T \cdot 12(1 - \sigma^2)}{E \cdot h^3} &= k^2 \\ \frac{k \cdot l}{2} &= U \\ \frac{T \cdot l^2 \cdot 12(1 - \sigma^2)}{E \cdot h^3 \cdot \pi^2} &= \alpha^2 \end{aligned} \right\}, \quad (2.24)$$

де h - висота суднового приміщення; l - ширина панелі.

Рисунок 2.10 –
Розрахункова схема
панелі

Схема зусиль, що діють на панель для захиття, представлено на рис. 2.11.

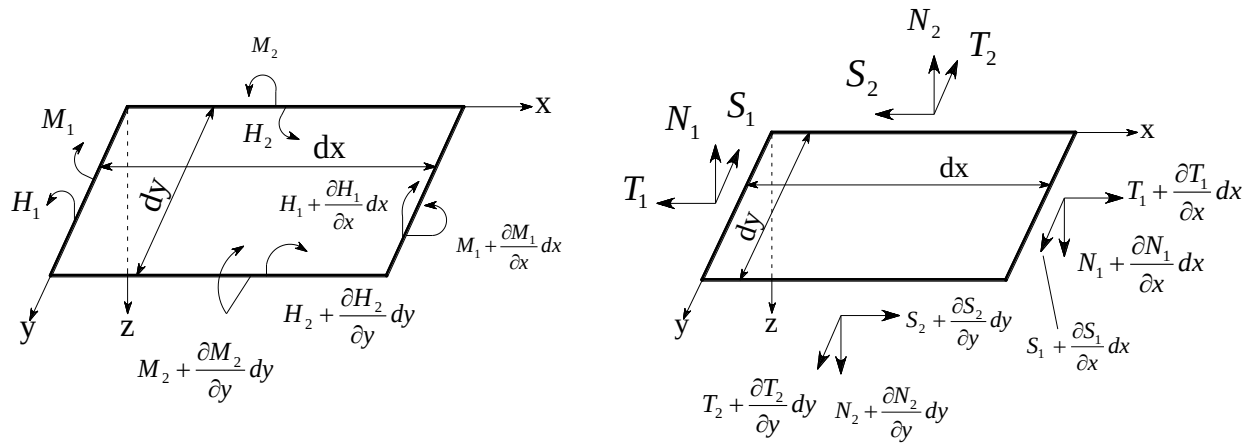


Рисунок 2.11 – Схема зусиль, що діють на суднову панель захиття

Зусилля T_2 , S_2 і N_2 можна представити системою:

$$\left. \begin{aligned} T_2 dx &= dx \int_{-\frac{h}{2}}^{+\frac{h}{2}} Y_y dz \\ S_2 dx &= dx \int_{-\frac{h}{2}}^{+\frac{h}{2}} X_y dz \\ N_2 dx &= dx \int_{-\frac{h}{2}}^{+\frac{h}{2}} Z_y dz \end{aligned} \right\} . \quad (2.25)$$

Моменти зусиль, що діють на гранях виділеного елемента панелі, який згинається щодо площини ZY визначаються залежностями [48]:

$$M_1 dy = dy \int_{-\frac{h}{2}}^{+\frac{h}{2}} X_x Z dz.$$

У дослідженні розглянутий елемент панелі для захиття, який працює на пружній основі під дією рівномірно розподіленої навантаження q й зусиль P_1 , P_2 , P_3 (рис. 2.12).

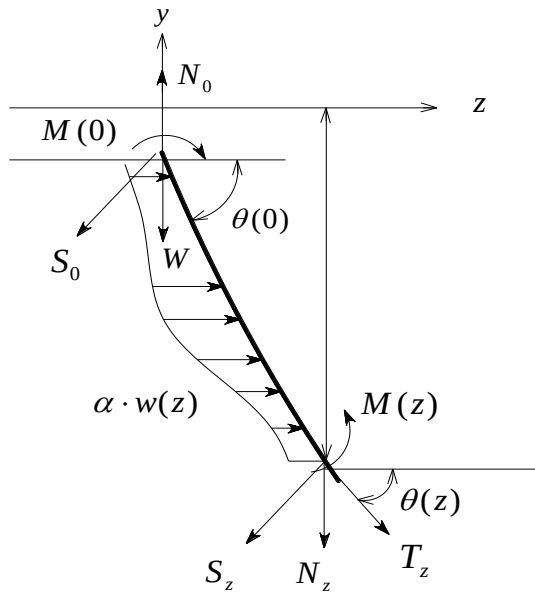


Рисунок 2.12 – Розрахункова схема елемента панелі зашиття під дією зовнішніх сил

Враховуючи, що реакція підстави в кожній крапці пропорційна прогину ω , інтенсивність реакції підстави можна описати залежністю:

$$r(z) = \alpha \cdot \omega. \quad (2.26)$$

де α – коефіцієнт Ламе, який залежить від твердості матеріалу.

Таким чином, при відомому зовнішньому навантаженні $q(z)$ повний розподіл навантаження, який діє на елемент панелі буде описуватися рівністю:

$$p(z) = q(z) - \alpha \cdot \omega(z). \quad (2.27)$$

Диференціальне рівняння вигнутої осі в напрямку z при навантаженні $q(z)$ можна записати в наступному виді:

$$\frac{\partial^4 \omega(z)}{\partial z^4} = \frac{(1 - \sigma^2)}{EI} [q(z) - \alpha \cdot \omega(z)]. \quad (2.28)$$

Для визначення початкових параметрів прийняте $q(z) = 0$, тоді рівняння (2.28) привіт вигляд:

$$\frac{\partial^4 \omega(z)}{\partial z^4} = - \frac{\alpha(1 - \sigma^2)}{EI} \cdot \omega(z). \quad (2.29)$$

Початок координат обраний у лівому нижньому кінці елемента панелі, де початковими параметрами будуть: $\omega_0, \theta_0, \mu_0, N_0, S_0, T_0$ (рис. 2.3).

Для спрощення обчислень уведене позначення:

$$L = \sqrt[4]{\frac{4EI}{\alpha(1-\sigma^2)}}, \text{ а змінна } z \text{ замінена безрозмірною абсцисою: } \xi = \frac{z}{L}.$$

Тоді вираз (2.28) може бути презентовано у вигляді:

$$\frac{\partial^4 \omega}{\partial \xi^4} + 4\omega = 0. \quad (2.30)$$

Для розв'язку рівняння (2.30) доцільно застосувати чисельний метод Ейлера [120], представивши розв'язок у вигляді вираження:

$$\omega = C_1 \cdot e^{\xi} \cdot \cos \xi + C_2 \cdot e^{\xi} \cdot \sin \xi + C_3 \cdot e^{-\xi} \cdot \cos \xi + C_4 \cdot e^{-\xi} \cdot \sin \xi. \quad (2.31)$$

Взявши похідні від рівняння (2.30) і виразивши через них N, M, θ і прийнявши, що $T_0 = S_0 = 0$ для даного завдання, були отримані наступні рівняння:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \omega}{\partial \xi} = \theta = & C_1 \cdot e^{\xi} (\cos \xi - \sin \xi) + C_2 \cdot e^{\xi} (\cos \xi + \sin \xi) - \\ & - C_3 \cdot e^{-\xi} (\cos \xi + \sin \xi) + C_4 \cdot e^{-\xi} (\cos \xi - \sin \xi), \end{aligned} \quad (2.32)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \omega}{\partial \xi^2} = -\frac{M(z) \cdot L^2}{E \cdot I} = & -2(C_1 \cdot e^{\xi} \cdot \sin \xi - C_2 \cdot e^{\xi} \cdot \cos \xi - \\ & - C_3 \cdot e^{-\xi} \cdot \sin \xi + C_4 \cdot e^{-\xi} \cdot \cos \xi), \end{aligned} \quad (2.33)$$

Для визначення початкових параметрів прийняте $\xi = 0$, у такий спосіб:

$$\left. \begin{aligned} \omega_0 &= C_1 + C_3; \\ L \cdot \theta_0 &= C_1 + C_2 - C_3 + C_4; \\ L^2 \cdot M_0 &= (-2C_2 + 2C_4)E \cdot I; \\ L^3 \cdot N_0 &= (2C_1 - 2C_2 - 2C_3 - 2C_4)E \cdot I \end{aligned} \right\}. \quad (2.34)$$

Вирішуючи систему рівнянь (2.33) методом Якобі [43] отримані наступні залежності:

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= \frac{\omega_0}{2} + \frac{L \cdot \theta_0}{4} + \frac{L^3 \cdot N_0}{8E \cdot I} \\ C_2 &= \frac{L \cdot \theta_0}{4} - \frac{L^2 \cdot M_0}{4E \cdot I} - \frac{L^3 \cdot N_0}{8E \cdot I} \\ C_3 &= \frac{\omega_0}{2} - \frac{L \cdot \theta_0}{4} - \frac{L^3 \cdot N_0}{8E \cdot I} \\ C_4 &= \frac{L \cdot \theta_0}{4} + \frac{L^2 \cdot M_0}{4E \cdot I} - \frac{L^3 \cdot N_0}{8E \cdot I} \end{aligned} \right\}. \quad (2.35)$$

Підставляючи значення постійних інтегрування із системи (2.35) у вираження (2.31-2.34) отримані залежності для розрахунків основних параметрів напружено-деформаційного стану для модульної панелі для захисту:

$$\left. \begin{aligned} \omega(z) &= \omega_0 \cdot Y_1(\xi) + L \cdot \theta_0 \cdot Y_2(\xi) - \frac{L^2 \cdot M_0}{E \cdot I} Y_3(\xi) - \frac{L^3 \cdot N_0}{E \cdot I} Y_4(\xi) \\ \theta_{(z)} &= \theta_0 \cdot Y_1(\xi) - \frac{L \cdot M_0}{E \cdot I} Y_2(\xi) - \frac{L^2 \cdot N_0}{E \cdot I} Y_3(\xi) - \frac{4\omega_0}{L} Y_4(\xi) \\ M_{(z)} &= M_0 \cdot Y_1(\xi) + L \cdot N_0 \cdot Y_2(\xi) + \alpha \cdot L^2 \cdot \omega \cdot Y_3(\xi) + \alpha \\ N_{(z)} &= N_0 \cdot Y_1(\xi) + \alpha \cdot L \cdot \omega \cdot Y_2(\xi) + \alpha \cdot L^2 \cdot \theta_0 \cdot Y_3(\xi) - \frac{4}{L} M_0 \cdot Y_4(\xi) \end{aligned} \right\}, \quad (2.36)$$

де Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 - функції Крілова. Для розглянутого випадку:

$$\left. \begin{aligned} Y_1(\xi) &= \frac{1}{2}(e^\xi + e^{-\xi}) \cos \xi \\ Y_2(\xi) &= \frac{1}{4}[(e^\xi + e^{-\xi}) \sin \xi + (e^\xi - e^{-\xi}) \cos \xi] \\ Y_3(\xi) &= \frac{1}{4}[(e^\xi + e^{-\xi}) \cos \xi] \\ Y_4(\xi) &= \frac{1}{8}[(e^\xi + e^{-\xi}) \sin \xi + (e^\xi - e^{-\xi}) \cos \xi] \end{aligned} \right\}. \quad (2.37)$$

Рівняння рівноваги сил для виділеного елемента модульної композитної панелі можна записати як:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial T_1}{\partial x} + \frac{\partial S_2}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial T_2}{\partial y} + \frac{\partial S_1}{\partial x} &= 0 \\ \frac{\partial N_1}{\partial x} + \frac{\partial N_2}{\partial y} + q &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (2.38)$$

Знайшовши моменти тих же сил щодо осей x та z , відкинувши нескінченно малі величини, отримана наступна система рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial M_1}{\partial x} - \frac{\partial H_2}{\partial y} - N_1 &= 0 \\ \frac{\partial M_2}{\partial y} + \frac{\partial H_1}{\partial x} - N_2 &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (2.39)$$

Перші два рівняння системи (2.38) зв'язують між собою зусилля в середній площині композитної панелі. Вигин панелі визначається характеристиками, які входять у третє рівняння системи (2.38) і системи (2.39).

Використовуючи отримані залежності при відомих початкових параметрах, $\omega_0, \theta_0, M_0, N_0$ величини $\omega(z), \theta(z), M(z), N(z)$ можуть бути визначені із залежностей (16-19) і відповідних навантажень, що виникають у композитній модульній панелі при її експлуатації. У процесі дослідження в комп'ютерному середовищі *Solid Works* були виконані розрахунки внутрішніх зусиль для елементів захиття плавзасобів, перерахованих в [59]. Отримані дані дозволяють підібрати по каталогах фірм-виробників модульні елементи формування кают залежно від їхніх геометричних і прочностних характеристик.

2.4 Розроблення математичної моделі визначення типоряду модульних елементів формування суднових приміщень

За основну мету при виконанні розрахунків прийнято створення принципової математичної моделі визначення типоряду модульних панелей для подальшого використання її при вдосконаленні конструктивних елементів приміщень несамохідних морських плавучих споруд.

Типорозмірі ряди панелей сучасних однорядних модульних систем характеризуються розмірами довжин та ширин, геометричними співвідношеннями, а також технологічними та економічними показниками. У зв'язку з цим дослідження оптимального типоряду зашивочних панелей раціонально провести на основі розв'язання економіко-математичної задачі методом математичного програмування.

Типоряд ширин панелей, що підлягає визначенню наведено у вигляді одномірного масиву (вектору)

$$\{B\} = \{b_1, b_2, \dots, b_g, \dots, b_m\}, \quad (2.40)$$

де b_g - ширина g -ї панелі, м.

Множина ширин з масиву (2.40) повинна кратно заповнювати будь-які модульні розміри ширин приміщень, які підлягають захисту несамохідних плавзасобів. Основна умова кратного заповнення обмеженою кількістю наборів b_g наведена у вигляді виразу

$$\sum_{g=1}^{m_0} b_g \cdot x_{ig} = A; \quad g = 1, \dots, m; \quad \text{цілі числа, при цьому } 1 \leq m_0 \leq m, \quad (2.41)$$

де x_{ig} - інтенсивність заповнення b_g - ої шириною панелі при заповненні розміру приміщення A .

Окрім основних вимог (2.40) до типоряду (2.41) введено додаткові технологічні, конструктивні та естетичні вимоги заповнення розмірів приміщень несамохідних плавзасобів [114, 115]:

1) кожен розмір приміщення повинен бути заповнений якомога меншою кількістю прийнятих ширин, тобто найбільш широкими панелями. Таким чином:

$$\sum_{g=1}^{m_0} x_{ig} \rightarrow \min, \quad (2.42)$$

2) заповнення кожного розміру приміщення повинно бути рівномірним, тобто приблизно рівними ширинами з прийнятих. Таким чином за методом найменших квадратів [38, 111]:

$$\sum_{g=1}^{m_0} (b_{cp} - b_g)^2 \cdot x_{ig} \rightarrow \min, \quad (2.43)$$

де b_{cp} – середня ширина панелей при заповненні розміру A , яка визначається за формулою:

$$b_{cp} = \frac{A}{\sum_{g=1}^{m_0} x_{ig}}. \quad (2.44)$$

Враховуючи використання конкретного розміру приміщень A з частотою K_i та інтенсивністю використання b_g -ої ширини при заповненні розміру величиною x_{ig} згідно (2.44) визначено величину загального використання b_g -ої ширини як:

$$x_g = \sum_{i=1}^g x_{ig} \cdot K_i. \quad (2.45)$$

Раціональний типорозмірний ряд ширин повинен відповідати мінімальним наведеним затратам, які можна представити залежністю:

$$Z = f(\bar{b}, K_u, N_b, N_l) \rightarrow \min, \quad (2.46)$$

де Z – наведені затрати, грн. ;

$\bar{b}$ – середня арифметична ширина панелей, м;

K_u – коефіцієнт використання матеріалу;

N_b – кількість типів панелей у ряду;

N_l – кількість довжин панелей, необхідних для зашиття приміщень.

Умова мінімуму наведених затрат $Z \rightarrow \min$ (2.46) виконується при наступних граничних значеннях вихідних величин:

$$\left. \begin{array}{l} \bar{b} \rightarrow \max \\ K_u \rightarrow \max \\ N_b \rightarrow \min \\ N_l \rightarrow \min \end{array} \right\}. \quad (2.47)$$

Для відбору кращих очікуваних на раціональність типорядів використано проміжну цільову функцію у вигляді залежності

$$\max \bar{b} = \frac{\sum_{i=1}^A \sum_{g=1}^{m_0} b_g \cdot x_{ig} \cdot K_i}{\sum_{i=1}^A \sum_{g=1}^{m_0} x_{ig} \cdot K_i}. \quad (2.48)$$

Вибір раціональних наборів ширин у групах проводився евристичним методом. Використовувались ознаки ділимості розмірів приміщень на розміри ширин панелей. Основними ознаками раціонального набору ширин у типоряді є наступні твердження:

- у наборах менших груп великі ширини панелей обираються з середніх;
- створення великих розривів між розмірами ширин, що прийняті, небажано через те, що таким чином вони будуть заповнюватись великою кількістю вузьких панелей.

Розрахунок виконувався шляхом моделювання задачі в режимі електронних таблиць *MS Excel*. За результатами розрахунку побудовано графічну залежність (рис. 2.13) середньої ширини панелей типорядів $\bar{b}$ від кількості наборів ширин N_b (табл. 2.5, 2.6) [77, 95].

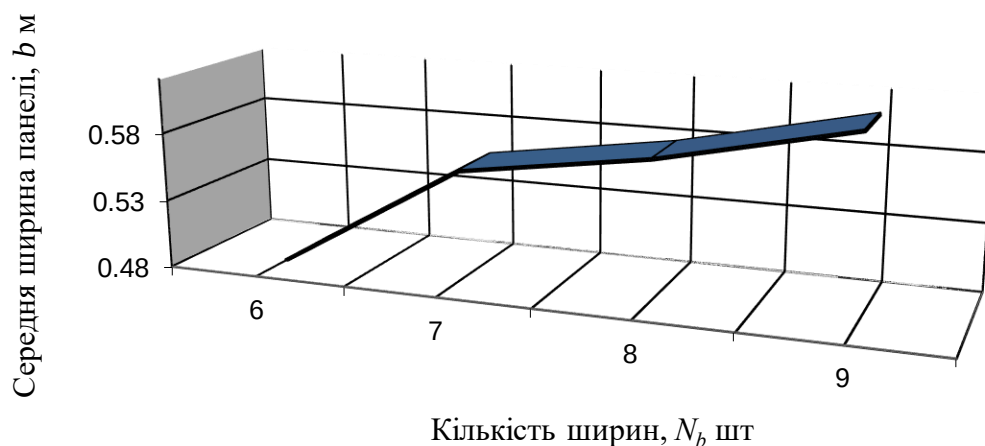


Рисунок 2.13 – Залежність середньої арифметичної ширини типоряду від кількості наборів ширин

Таблиця 2.5 – Характеристики модульних панелей для захисту перебірок

Найменування показника	ширина панелі, b , м					
	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
Кількість панелей на плавзасіб, шт.	47	42	37	32	26	21
Кількість заготовок на панелі, шт.	274	310	356	418	508	647
Ширина обрізків заготовок, м	581	655	753	887	1076	647
Витрати обрізків від профілів, м	0,03	0,23	0,03	0,03	0,04	0,03
Кількість заготовок профілів, шт	45	129	65	213	85	45
Площа заготовок, m^2	867	896	912	965	1187	765
Витрати металопласту на панель, m^2	1594	1510	1783	2191	2505	1775
Витрати металопласту на профілі, m^2	1345	1311	1342	1452	1473	1655
Обрізки металопласту, m^2	0,94	0,90	0,82	0,74	0,62	0,99

Таблиця 2.6 - Характеристики модульних панелей для захисту підволоки

Найменування показника	ширина панелі, b , м					
	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
Кількість панелей на плавзасіб, шт.	47	42	36	31	26	21
Кількість заготовок на панелі, шт.	194	167	186	345	423	511
Ширина обрізків заготовок, м	364	412	522	591	876	672
Витрати обрізків від профілів, м	0,03	0,23	0,41	0,39	0,04	0,02
Кількість заготовок профілів, шт	48	121	59	201	79	48
Площа заготовок, m^2	423	425	531	567	690	566
Витрати металопласту на панель, m^2	1555	1584	1786	2103	2552	1795
Витрати металопласту на профілі, m^2	678	632	763	799	876	980
Обрізки металопласту, m^2	0,97	0,94	0,96	0,75	0,91	0,94

У комбінуванні типорозмірів панелей наряду з ширинами (2.39) враховується ряд довжин, який наведено у дослідженні як масив

$$\{L\} = l_1, l_2, \dots, l_j, l_n, \quad (2.49)$$

де l_j – довжина j -го розміру, м.

Набір з ряду довжин повинен заповнювати будь-які модульні розміри з числа висот перебірок та довжин підволоки приміщень.

Ряд довжин підволоки та висот перебірок, їх ступінь використання, конструктивні та обмеження міцності ставлять задачу про визначення раціонального ряду довжин панелей та умов його використання (рис. 2.14).

Основною умовою заповнення ряду довжин підволоки та перебірок наведено виразом

$$\sum_{j=1}^{n_0} l_j \cdot y_{qj} = h_g \quad ; \quad j = \overline{1, n_0}, \text{ цілі числа}, \quad (2.49)$$

де y_{qj} – інтенсивність використання l_j -ої панелі для заповнення h_g -го приміщення.



Рисунок 2.14 – Залежність середньої арифметичної довжини типоряду від кількості наборів довжин

Додаткова конструктивна умова, яка задовольняє заповнення розмірів довжин підволока задається виразом:

$$\sum_{j=1}^{n_0} y_{qj} \rightarrow \min. \quad (2.50)$$

Проміжна цільова функція, яка відповідає умовам вибору оптимального типоряду уявляє собою наступний вираз:

$$\bar{l} = \frac{\sum_{q=1}^c \sum_{j=1}^n l_j \cdot y_{qj} \cdot d_q}{\sum_{q=1}^c \sum_{j=1}^n y_{qj} \cdot d_q}. \quad (2.51)$$

Обумовленість обмеження кількості панелей при зашиванні приміщень врахована залежністю:

$$\begin{cases} y_{qv} = 1, & \text{при } h_g \leq l; \\ y_{cj} = 2\left(\frac{h_c}{l_n}\right) + 1, & \text{при } h_g > l. \end{cases} \quad (2.52)$$

Для визначення наборів довжин у групи типорядів використовувався комбінаторний евристичний метод [14].

Остаточний вибір ряду модульних зашивочних панелей можна зробити при розгляданні задачі зашиття конкретного приміщення на плавзасобі, а також враховуючи наявність на заводі-будівнику відповідних панелей та плит ізоляції.

Крім того при формуванні приміщень модульними методами використовуючи ти поряд панелей необхідне врахування наступних факторів:

- технологічні особливості нанесення (монтажу) ізоляції;
- особливості взаємного розташування приміщень та розташування відносно корпусних конструкцій;
- тип приміщень, що підлягають зашиванню, їх розмірно-конструктивні особливості та обладнання, яке встановлюється у приміщеннях.

На відміну від транспортних та промислових суден каюти, суспільні та службові приміщення несамохідних плавзасобів мають спрощену форму [111], проте це не стосується інших приміщень, які не підлягають зашиванню (приміщення банно-прального комплексу, камбуз, продовольчі комори, вигородки). Усі вище зазначенні приміщення (які не підлягають зашиттю) знаходяться в одному блоці із суспільними та житловими, тому також впливають на типоряд панелей, які можуть бути використані на несамохідних плавучих спорудах.

Для системного аналізу та проектування типоряду модульних панелей у системі автоматизованого проектування 3D-мак та у пакетах CFD програми *Computational Fluid Dynamics*.

Ще одна перевага розробленої моделі – можливість її використання при розробці креслень загального розташування житлових приміщень різноманітної форми враховуючи різноманітність і взаємного розташування кают. Основною

умовою при моделюванні розмірних характеристик елементів захиття кают у середовищі CFD є наявність самої об'ємної моделі приміщення. Крім того, для проведення чисельного експериментального дослідження необхідно завдати значення початкових елементів (розміри надбудов, житлових башт, вимог санітарних норм щодо розміру приміщень) які прийняті з [114]. За вищенаведеними розрахунками отримано графічні залежності витрат металопласту у залежності від ширини панелі (рис. 2.15).

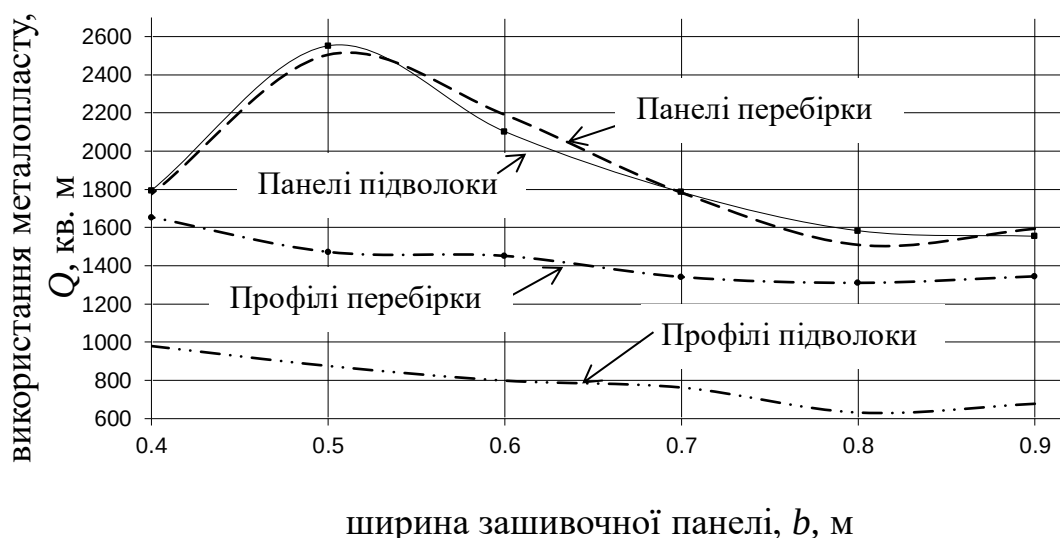
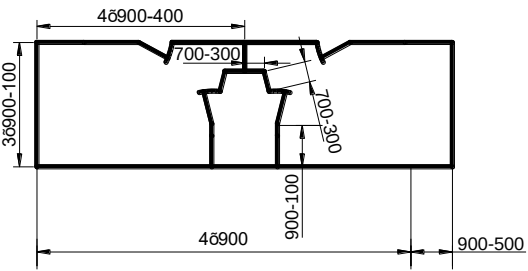
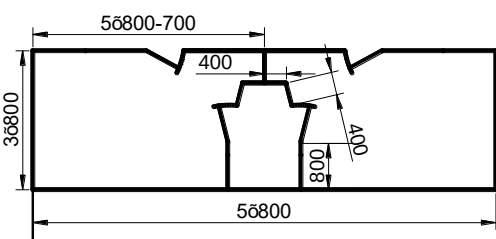


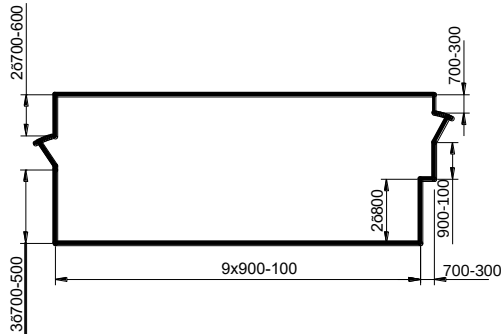
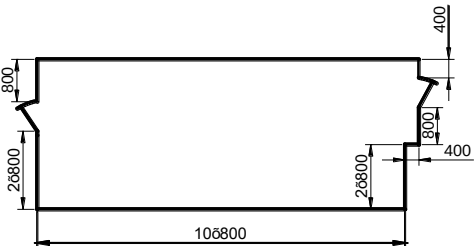
Рисунок 2.15 – Графічна залежність витрат металопласту від ширини панелі

За рис. 2.15 з'ясовано, що для захиття перебірок та підволоки доцільно використовувати панелі шириною 800 мм. При цьому заповнюваність лінійних розмірів умовного приміщення не відрізняється від традиційної технології при використанні панелей шириною 700 та 900 мм. Висоту приміщень у розрахунках зменшено з 2800 мм до 2400 мм, що не заперечує вимогам Регістру [57], є кратним прийнятому лінійному розміру і не знизить рівень населеності [103]. Для апробації отриманої математичної моделі виконано розрахунки витрат металопласту модульних панелей на мінеральних наповнювачів за залежностями (рис. 2.13) та співставлень із витратами цих матеріалів для приміщень плавучого дока проекту 1760КР які підлягають захиттю (табл. 2.7).

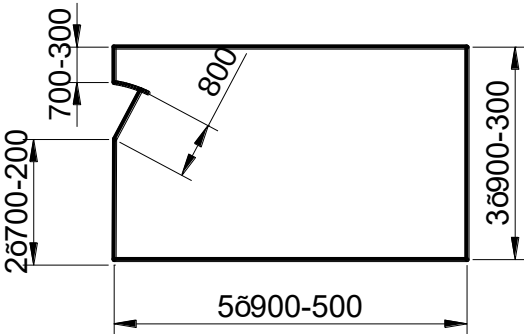
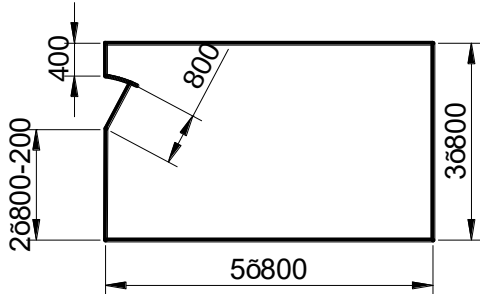
Таблиця 2.7 – Апробація математичної моделі призначення типоряду панелей для захиття приміщень на прикладі плавучого доку проекту 1760КР

Найменування приміщення, кількість на плавзасобі	Традиційна схема захиття (панелі 700, 900 мм, висота приміщення – 2800 мм)	Запропонована схема захиття (панелі – 800 мм, висота приміщення – 2400 мм)	Зменшення витрат матеріалів	Зменшення витрат наповнювачів панелей, м ² / %	Зменшення витрат матеріалу панелей перебірок, м ² / %	Зменшення витрат матеріалу панелей підволоки, м ² / %
			0,84	3,7 / 47	12 / 44	3,2 / 43
Каюта команди, 10						

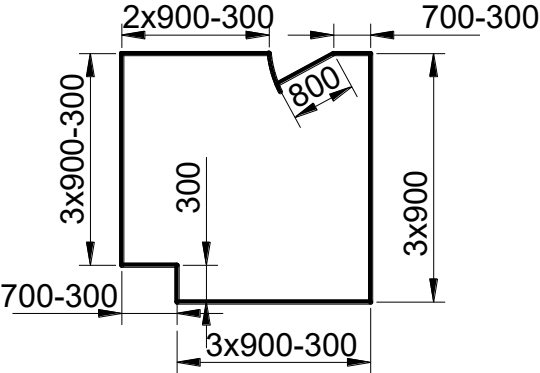
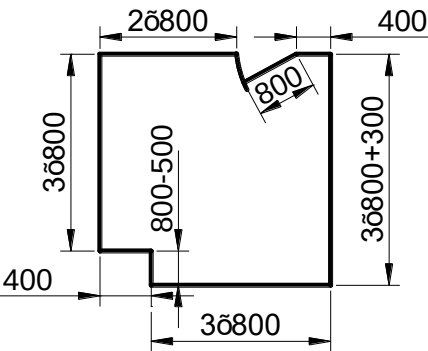
Продовження таблиці 2.7

Найменування приміщення, кількість на плавзасобі	Традиційна схема зашиття (панелі 700, 900 мм, висота приміщення – 2800 мм)	Запропонована схема зашиття (панелі – 800 мм, висота приміщення – 2400 мм)	Загальний коефіцієнт витрат матеріалів	0,82
			Зменшення витрат наповнювачів панелей, м² / %	10,8 / 45
			Зменшення витрат матеріалу панелей перебірок, м² / %	43,5 / 43
			Зменшення витрат матеріалу панелей підволоки, м² / %	12,1 / 45
Кают-компанія, 2				

Продовження таблиці 2.7

Найменування приміщення, кількість на плавзасобі	Традиційна схема зашиття (панелі 700, 900 мм, висота приміщення – 2800 мм)	Запропонована схема зашиття (панелі – 800 мм, висота приміщення – 2400 мм)	Зменшення витрат матеріалу панелей підволоки, м² / %	Зменшення витрат матеріалу панелей перебірок, м² / %	Зменшення витрат наповнювачів панелей, м² / %	Загальний коефіцієнт витрат матеріалів
Кабінет, 6			4,4 / 38	13,7 / 44	11,3 / 42	0,81

Продовження таблиці 2.7

Найменування приміщення, кількість на плавзасобі	Традиційна схема зашиття (панелі 700, 900 мм, висота приміщення – 2800 мм)	Запропонована схема зашиття (панелі – 800 мм, висота приміщення – 2400 мм)	Зменшення витрат матеріалу панелей підволоки, м ² / %	Зменшення витрат матеріалу панелей перебірок, м ² / %	Зменшення витрат наповнювачів панелей, м ² / %	Загальний коефіцієнт витрат матеріалів
Медичний пункт, 1			4,2 / 39	12,3 / 45	4,6 / 41	0,79

Висновки за розділом 2

1. **Вперше** на основі комплексного аналізу ряду вітчизняних та закордонних модульних систем захиття приміщень НПС розроблено ефективний алгоритм раціоналізації, який забезпечує зменшення кількості модульних елементів, спрощення їх конструкції з урахуванням відповідних діючих стандартів. Визначено основні критерії оцінки якісно-кількісних показників захиття приміщень НПС.

2. **Вперше**, використовуючи методи будівельної механіки корабля та теорії пружності, отримано функціональні залежності між лінійними розмірами елементів захиття та силовими факторами (зовнішні навантаження та прогини), що зменшує час визначення вищеназваних показників до 3-х разів. За допомогою чисельних методів Якобі та Крилова визначено константи для знаходження чисельних значень для вищенаведених залежностей.

3. **Вперше** за допомогою методу нелінійного математичного програмування та методу визначення екстремумів створено та апробовано математичну модель призначення раціональних геометричних параметрів елементів модульного захиття приміщення НПС за умов мінімальних матеріальних та трудових витрат. За фактичними виробничими даними при зашиванні приміщень в умовах Херсонського державного заводу «Палада» цей показник складає 0,76 проти 0,84 при виготовленні панелей та елементів кріплення при використанні отриманих в роботі результатів. При цьому зменшуються витрати металопласту на 42...45%, мінеральних наповнювачів на 47...52% у порівнянні з традиційною технологією.

Отримані результати представлено у публікаціях:

[85] Терлич С. В. Аналіз сучасних безкаркасних систем захиття приміщень в судно— та докобудуванні. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Механіко—технологічні системи та комплекси. 2016 р. Вип. 4(1176). С. 79-84. [Індексується у світових

наукометричних базах даних і системах (Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA), WorldCat та ін.)).

[90] Терлич С. В. Розмірний та конструктивний аналіз приміщень на плавдоках. – Вісник СевНТУ. Механіка. Енергетика. Екологія. – 2008. – Вип. №88. – С. 52–55.

[111] Щедролосев А. В., Терлич С. В. Комплексное усовершенствование технологий оборудования и отделки помещений несамоходных судов и других плавучих сооружений. Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri №2, 2016. Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy Вип. 2, 2016. Р. 50 – 56. [Закордонний фаховий збірник (зареєстрований ВАК Азербайджану)].

[112] Щедролосев О. В., Терлич С. В., Лугінін О. Є. Определение внутренних усилий композитных модульных зашивочных панелей в условиях эксплуатации плавучего дока. Вісник ОДАБА. – Вип. №64. – м 2016. – С. 178-184. [Індексується в Google Shcolar].

[115] Щедролосєв О. В., Терлич С. В. Математичне моделювання розробки типоряду модульних панелей для захиття приміщень несамохідних плавучих споруд. Рибне господарство України. – 2010. Вип. №2. – С. 40–45.

РОЗДІЛ 3

КОМПЛЕКСНЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ УДОСКОНАЛЕННЯ ФОРМУВАННЯ ТА МОНТАЖУ ПРИМІЩЕНЬ НЕСАМОХІДНИХ ПЛАВУЧИХ СПОРУД

3.1 Удосконалення типоряду модульних зашивочних панелей та елементів ізоляції приміщень несамохідних плавучих споруд

Житлові, службові й суспільні приміщення на несамохідних плавучих спорудженнях НПС як і для інших типів суден доцільно формувати модульними методами: фактично це складання кают, елементів веж, рубок [90].

До 1995 р. на вітчизняних суднобудівних підприємствах саме для НПС модульні методи не застосовувалися через невелику кількість вищевказаних приміщень. У наш час частина, що коли пригнічує, проектів НПС орієнтована на іноземного замовника, архітектура й розташування приміщень істотно змінилося, у результаті чого збільшилося й кількість приміщень, що зашиваються.

У той же час несамохідні судна (плавучі ремонтні доки, бурові платформи, плавучі готелі, стаціонарні засоби океанотехніки) вимагають більш високого ступеня екологічної й пожежної безпеки за рахунок особливості їх конструкції й умов експлуатації.

Згідно з Міжнародною Конвенцією по охороні життя на море СОЛАС-74/78 [31] температура загоряння елементів житлових кают повинна бути не менш 560°C. Для НПС цього значення недостатньо у зв'язку з особливістю розташування приміщень на плавдоках і нафтогазових платформах: знаходження на одній палубі з житловими приміщеннями службових, для яких характерні високий рівень шуму, загазованості, висока ймовірність виникнення пожежі, наявність апаратів і наскрізних трубопроводів, робоча температура яких вище значення 540°C. Таким чином, ізоляційні матеріали, застосовувані на торговельних і промислових судах, не можуть бути використані для НПС, враховуючи специфіку їх експлуатації.

Шляхи вдосконалення конструкцій елементів ізоляції й захиття приміщень, а також питання зниження трудомісткості й монтажу плиткової протипожежної й теплової ізоляції досліджувалися й раніше. У періодичній і спеціальній літературі, починаючи з 1973 р., розглядалися завдання математичного моделювання, механізації й автоматизації виготовлення виробів з металопласту, обґрунтування вибору модуля, стандартизації й уніфікації елементів захиття, розробка показників якості продукції, технологічності конструкцій, систем конструкторської й технологічної підготовки виробництва [47]. Визначалися оптимальні варіанти розташування й розмірів розтрубів ілюмінаторів. Створювалися нові технології виготовлення модульних панелей, розроблялося технологічне оснащення.

Усі перераховані розробки неможливо повністю застосувати на несамохідних плавучих спорудженнях у зв'язку з нетиповими, а іноді й унікальними розмірно-конструктивними особливостями приміщень на цих плавзасобах і умовами їх експлуатації.

Мета 1. Розробити алгоритм розрахунків основних критеріїв технологічності елементів модульного захиття несамохідних плавучих споруджень залежно від головних елементів плавзасобу, ступені населеності й умов комфорту.

Мета 2. Застосувати просту й доступну математичну базу для забезпечення чисельного програмування у формі електронних таблиць або електронних баз даних.

Мета 3. Обґрунтувати застосування того або іншого типу ізоляційного матеріалу, виходячи з вимог екологічної й пожежної безпеки.

Обсяг, призначений для житлових приміщень, визначається залежно від комплектації плавзасобу екіпажем і нормативу середнього обсягу на одну людину згідно із Санітарними нормами для морських суден, вимогам міжнародних конвенцій і бажання замовника.

При розв'язку питань визначення числа й місця розташування ізолюємих перебирань і конструкцій був застосований досвід типізації

компонувань у НПС подібних типів (проекти 1760, 19540, 19971 та інших). По таких НПС удалось виявити конкретні типові архітектурні компоновальні варіанти й установити переважні значення відносних довжин найважливіших відсіків (у першу чергу, житлового й службового комплексу приміщень). Систематизовані дані по відносних довжинах відсіків. Використання подібних даних на основі типізації дозволяє виявити компоновальні тенденції, а також вирішувати проектні завдання: задавати вихідні відносні довжини, а потім одержувати довжини конкретних відсіків. Крім того розглянута можливість більш широкого застосування модульних розв'язків. Модульне формування приміщень і встаткування суден полягає в їхнім проектному й будівельному компонуванні із заздалегідь розроблених конструктивно-функціональних модулів для тих приміщень і встаткування, які або багаторазово використовуються на тому самій НПС, або є замінними об'єктами, що дозволяють гнучко міняти призначення й обсяг виконуваних завдань. Модульний підхід при ізолюванні відсіків плитами й щитами має певні переваги:

- з'являються можливості завчасного відпрацювання компоновальних і конструктивно-технологічних розв'язків;

- вдається забезпечувати раціональну повторюваність близьких по призначенню й однакових по розмірах приміщень;

- можуть бути знижені витрати на будівлю НПС і виготовлення для них устаткування;

- підвищується гнучкість використання, оскільки окремі приміщення та елементи їх устаткування можуть економічно замінятися.

Для визначення пожежонебезпеки матеріалу й можливості використання його в різних областях суднобудівної й докобудівної індустрії відповідно до протипожежних вимог необхідне проведення спеціальних випробувань по відповідним стандартам.

Групу горючості раніше не застосовуваних матеріалів у суднобудуванні доцільно визначати за ДСТУ 30244-94 «Матеріали будівельні. Методи

випробування на горючість», який відповідає Міжнародному стандарту ISO 1182-80 «Fire tests - Building materials - Non-combustibility test» і не суперечить конвенціям і протоколам ІМО, що уможлиблює використовувати їх на міжнародних замовленнях. Матеріали залежно від значень параметрів горючості, обумовлених по цьому ДСТУ, підрозділяються на негорючі (НГ) і горючі (Г) [51-53].

Матеріали відносять до негорючих при наступних значеннях параметрів горючості (випробування в електропечі):

- приріст температури в печі не більш 50°C ;
- втрата маси зразка не більш 50%;
- тривалість стійкого полум'яного горіння не більш 10 сек.

Матеріали, що не задовольняють хоча б одному із зазначених параметрів, вважаються горючими [110].

Група займистості матеріалів пропонується визначати за ДСТУ 30402-96 «Матеріали будівельні. Метод випробування на займистість», який відповідає міжнародному стандарту ISO 5657-86.

При цьому випробуванні поверхню зразка піддають впливу променистого теплового потоку й впливу полум'я від джерела запалювання, а також вимірюють поверхневу щільність теплового потоку (ПЩТП), тобто величину променистого теплового потоку, що впливає на одиницю площі поверхні зразка. У залишковому підсумку визначають критичну поверхневу щільність теплового потоку (КПЩТП) - мінімальне значення ПЩТП, при якому виникає стійке полум'яне горіння зразка після впливу на нього полум'я. Залежно від значень КПЩТП матеріали підрозділяють на три групи займистості (важкоспалахуючі, помірковано займисті, незаймисті). Зазначені випробування можливо провести у лабораторіях, що займаються будівництвом несамохідних суден та інших плавучих споруд.

Широко у світі використовується табличний критерій горючості полімерних матеріалів, обумовлений за американською методикою UL 94 (Understanding Laboratory 94, Global Engineering Documents 800-854-7179). У

міру зниження горючості матеріалів є наступні критерії UL 94:94HB, 94V-2, 94V-1 і 94V-0 відповідно горючі, слабо-горючі, малогорючі й негорючі (за даними резолюції ІМО А.754(18) [132, 134].

Для плавучих доків у якості ізоляційних матеріалів вогнестійких конструкцій у світовому суднобудуванні використовують ізоляційні плити «ROCWOOL», «Isovolta», «Парок», «Ізовер» і вітчизняні мінеральні плити на синтетичному сполучному. Властивості цих матеріалів наведено в таблицях 3.1-3.3.

Таблиця 3.1 – Властивості ізоляційних матеріалів ROCKWOOL [110]

Тип матеріалу	Опис	Конструктивні особливості	Розмір плит, мм	Ряд товщин, мм	Густина, кг/м ³
ROCKWOOL MARINE FIREBATTS 130	Напівтверда ізоляційна плита з мінеральної вати зі спеціальним просоченням	З однієї сторони покрита зміцненою алюмінієвою фольгою або без фольги	1000x600	25, 30, 35, 50, 75	130
ROCKWOOL MARINE LAMELLA MAT 32	Міцні, напівжорсткі, пружні ізоляційні мати із просоченої мінеральної вати	З однієї сторони покрита зміцненою алюмінієвою фольгою	1000x600	від 25 до 125	32
ROCKWOOL MARINE		З однієї сторони покрита зміцненою алюмінієвою фольгою	1200x600	від 30 до 145	120
ROCKWOOL MARINE BATQ	Напівтвердий ізоляційний мат	По обидва боки покрита алюмінієвою	1000x600 1200x600	від 25 до 125	95

Як у вітчизняному, так і в закордонному суднобудуванні для ізоляції житлових і службових приміщень, а також корпусних конструкцій застосовується велика кількість негорючих матеріалів на основі базальтових і мінеральних волокон які відповідають [64].

В умовах сучасного виробництва придбання матеріалів іноземних виробників здійснюється тільки за валютні засоби за ціною, установленню монополю виробником продукції.

Враховуючи особливості конструкції й експлуатації несамохідних плавучих споруджень, способи кріплення й установки ізоляційних плит можуть бути спрощені, враховуючи відсутність криволінійних обводів для даного типу суден. Також варто відзначити низьку значимість ваги ізоляції для плавучих доків, що спрощує вибір матеріалів [95, 110].

Таблиця 3.2 – Основні характеристики ізоляційних плит для захиття

Тип матеріалу	Питома вага, кг/м ³	Коефіцієнт теплопровідностіВ т/м °С	Міцність при 10% стиску, МПа	Максимальна температура використання, °С
Плити м'які ПМТБ-2	50-75	0,047	-	300
Плити напівжорсткі	100-125	0,049	0,015	300
Плити тверді ПЖТЗ-2	150	0,052	0,035	200
Мати тверді МЖТЗ	280-300	0,048	0,030	700
Мати базальтові БСТВ	30	0,038	-	450
Плити волокнисті ППЖ-20	270	0,070	0,80	1200
Плити шарово-волокнисті ПМТБ-2А	250-300	0,080	0,60	1300
Мати мінераловатні прошивальні ПМ-50	100-200	0,049	-	600
Плити скловолокнисті ПТЭ-75	175-200	0,055	0,37	180

Опираючись на результати авторських досліджень [90], враховуючи технологічні й фізико-хімічні властивості розглянутих матеріалів (таблиці 3.1 – 3.4), а також застосувавши дані, отримані при проведенні розмірно-конструктивного аналізу приміщень несамохідних плавучих споруджень (таблиця 3.5 [89]), були розроблені варіанти кріплення плиткової й волокнистої ізоляції, що забезпечують дотримання вимог Конвенції СОЛАС-74/78 [31].

Таблиця 3.3 – Основні характеристики сучасних теплоізоляційних матеріалів

Найменування характеристики	Ізоляція ТВМ (Україна)	«Ізовер» (Франція)	«Роквул» (Данія)	«Ізола-мін» (Чехія)
Об'ємна маса, кг/м ³	110-140	130-150	110-150	300-400
Коефіцієнт теплопровідності при +25°C, Вт/ м- до	0,045-0,05	0,045	0,038	0,049
Міцність при 10% стиску, МПа	0,015	-	0,015	0,012
Межа міцності при розтяганні матеріалу, МПа	0,002	-	0,002	-
Вологість, %	2,0	2,5	-	2,0
Горючість, максимальна температура експлуатації, °C	негорюча, t =750	важко-горюча, t =200	не горюча, t =600	важко-горюча, t =450

У таблиці 3.4 наведені характеристики перспективного вітчизняного ізоляційного матеріалу «Вермикуліт». Основне призначення цього матеріалу - тепло- і шумоізоляція житлових будинків і промислових об'єктів. У суднобудуванні він також застосовувався (епізодично) для ізоляції палуб та елементів трубопроводів [66, 67].

Таблиця 3.4 – Основні характеристики ізоляційних матеріалів на основі вермикуліту.

Тип матеріалу	Об'ємна маса, кг/м ³	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м · °C	Міцність при 10% стиску, МПа	Розмір щита, мм	Максимальна температура застосування, °C
ВМК-01-34	125	0,034	0,55	600x500 1100x600 1200x600	570
ВМК-01-78	128	0,034	0,50		680
ВМК-01-81	125	0,045	0,55		660
ВМК-03-23	135	0,030	0,65		760
ВМК-03-29	135	0,030	0,65		780
ВМ-34-12	120	0,025	0,70		780
ВМ-34-23	125	0,025	0,70		760

Таблиця 3.5 – Необхідні розмірні характеристики для захиття та ізоляції житлових приміщень

Найменування показника	Ширина плити (щита) b , м					
	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
Кількість плит на плавзасіб	47	42	37	32	26	21
Кількість стандартних заготовок	274	310	356	418	508	647
Ширина обрізків заготовок, м	581	655	753	887	1076	647
Витрати обрізків для кріплень, м	0,03	0,23	0,03	0,03	0,04	0,03
Кількість заготовок профілів, шт.	45	129	65	213	85	45
Площа заготовок, м ²	867	896	912	965	1187	765
Витрати матеріалу на 1 плиту, м ²	1594	1510	1783	2191	2505	1775
Витрати матеріалу на кріплення, м ²	1345	1311	1342	1452	1473	1655
Обрізки матеріалу на кріплення, м ²	0,94	0,90	0,82	0,74	0,62	0,99

3.2 Удосконалення конструкторсько-технологічних рішень виготовлення, формування та монтажу приміщень несамохідних плавучих споруд

3.2.1 Удосконалення конструкції сандвіч-панелі для захиття судових приміщень

Основні задачі удосконалення композитної сандвіч-панелі для захиття приміщення НПС – забезпечення підвищеної жорсткості та стійкості до вібрації, що в значній мірі спрощує операції транспортування та монтажу та підвищує її експлуатаційні характеристики. Конструкція відноситься до типу «сандвіч» і може бути використана окрім НПС також у якості конструкції огорожі берегових об'єктів, будівель та споруд. Сандвіч-панелі які використовують суднобудуванні повинні високі показники міцності, теплоізоляції, вогнестійкості та мати відносно невелику вагу [91, 98]. У сучасному суднобудуванні відомі металеві тришарові перебірочні панелі з утеплювачем із мінеральних та пінополістирольних плит (рис. 2.1...2.7). Їх конструктивні особливості описано в пункті 2.1 даної роботи. При їх використанні для формування приміщень НПС вони повинні відповідати технічним умовам ТУ 5284-083-39124899-2002 «Панель трехслойная стеновая

с минераловатным утеплителем». Вказані панелі уявляють собою конструкцію із трьох шарів із обшивкою із сталевого оцинкованого та поварбованого листа (або металопласту) та середнім шаром із мінераловатних плит із поперечно орієнтованими волокнами або із піно полістирольних плит.

Недоліком вищенаведених сандвіч-панелей є недостатня жорсткість та міцність конструкції, що ускладнює їх транспортування та монтаж, а також знижує їх експлуатаційні характеристики [93, 102].

Технічний результат досягнуто за допомогою того, що шар утеплювача містить у собі сталеві пластини, які виконано легкого зігнутого термічного профілю. Вони в свою чергу зміцнюють конструкцію панелі і виконують функцію каркасу. Конструкція сандвіч-панелі яка пропонується є достатньо

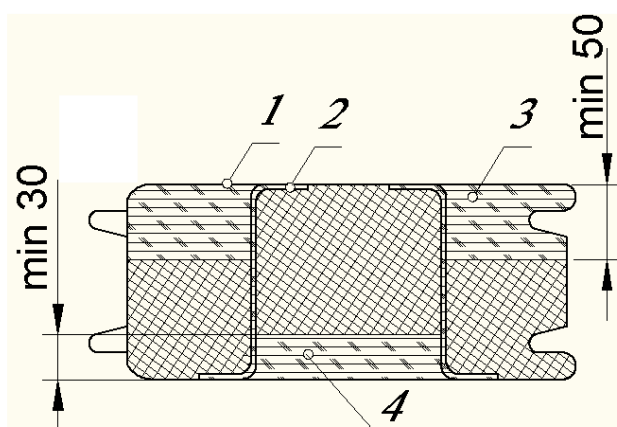


Рисунок 3.1 – Сандвіч-панель для захисту приміщень НПС

міцною та жорсткою і відповідно має підвищенні характеристики міцності на злам, згинання, стискання.

Сандвіч-панель, яка пропонується (рис. 3.1) складається із металевої (металопластової) оболонки 1, пластин жорсткості виконаних із легкого гнутого термопрофілю 2, вермікулітового наповнювача 3 та шару, що утеплює,

який складається із мінеральної вати на основі базальтового волокна. Механічні властивості для панелі, яка пропонується розрахованого за залежностями (2.36) з урахуванням (2.37). Результати та відповідні характеристики аналогів зведено у табл. 3.6. Розрахунковий опір теплопередачі розраховано як багатошарову конструкцію за залежністю [67]:

$$R_o = \sum_{i=1}^4 R_i, \quad (3.1)$$

де R_i – опір теплопередачі i -го шару конструкції панелі (рис. 2.14),

$$R_i = \frac{n_i \cdot (t_H - t_B)}{\Delta t_H \cdot \alpha_i^B},$$

n_i – коефіцієнт, який приймається в залежності від положення зовнішньої поверхні конструкції, яка огорожує до обшивки (настилу) корпусних конструкцій;

t_B – розрахункова температура повітря у судновому приміщенні, °С;

t_H – розрахункова температура повітря між корпусними конструкціями та зашиттям, °С;

α_i^B – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні панелі.

Результати та відповідні характеристики аналогів зведено у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Порівняння характеристик модульної панелі, яка пропонується із аналогами

Тип панелі	Навантаження, яке руйнує при згинанні, кгс/м ²	Маса 1 м ² плити, кг	Розрахунковий опір теплопередачі, м ² ·°С / Вт
«Rockwool»	314	12,4	3,57
«TNF»	298	17,2	3,82
«Isolamin»	308	19,0	3,73
«Росун 1-м»	281	21,6	3,55
«M100» однорядна	283	26,7	3,28
«Алмаз»	318	32,1	3,64
«Alseмова»	313	27,1	3,53
Варіант, що пропонується	1840	29,6	3,41

За результатами розрахунків (табл. 3.6) очевидно, що для удосконаленого варіанту сандвіч-панелі параметри міцності та жорсткості збільшилися більше ніж у 6 разів. При цьому питома вага та опір теплопередачі не істотно відрізняються від розглянутих аналогів.

3.2.2 Удосконалення конструкції та технології монтажу блочного суднового приміщення контейнерного типу

Розробки направлено на створення блок-каюти контейнерного типу із високою швидкістю її складання, низькою теплопровідністю її елементів, легкою за вагою та із низьким рівнем пожежної безпеки. Необхідний технічний результат досягнуто тим, що блок-каюта має металеву раму, яка складається із тонкостінних гнутих профілів, а поверхня змонтована із сандвіч-панелей, які заповнено мінеральною ватою та вермікулітовим наповнювачем (рис. 2.14) які є теплоізоляторами.

В наш час відомі конструкції блок-модулів [80, 81] які включають в себе каркас огороження із деревини-бруса, утеплений мінеральною ватою типу «Ursa» або «Rockwol» – по суті скловатою, яка покрита ззовні та зі внутрішньої сторони, фанерою, тонколистовою гофрою, та тонким металом (сталевий лист, окрашений емаллю, або оцинкований сталевий лист). Основним недоліком такої конструкції є складність виготовлення, що обумовлено великою кількістю деталей які водять до її складу та низьким рівнем пожежної безпеки із-за використання деревини.

Також відомий варіант суднового контейнерного блок-модуля [54, 55] який включає в себе каркас із металевих профілів, профільовані сталеві листи, дерев'яні бруси, деревостружкові та деревоволокнисті плити, пластик. У якості утеплювача – мінеральні базальтові волокна. Недоліком такого блок-контейнера є складність виготовлення із-за великої кількості складальних елементів та конструкцій, які його створюють, велика вага у зв'язку із важкістю основного матеріалу – металу та його теплоізоляції – базальтового наповнювача.

Відомий судновий металевий блок-контейнер [98], який прийнято у якості прототипу. Він включає в себе несучий каркас, гнутий швелер та катаний металевий кутик, дерев'яний об'ємний решітний для кріплення ізоляції, перебірки типу «сандвіч» із утеплювачем (мінеральна вата). Ззовні – оцинкований сталевий лист та поліетиленова плівка та деревоволокниста плита. Підволока

виконана із пофарбованого металевого листа. Недоліком блок-контейнера є складність виготовлення та велика вага.

Задачею удосконалення є конструювання суднового блок-контейнера із високою швидкістю його складання, низькою теплопровідністю його елементів, легкого за вагою та із низьким рівнем пожежної безпеки. Досягається це тим, що судновий блок-контейнер складається із металопластової рами (гнуті профілі), а корпус змонтовано із сандвіч-панелей, які заповнено мінеральної ватою на основі базальтового волокна та вермікулітовим наповнювачем.

Судновий блок-контейнер виконано наступним чином:

- габаритні розміри: ширина – 2400 мм; довжина – 5660 мм; висота – 2650 мм;

- послідовність складання: на металопластову раму, складену із зігнутого профілю проводиться монтаж сандвіч-панелей, заповнених теплоізоляцією тим самим огорожуючи блок-контейнер; самі сандвіч-панелі виконують роль каркасу і забезпечують загальну жорсткість блок-модуля;

- сандвіч-панелі облицьовані оцинкованою сталлю із поарбованою поверхнею за 1 класом;

- за рахунок зменшення ваги без втрати механічної міцності, швидкого та легкого монтажу і демонтажу у стислі строки, підвищеної теплоізоляції значно зменшуються витрати на його виготовлення, транспортування до місця монтажу та самої експлуатації.

Загальним недоліком усіх вищерозглянутих варіантів суднових житлових блок-модулів є відсутність індивідуального простору для проживання за той причиною, що в одному блоці знаходяться два члени екіпажу, що не забезпечує комфортні умови при тривалій роботі (докування судна, вахтове проживання на буровій платформі тощо). Також усі розгляне ні варіанти не передбачають поглинання вібрації, характерної для НПС (спливання - занурення плавучого доку, буріння стаціонарної платформи, робота машин і механізмів у понтоні плавучого готелю чи штучного острова).

Суть удосконалення полягає в тому, що житловий блок-модуль обладнується амортизаторами і крім-того розподіляється на дві роздільні житлові та санітарну секції. При цьому санітарна секція розташована між житловими секціями та утримується на них за допомогою елементів кріплення таким чином, що не стикується із основою (платформою, палубою) і має можливість проходу з обох секцій.

На рис. 3.2 зображено загальний вид та вид зверху житлового блоку контейнерного типу для НПС.

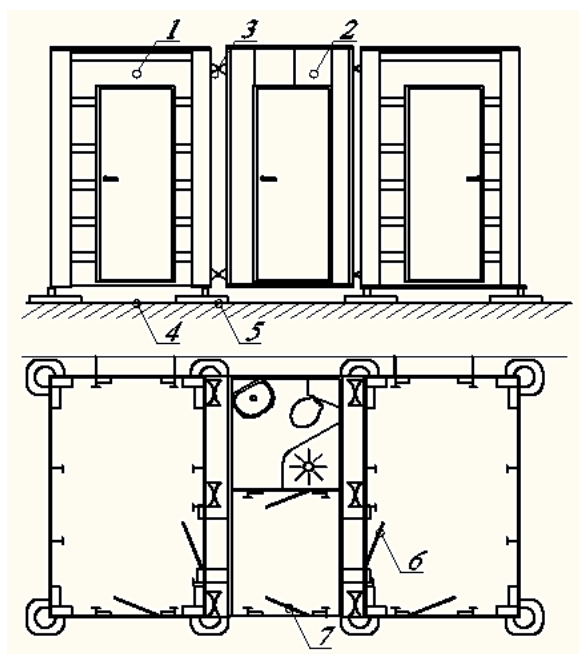


Рисунок 3.2 – Житловий блок-модуль контейнерного типу

Він складається із двох роздільних секцій: жилих 1 та санітарної 2, з'єднаних між собою елементами зчеплення 3. Житлові секції 1 встановлено на платформу 4 через амортизатори 5 таким чином, щоб санітарна секція 2 утримувалась елементами зчеплення 3 і не стикувався з платформою 4. Елементи зчеплення 3 встановлено по кутах та в середній частині між перебірками секцій 1 та санітарної зони 2. Санітарна секція 2, окрім дверей 6 для проходу між житловими секціями 1 має зовнішні дверцята 7, які виконують роль запасного виходу, а також дають змогу за необхідністю користуватися санітарною зоною 2 іншим членам екіпажу.

Складання блок-модуля та одночасно його монтування проходить в умовах цеху. Порівняльний аналіз монтування блок-каюти по місцю на НПС та виготовлення аналогічного контейнерного модуля в умовах цеху виконано у табл. 3.7. Залежності для розрахунків прийнято за рекомендаціями [21, 58].

Таблиця 3.7 – Порівняльний аналіз трудомісткості монтування житлового модуля (рис. 3.2) на НПС та в умовах цеху

№	Технологічна операція	Числове значення, нормо- годин	
		Безпосередньо на НПС	В умовах цеху
1	Складання металевого каркасу	2,3	2,1
2	Перевірка правильності складання	1,2	0,42
3	Зварювання стиків металевого каркасу	3,67	3,15
4	Перевірка якості зварювання	1,23	1,23
5	Розмічення під встановлення елементів защиття	3,12	3,12
6	Встановлення елементів кріплення	5,18	4,43
7	Перевірка правильності встановлення кріплень за ескізами	2,65	1,76
8	Монтаж щитів плиткової ізоляції	20,8	-
9	Встановлення амортизаторів каюти	6,79	4,80
10	Монтаж щитів захиття		-
11	Монтаж сандвіч-панелей	-	7,12
12	Монтаж сантехнічного обладнання	14,25	6,23
13	Защиття оцинкованими листами санітарної зони	5,45	5,45
14	Монтаж дверей	2,34	1,70
15	Перевірка правильності монтажу каюти	2,89	2,70
16	Монтаж та перевірка електрообладнання	8,23	6,12
17	Транспортування каюти на НПС	-	2,79
ВЗАГАЛІ		80,3	32,1

Із розрахунку з'ясовано, що перенесення виробництва монтування блокують із НПС у цех, а також впровадивши контейнерну технологію зменшує трудомісткість більше ніж в 2,5 рази. У залежності від площі приміщення, яке підлягає захиттю під час операцій 1-4 (табл. 3.6) розрахункові залежності [21, 58] передбачають поправочні коефіцієнти. Через це зменшення трудомісткості в даному випадку відбувається в 2,4...2,7 рази.

Блок-контейнер має наступні переваги:

- за рахунок зменшення ваги, без втрати без втрати механічної міцності, швидкого та легкого монтажу та демонтажу в мінімальні терміни, підвищеної теплової ізоляції корпусних конструкцій, значно скорочуються витрати на його виготовлення, транспортування до місця побудови НПС та безпосередньо експлуатації;

- високий ступінь захисту конструкції від зовнішньої середовища, довговічність, сучасний зовнішній вигляд, комфортне та зручне проживання екіпажу максимально підходять для НПС, які використовуються у різних районах Світового океану;

- за рахунок універсальності конструкції блок-контейнер може бути використаним при формуванні стаціонарних та берегових об'єктів.

3.3 Забезпечення пожежної безпеки при модульному формуванні суднових приміщень

Під конструюванням, як одним із видів самостійної діяльності людства, прийнято розуміти систему споруджень, яка формує просторову форму для життя та цілеспрямованих дій. Відмінними, найбільш істотними, особливостями архітектури суден є те, що вони завжди обмежують суттєвий простір, що спричинено головними розмірами, функціональними особливостями та автономністю будь-якого судна. В цьому відношенні між судном та береговими об'єктами існує багато загально-технічних та ергономічних факторів. У цьому співвідношенні між судновими та береговими приміщеннями в плані архітектури існує багато подібного [6, 88].

Для усіх вищезазначених приміщень повинна бути вирішена **комплексна та багатогранна задача** створення просторового об'єму та безпеки, який зможе функціонально скомбінувати в собі функціональне призначення (користь), міцність, технологічність та інтер'єр [103]. У дослідженні враховано особливі вимоги до безпеки приміщень плавучих доків [3]. Вирішення цих задач можна розподілити на два етапи. Першим є забезпечення високої працездатності члена екіпажу та/або групи людей, їх нормального відпочинку, побуту та розвитку. За для цього повинні виконуватися вимоги, щодо взаємного розміщення житлових, суспільних, службових та санітарно-гігієнічних приміщень (модулів приміщень). В іншу чергу необхідно розглянути питання архітектурної композиції блоків приміщень згідно їх призначення, розміщення технічних приміщень та комплексу загально-суднових приміщень, враховуючи розміщення енергетичних запасів та суднової електростанції [49, 55, 60].

У сучасних умовах **вирішення цих задач** пов'язано із використанням прогресивних методів будівництва, типових планувальних рішень та типових проектів. Одним із напрямів інтенсифікації побудови та переобладнання суден є запровадження методів модульного проектування та формування суднових приміщень. У зв'язку з цим виникає ряд проблем, пов'язаних із створенням типових блок-модулів, розробкою типових технологічних рішень, проектуванням складальних елементів, пристосованих до розмірних та конструктивних особливостей несамохідних плавучих споруд із забезпеченням належного протипожежного захисту [103].

Загальносуднові приміщення згідно ОСТ В5Р.5.0735-2000 розподілено наступні групи:

- 1) житлові приміщення, призначені для сну та індивідуального відпочинку екіпажу;
- 2) суспільні приміщення для прийняття їжі, колективного відпочинку екіпажу, проведення виховної, культурно-дозвільної роботи, поновлення працездатності;

3) продовольчі приміщення, призначенні для приготування та роздачі їжі, миття, сушіння, зберігання посуду;

4) медичні приміщення, призначенні для проведення профілактичних заходів, лікування або ізолювання хворих, надання першої медичної допомоги, зберігання медичного обладнання;

5) санітарно-побутові приміщення, необхідні для прання, сушіння та обробки білизни та одягу;

6) службові приміщення для ведення канцелярського діловодства, розміщення та експлуатації технічних засобів несення чергово-вахтової служби;

7) прохідні приміщення, призначені для переміщення екіпажу без виходу на відкриті ділянки палуб та платформ.

Практика виконання робіт обладнання суднових приміщень потужностями суднобудівних та судноремонтних підприємств із залученням контрагентів для поставлення окремих зразків та обладнання показала, що вони виконуються із низьким рівнем якості (сліди фарби на хромованій фурнітурі дільних речей та меблів, елементи кабелів та трубопроводів, які сторчать із під елементів зашиття, що в свою чергу призводить до різкого зниження пожежної безпеки приміщень під час експлуатації плавучого дока) . За висновками у дослідженні [7, 33, 102]. Для суден майже будь-якого призначення інтер'єри приміщень мають певні нюанси щодо комплексного підходу при виборі обладнання та протипожежних матеріалів, а також їх взаємного розташування [119, 135].

Основними причинами цього можуть бути наступні фактори:

1) розміри композитних панелей для зашиття кают не підпорядковані кратному розміру;

2) засоби відображення інформації у службових приміщеннях і принципи їх художнього оформлення, а також засоби вмонтованого обладнання, яке використовується – різні, що негативно впливає на електро- та пожежну безпеку;

- 3) розмірна, графічна та кольорова координація відсутня;
- 4) композитні та функціональні принципи оформлення декоративного шару панелей різноманітні, що не дає змогу їх уніфікувати.

Перебірочні панелі можна умовно поділити на герметичні, модульні та універсальні. В наш час на ринку не існує групового комбінованого обладнання та постачання, яке відповідає широкому комплексу суднових вимог [34, 68]. Це ставить за основну **мету** розробки перебірочних конструкцій нових типів, які відповідають сучасним вимогам безпеки, технологічності та простоті встановлення й демонтажу.

Для обґрунтування вибору конструкцій елементів захисту пропонується виконання ряду досліджень та розрахунків, пов'язаних із фізичними параметрами ізолювання й не горіння елементів, геометричні показники яких запропоновано автором [94, 95], а також прийнято до уваги результати [102].

При виникненні пожежі за причинами, наведеними вище, густину теплового потоку q (Вт/м²) який передається за рахунок теплопровідності, прямо пропорційно градієнту температури $\text{grad}(T)$, К/м, тобто:

$$q = -\lambda \cdot \text{grad}(T) = -\lambda \cdot \Delta T, \quad (3.1)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності композитної панелі (сандвіч-панелі), Вт/(м·К), який розраховується дослідним шляхом у залежності від тиску, структури, питомої ваги, вологості пористості.

Знак «мінус» вказує на те, що параметри q та $\text{grad}(T)$ мають протилежні напрями, якщо їх вважати векторами.

За рахунок теплопровідності перебірки, яка захита композитними панелями з урахуванням формули (3.1) та співвідношенням, відомого із фізики твердого тіла $\Delta q = -\nabla(\lambda \cdot \nabla T)$ [67] рівняння теплопровідності (3.1) прийме вигляд:

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla(\lambda \cdot \Delta T) + q_v, \quad (3.2)$$

де ρ – середня масова густина композитної панелі, кг/м³ ;

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{\sum_{i=1}^n v_i}, \text{ де } m_i \text{ та } v_i - \text{відповідно маса та об'єм } i\text{-го шару композитної панелі,}$$

при кількості шарів n ;

C – загальна теплоємність, Дж / (кг·К);

$\frac{\partial T}{\partial t}$ – швидкість змінення температури, К/с;

q_v – густина теплового потоку джерела тепла, Вт/м².

При розв'язанні рівняння (3.2), можливо визначити температурне поле в елементі зашиття. При цьому функція, яку треба представити, $T(x, y, z, t)$ повинна відповідати закону збереження енергії. В той же час, для отримання єдиного розв'язку рівняння (3.2) необхідне виконання наступних вимог:

- геометричних, згідно яким задається площинна форма та розміри панелі для зашиття [90];
- фізичних, які завдаються властивостями тепла λ , ρ та C ;
- початкових умов, які встановлюють розповсюдження температури в початковий момент часу;
- граничних умов, які визначаються у залежності від розмірно-конструктивних та функціональних особливостей конкретного приміщення.

Граничні умови визначають температуру на поверхні перебірки, як функцію координат і часу. Також необхідно задати густину теплового потоку (або складові коефіцієнту температури яка є нормаллю до поверхні) декоративного зашиття у вигляді функції координат та часу. У дослідженні аналізувалися температури рідких та газоподібних складових, які мають місце бути у приміщенні.

Для спрощення математичних викладок, прийнято температуру забортної води T_1 сталою величиною у залежності від району експлуатації плавучої споруди. Також вважається, що початкова температура усіх елементів зашиття є однаковою, тобто: $T|_{t=0} = T(x, y, z) = \text{const}$.

З метою уточнення математичних розрахунків без зміни похибок введено нову величину – надлишок температури – u :

$$u = T|_{t=0} = -T_1, \quad (3.3)$$

Тоді рівняння теплопровідності матиме вигляд:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a \cdot \nabla^2 \cdot u, \quad (3.4)$$

де a – коефіцієнт теплопровідності, $\text{м}^2/\text{с}$.

Початковою умовою при $t = 0$ є вираз $u|_{t=0} = u_0 = \text{const}$.

Граничними умовами прийнято, що густина теплового потоку біля зовнішньої перебірки заштита q_{CT} , яку можна розрахувати, як:

$$q_{CT} = \alpha(T_{CT} - T_1) = \alpha \cdot u_{CT}, \quad (3.5)$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі між відсіками у разі пожежі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

T_{CT} – температура панелі зі сторони полум'я, К ;

З іншої сторони густина теплового потоку складатиме:

$$q_{CT} - \lambda \left(\frac{\partial T}{\partial n} \right)_{CT} = -\lambda \left(\frac{\partial u}{\partial n} \right)_{CT}, \quad (3.6)$$

де $\frac{\partial T}{\partial n}$ – похідна температури панелі по нормалі до поверхні, $\text{К}/\text{м}$.

Проаналізувавши рівняння (3.5) та (3.6) можна стверджувати, що:

$$u_{CT} = -\frac{\lambda}{\alpha} \left(\frac{\partial u}{\partial n} \right)_{CT}, \quad (3.7)$$

З'ясовано, що результати розв'язку рівняння (4) залежить виключно від форми панелі (площинної, або з прогином), відповідного розміру висоти приміщення (довжини панелі) L , теплофізичних властивостей $\alpha = \frac{\lambda}{C \cdot \rho}$, початкової умови u_0 , умов теплообміну з оточуючим середовищем, тобто коефіцієнтом тепловіддачі α . Для панелей прямокутної форми:

$$u = f(x, y, z, t, L, a, u_0, \alpha), \quad (3.8)$$

Звісно, що отримати функцію (3.8) в аналітичному вигляді практично неможливо через велику кількість параметрів. В даному дослідженні для визначення основних конструктивно-компонувальних рішень під час проектування елементів захиття та розробки технологій їхнього монтажу розглянуто конструкції, які мають отвори для трасування електрокабелів та елементів суднових систем і трубопроводів, де вищевказані параметри (3.8) не складно описати простими математичними залежностями. В той же самий час, саме технологічні отвори у захитті є компенсаторами виникнення та розповсюдження пожеж на плавучих несамохідних спорудах.

В умовах обмеженого простору каюти при нагріванні (пожежі) передача тепла на інші приміщення за рахунок технологічних отворів буде розповсюджуватися за рахунок виключно теплопровідності. Для розрахунку доцільно використати закон змінення температури T з боку поверхні, де виникла пожежа, який у відповідності до ГОСТ Р30247.0-94 має вигляд:

$$T = 34 \cdot \lg(8\tau + 1) + T_0, \quad (3.9)$$

де τ – час, який відраховується від початку зміни температури, хв.;

T_0 – температура оточуючого повітря, К.

Розв'язок задачі отримано для площинних панелей у випадки використання складених сферичних тіл, які мають функції перехідних елементів для електрокабелів та трубопроводів між каютами. Розміри їх стандартизовані і відомі. В даному дослідженні вони прийняті як константи. Паралельно створено трьохмірну модель перехідного елементу у режимі Solid Works для розрахунку швидкості розповсюдження температур.

Для металевих оболонок перехідної конструкції справедлива нерівність, відома із теорії пластичності оболонок:

$$\frac{R_i + \delta_i}{R_i} \leq 1,2; \quad (3.10)$$

де R_i – радіус поверхні оболонки, м;

δ_i – товщина оболонки, м.

Вважаючи, що порядок цих величин суттєво різний, поверхні у розрахунках змінено на площинні. Температура в оболонках змінюється за лінійним законом. При цьому тепловий потік через багат шарову площинну перебірку виразити, як [67, 75]:

$$q_{II} = \frac{T_1 - T_8}{2 \frac{\delta_1 + \delta_3}{\lambda_1} + 2 \frac{\delta_2}{\lambda_2} + 2 \frac{R_2}{\lambda_3}}. \quad (3.11)$$

Повний тепловий потік для шарових тіл зі сторони обігріву Q_1 , Вт, визначено, як:

$$Q_1 = q_1 \cdot \pi(d_1 + 2\delta_1)^2, \quad (3.12)$$

де $q_1 = \alpha(T - T_1)$, Вт/м².

У той же час тепловий потік Q_2 , Вт, через прогріту частину оболонки від $(R_1 + \delta_1)$ до R_1 можна визначити за залежністю:

$$Q_2 = q_{II} \cdot 2\pi \cdot R_1(R_1 + \delta_1)^2. \quad (3.13)$$

Враховуючи умови рівності потоків $Q_1 = Q_2$ отримано:

$$q_1 \cdot \pi(d_1 + 2\delta_1)^2 = q_{II} \cdot 2\pi \cdot R_1(R_1 + \delta_1)^2, \quad (3.14)$$

$$q_{II} = 2q_1 \frac{R_1 + \delta_1}{R_1}, \quad (3.15)$$

або
$$\xi = \frac{q_{II}}{q_1} = \frac{R_1 + \delta_1}{R_1}. \quad (3.16)$$

Із співвідношення рівності потоків можна отримати вираз для температури поверхні панелі з протилежного боку від пожежі:

$$T_8 = T_1 \left[1 + \alpha' \left(2 \frac{\delta_1 + \delta_3}{\lambda_1} + 2 \frac{\delta_2}{\lambda_2} + 2 \frac{R_2}{\lambda_3} \right) \right] - T \cdot \alpha' \left(2 \frac{\delta_1 + \delta_3}{\lambda_1} + 2 \frac{\delta_2}{\lambda_2} + 2 \frac{\delta_2}{\lambda_3} \right), \quad (3.17)$$

де $\alpha' = \xi \alpha$ – коефіцієнт, враховуючий кривизну поверхні.

У таблиці 3.8 представлено функціональні залежності розповсюдження температур у залежності від матеріалу наповнювача композитної панелі, району експлуатації та режиму роботи на прикладі плавучого несамохідного доку ПД-90 типу «Торос» проекту 19731УР.

Таблиця 3.8 – Розповсюдження температурного поля для модульних зашивочних панелей при виникненні пожежі на прикладі несамохідного плавучого дока проекту 19731УР [110]

Режим експлуатації	Матеріал наповнювача панелі «Вермікуліт», коефіцієнт теплопроводності 0,048 Вт/(м·К)		
	В стані занурення	В стані всплиття	В похідному стані
$T_{\text{повітря}} = -40^{\circ}\text{C},$ $T_{\text{води}} = 0^{\circ}\text{C}$			
$T_{\text{повітря}} = 5^{\circ}\text{C},$ $T_{\text{води}} = 0^{\circ}\text{C}$			
$T_{\text{повітря}} = 20^{\circ}\text{C},$ $T_{\text{води}} = 15^{\circ}\text{C}$			

Вимоги до ущільнення отворів в місцях розташування кожухів електротрас через перебірки та палуби встановлено стандартом галузі ОСТ 5Р.6103-2006 «Изделия уплотнительные для электрических кабелей и проводов. Общие технические условия» та вимогами класифікаційних товариств.

Перебірочні ущільнювачі можна класифікувати за наступними типами:

1) герметичні «проходки»; уявляють собою замкнуті сосуди, заповнені вогнестійкими матеріалами. Загальний недолік – висока вартість;

2) модульна система для прокладення кабелів; уявляє собою набір стандартних елементів за допомогою яких можна виконати перебірочне ущільнення;

3) універсальні розчини кабельних прокладок; до них відносять герметики та компаундні склади; такий спосіб також широко розповсюджений завдяки своїй універсальності.

Серед відмітити, що перебірочні ущільнювальні пристрої для приміщень із масовим скопленням людей (кают-компанія, салон, хоббі-рум) повинні відповідати широкому комплексу вимог, але фактично ці вимоги не задокументовано тобто можна впевнено стверджувати про їх відсутність.

Технології ущільнення технологічних отворів для електротрас та систем, які використовують у сучасному суднобудуванні мають наступні недоліки:

1) ущільнювальні пристрої, які проходять через палуби, та матеріали, що їх заповнюють, майже не дозволяють контролювати розповсюдження полум'я та диму з точки займання в інші приміщення;

2) форма та способи кріплення ущільнювальних пристроїв на перебірках робить їх вразливими від дій підвищеного тиску, які можуть супроводжуватися вибухами, що знижує їх надійність.

Рішення, що пропонується, полягає у створенні нових ущільнювальних пристроїв, які передбачено для забезпечення надійності, довговічності та безпеки прокладення судових електрокабелів через модульні судові

приміщення при дії на них агресивних факторів (полум'я, температура, тиск) через виникнення та розповсюдження пожежі.

До пристрою, що пропонується сформовано ряд вимог:

- 1) вогнестійкість пристрою повинна відповідати вимогам класифікаційного товариства;
- 2) ущільнювальні пристрої повинні відповідати вимогам галузевих стандартів;
- 3) пристрої повинні мати можливість технічної реалізації із використанням існуючих та перспективних технологій та матеріалів, які використовуються в суднобудуванні та судноремонті;
- 4) пристрої повинні бути сумісні із існуючими електромонтажними та трубо монтажними технологіями, бути простими, надійними, ремонтпридатними;

Під час удосконалення вирішувалися наступні задачі:

- 1) призначення оптимальної конструктивної форми ущільнювального пристрою та ефективного протипожежного матеріалу для заповнення;
- 2) порівняння із існуючими аналогами;
- 3) призначення критеріїв оцінки надійності та ефективності.

Ескіз конструкції наведено на рис. 3.3.

В районі проходження кожуху 2 для трасування електрокабелів 6 в модульній панелі (базальтова плита, обшита металопластом) зроблено технологічний отвір в якому вмонтовано типові металопластові фланці із зовнішньою різьбою. Між напівкруглими фланцями 4 за допомогою різьбового з'єднання встановлено керамічну втулку.

У втулці встановлюються сальники для проходження та розосередження кабелів після чого внутрішність втулки заповнюється впусченим вермікулітом.

В свою чергу після кристалізації (протягом хвилини) вермікуліт має межу міцності 20 кг/см^2 , є негорючим і нетоксичним і змінює свої хімічні

властивості при температурі вище 1200⁰С. Керамічна втулка на полум'я не реагує.

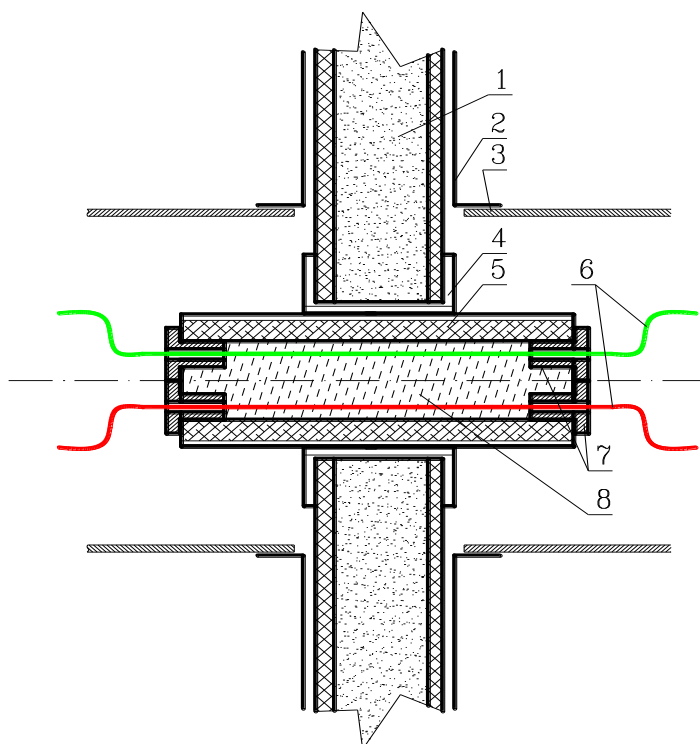


Рисунок 3.3 –
Перебірочний перехідник

- 1-модульна композитна панель;
- 2-кріплення кожуха;
- 3-кожух електротраси;
- 4-типовий фланець;
- 5-керамічна втулка;
- 6-електрокабелі;
- 7 сальники;
- 8-вермікулітовий наповнювач.

В дослідженні змодельований у якості критерію час розповсюдження температури між приміщеннями у випадку виникнення пожежі τ . При цьому прийнята температура полум'я в приміщенні де виникла пожежа 600⁰С [89], температура у суміжному приміщенні до виникнення пожежі 18⁰С. Максимально-допустима температура для організму людини в районі виникнення пожежі складає 70⁰С [117].

Передачу тепла розраховано виключно за рахунок запропонованої конструкції, вважаючи, що сучасні композитні панелі негорючі і не здатні передавати тепло протягом декількох годин [124]. Відстань у суміжному з приміщенні до найближчого об'єкту на який може бути передано тепло прийнята 200 мм (20 см) – мінімально необхідна межа від перебірки до розташованих меблів за Санітарними нормами для морських суден.

Змодельувати температурну передачу доцільно використавши рівняння [102]:

$$\frac{\partial v}{\partial \tau} = \alpha \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}, \quad (3.18)$$

де $\nu = t - t_C$ – надлишкова температура.

Початкова умова: при $\tau = 0$ та $0 \leq x \leq \infty$ справедливо:

$$\nu = t - t_C = \Delta t, \quad (3.19)$$

Граничні умови: $\tau > 0$ та $x = 0$ справедливо $\nu = t - t_C = 0$,

$\tau \geq 0$ та $x \rightarrow 0$, справедливо:

$$\frac{\partial \nu}{\partial x} \rightarrow 0. \quad (3.20)$$

Суть розв'язку задачі полягає у помноженні рівняння (1) на $e^{-p\tau} d\tau$ та інтегруванням по τ в межах від 0 до ∞ . Отримано звичайного диференціального рівняння для функції:

$$u = p \int_0^{\infty} \nu \cdot e^{-p\tau} d\tau,$$

яка відображує пошукову функцію u .

Взявши інтеграл, знайдено зображення u пошукової функції ν .

Після цього за допомогою таблиць переходу від зображення u до оригіналу ν визначено пошукову функцію. Виконав вищевказані перетворення для (3.19) та (3.20), отримано:

$$u = p \int_0^{\infty} \frac{\partial \nu}{\partial \tau} e^{-p\tau} d\tau = ap \int_0^{\infty} \frac{\partial^2 \nu}{\partial x^2} e^{-p\tau} d\tau, \quad (3.21)$$

при $x = 0$ отримано: $\int_0^{\infty} \frac{\partial^2 \nu}{\partial x^2} d\tau = 0$, при $x = \infty$ отримано: $\int_0^{\infty} \frac{\partial^2 \nu}{\partial x^2} d\tau \rightarrow \infty$

Виконав перетворення окремих формул в цих залежностях отримано:

$$t = t_C + \frac{2(t_0 - t_C)}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{x}{2\sqrt{\alpha \cdot \tau}}} e^{-n^2} dn. \quad (3.22)$$

Коефіцієнт температуропередачі вермікуліту та кераміки дуже близькі і в розрахунку прийнято $\alpha = 5,2 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2/\text{с}$.

Використавши залежність (3.22) прийнявши $t = 70^\circ\text{C}$, $t_C = 18^\circ\text{C}$, $t_0 = 600^\circ\text{C}$:

$$70 = 18 + \frac{2(600 - 18)}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{l}{2\sqrt{\alpha \cdot \tau}}} e^{-n^2} dn, \quad l = 20 \text{ см}, \quad 52 = \frac{1164}{\sqrt{\pi}} \operatorname{erfc} \frac{20}{2\sqrt{5,2 \cdot 10^{-4} \cdot \tau}},$$

вважаючи, що $\sqrt{5,2 \cdot 10^{-4}} = 0,023$, отримано: $0,079 = \operatorname{erfc} \frac{434}{\sqrt{\tau}}$.

Розв'язавши отримано $\tau = 122097 \text{ с} = 33 \text{ години}$.

Це значення більше ніж у 5 разів у порівнянні із існуючими аналогами чашкової форми [102, 118, 122, 130].

Даного часу виключно достатньо для забезпечення неможливості температуропередачі через модульні елементи між приміщеннями при виникненні пожежі.

3.4 Удосконалення технології позиціонування та переміщення модульних кают всередині корпусів несамохідних плавучих споруд

Переміщення модульних конструкцій всередині корпусу судна є трудомістка операція, що вимагає від робочого персоналу необхідних навичок проведення даних робіт і забезпечення їх безпеки. Також при виконанні даної операції необхідно стежити за забезпеченням збереження виробів, які переміщуються [43, 77]. Для вдосконалення технології виконання вантажно-монтажних робіт запропонований математичний апарат базування та переміщення виробів, який повинна вирішувати наступні задачі:

- 1) забезпечити базування модульних кают на етапі переміщення їх усередині корпусу судна;
- 2) забезпечити раціональну траєкторію руху виробів;
- 3) скоротити до необхідного мінімуму розмір технологічних отворів, і обсяг простору яке забезпечує переміщення;
- 4) отримати чіткий план проведення робіт, розрахувати кількість проміжних операцій;
- 5) підібрати необхідну технологічну оснастку для проведення операцій, враховуючи статичне навантаження, характер руху, динамічні навантаження;
- 6) з'ясувати необхідність демонтажу попутного обладнання, що знаходиться у відсіку;

7) виконати попередній аналіз можливості проведення самої операції.

Завдання першого типу, коли необхідно визначити дійсний стан базових точок каюти, що переміщується в системі координат монтажного місця, запропоновано називати позиційним завданням.

Завдання другого типу, коли необхідно визначити інтервали зміни параметрів підвісу платформи з каютою, при яких забезпечується безперешкодне переміщення платформи по заданій траєкторії без контакту з перешкодами, запропоновано називати завданням траєкторії переміщення.

В основі вирішення завдань обох типів лежить апарат однорідних координат, згідно з яким радіус-вектор деякої базової точки з декартовими координатами x, y, z заданими в системі координат S_i може бути представлений у вигляді (рис. 3.4): $r = (x, y, z, 1)^T = x \cdot e_1 + y \cdot e_2 + z \cdot e_3 + 1 \cdot e_4$, де e_1, e_2, e_3 – одиничні орти осей координат O_iX_i, O_iY_i, O_iZ_i ; e_4 – одиничний орт початку координат O_i системи $O_iX_iY_iZ_i$; T – символ транспортування.

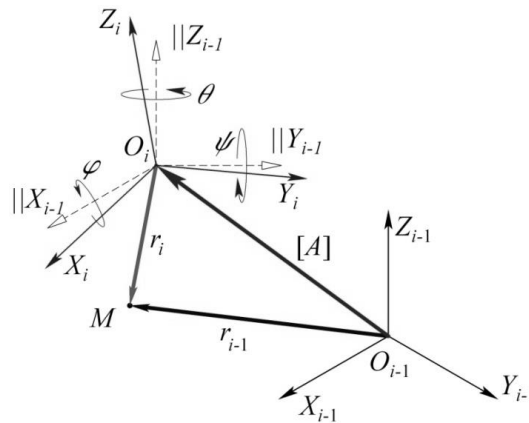


Рисунок 3.4 – Система координат S_i і S_{i-1}

Системою координат S_i може бути, наприклад, власна система координат виробу. Тоді положення будь-якої точки цього виробу у власній системі координат тривіально визначається по його моделі або кресленні. Іншою же системою координат S_{i-1} , щодо якої потрібно визначити положення будь-яких (базових, граничних) точок, що належать виробу, може бути, наприклад, система координат монтажного місця або перешкоди.

Для обох типів завдань базування виробу (тобто визначення його положення, або, що те ж саме, – визначення положення його базових точок) буде полягати у визначенні його дійсного стану в системі координат S_{i-1} [86]. Для однієї і тієї ж точки M простору в системах координат S_{i-1} та S_i справедливо матричне рівняння перетворення координат:

$$r_{i-1} = A r_i, \quad (3.23)$$

де r_i , r_{i-1} – радіус-вектори деякої точки в системах координат S_i і S_{i-1} відповідно;

A – матриця перетворення координат точки з системи координат S_i в S_{i-1} виду:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

де $a_{11} \div a_{33}$ – компоненти підматриці поворотів системи координат S_i навколо осей системи координат S_{i-1} ;

$a_{14} \div a_{34}$ – компоненти підматриці зсувів системи координат S_i вздовж осей системи координат S_{i-1} .

У цієї узагальненої залежності (3.23) повна матриця перетворення може бути представлена у вигляді:

$$A = \prod A_i \parallel_{i=[1, n], n \in \mathbb{Z}} = A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4 \cdot A_5 \cdot A_6,$$

де i – номер перетворення; A_1 , A_2 , A_3 – часткові матриці зсувів системи координат S_i вздовж осей $O_{i-1}X_{i-1}$, $O_{i-1}Y_{i-1}$, $O_{i-1}Z_{i-1}$ системи координат S_{i-1} :

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & x \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad A_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & y \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad A_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

де A_4 , A_5 , A_6 – матриці поворотів системи координат S_i навколо осей $O_{i-1}X_{i-1}$, $O_{i-1}Y_{i-1}$, $O_{i-1}Z_{i-1}$ системи координат S_{i-1} :

$$A_4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ 0 & \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; A_5 = \begin{bmatrix} \cos \psi & 0 & \sin \psi & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \psi & 0 & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$A_6 = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Як компонент векторів r_i та r_{i-1} в узагальнену залежність можуть бути підставлені не тільки координати, але і відповідні координатні складові похибки положення базових точок [24]. При певних перетвореннях компонентами векторів r_i та r_{i-1} можуть бути складові сил і моментів, що діють на систему в заданій точці, лінійні і кутові швидкості і прискорення окремих точок системи.

Для зворотних перетворень із системи координат S_{i-1} в S_i справедливо:

$$r_i = A^{-1} \cdot r_{i-1}, \quad (3.24)$$

де A^{-1} – зворотна матриця перетворень, яка також представляє собою добуток зворотних матриць відповідних часткових перетворень;

$$[A_i(q)]^{-1} = A_i(-q), \quad (3.25)$$

де q – узагальнена координата (сукупність переміщень x, y, z уздовж осей $O_{i-1}X_{i-1}, O_{i-1}Y_{i-1}, O_{i-1}Z_{i-1}$, і кутів поворотів φ, ψ, θ навколо цих же осей).

Були визначені часткові висловлювання для узагальнених координат у функціях робітників геометричних параметрів системи (рис. 3.5). Тоді, підставивши ці вирази в часткові матриці перетворення і, перемноживши їх зазначеним вище чином, отримуємо повну матрицю перетворення координат (і ряду інших параметрів) досліджуваного об'єкта.

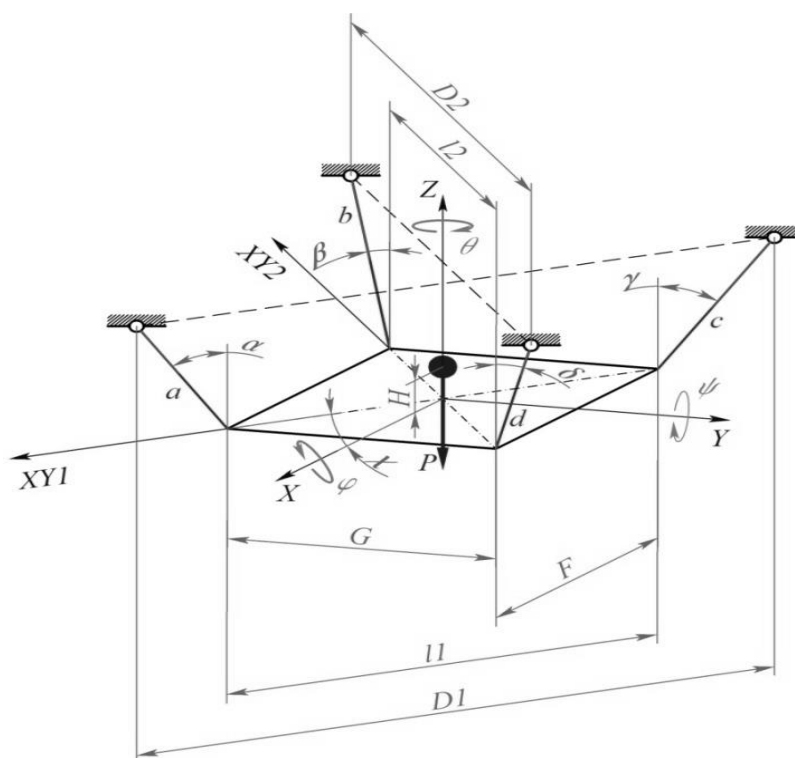


Рисунок 3.5 – Початкове положення платформи із каютою

Розглянута транспортна система такої схеми (рис. 3.6) прямокутна в плані платформа підвішена на 4-х підвісах по кутах, вантаж (центр ваги встановленого на платформу виробу) в центрі платформи. За змінювані параметри системи прийняті довжини a, b, c, d підвісів.

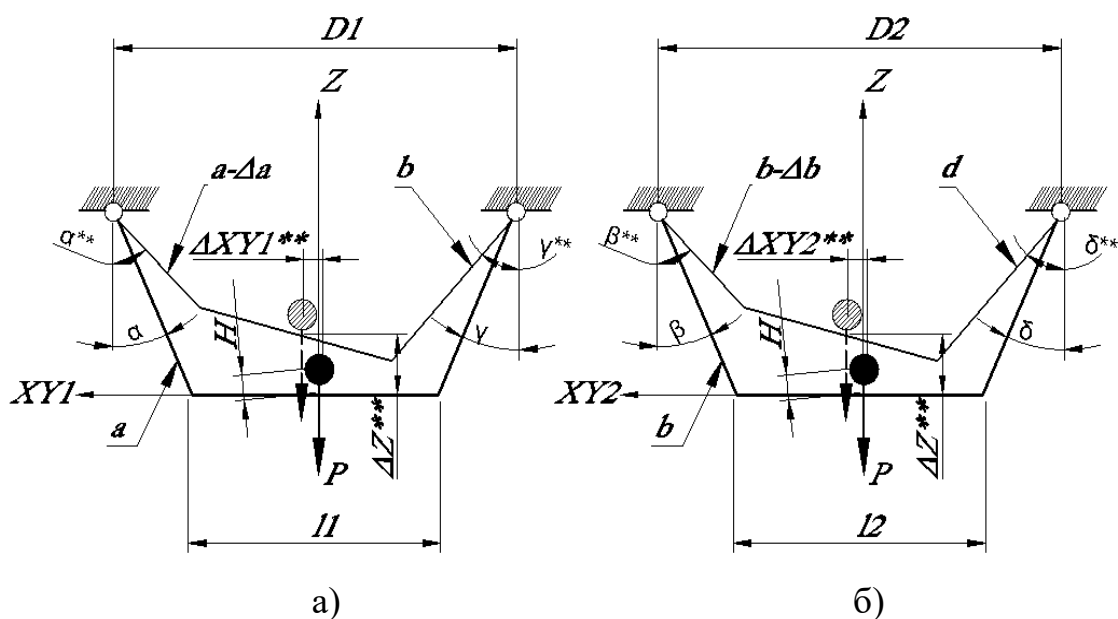


Рисунок 3.6 – Зміщене положення платформи із каютою

а) – зміщення діагональних підвісів $a - c$;

б) – зміщення діагональних підвісів $b - d$

Так як в якості вихідного стану завжди можна вибрати рівність довжин всіх підвісів, то для параметризації схеми досить задати зміну довжини по одному з підвісів в кожній парі (наприклад, a та b).

Початкове (горизонтальне) положення платформи з центром тяжкості в площині платформ (при $H = 0$):

$$l_1 = l_2 = l = \sqrt{G^2 + F^2}; \quad a = b = c = d.$$

При зміні довжин підвісів Δa і Δb початкові зміни в напрямку відповідних діагоналей платформи (рис. 3.6, б) ($H > 0$) отримано вирази:

$$\sin \alpha^* = \frac{(2a - \Delta a) \cdot \sin \alpha}{2(a - \Delta a)} = \sin \alpha + \frac{\Delta a \cdot \sin \alpha}{2(a - \Delta a)};$$

$$\sin \beta^* = \frac{(2b - \Delta b) \cdot \sin \beta}{2(b - \Delta b)} = \sin \beta + \frac{\Delta b \cdot \sin \beta}{2(b - \Delta b)};$$

$$\Delta Z1^* = \frac{\Delta a \cdot c}{a + c - \Delta a} \cdot \cos \alpha^* = \frac{(a \cdot \Delta a) \cdot \cos \alpha^*}{2a - \Delta a};$$

$$\Delta Z2^* = \frac{\Delta b \cdot d}{b + d - \Delta b} \cdot \cos \beta^* = \frac{(b \cdot \Delta b) \cdot \cos \beta^*}{2b - \Delta b}$$

При $\Delta a \neq \Delta b$ справедливо $\Delta Z1^* \neq \Delta Z2^*$:

$$\Delta Z^{**} = \max\{\Delta Z1^*, \Delta Z2^*\};$$

тобто при $\Delta a < \Delta b$ очевидно $\Delta Z^{**} = \Delta Z2^*$ і $\beta^{**} = \beta^*$, отже:

$$\alpha^{**} = \arccos\left(\frac{\Delta Z2^* \cdot a \cdot \Delta a \cdot (2a - \Delta a)}{\Delta a^3 - a \cdot \Delta a^2 + a}\right),$$

а при $\Delta a > \Delta b$, $\Delta Z^{**} = \Delta Z1^*$ і $\alpha^{**} = \alpha^*$, отже:

$$\beta^{**} = \arccos\left(\frac{\Delta Z1^* \cdot b \cdot \Delta b \cdot (2b - \Delta b)}{\Delta b^3 - b \cdot \Delta b^2 + b}\right).$$

Для обох розглянутих вище випадків справедливо:

$$\Delta XY1^{**} = \frac{(a \cdot \Delta a) \cdot \sin \alpha^{**}}{2a - \Delta a}; \quad \Delta XY2^{**} = \frac{(b \cdot \Delta b) \cdot \sin \beta^{**}}{2b - \Delta b};$$

$$\Delta X^{**} = [\Delta XY1^{**} - \Delta XY2^{**}] \cos \chi; \quad \Delta Y^{**} = -[\Delta XY1^{**} + \Delta XY2^{**}] \sin \chi;$$

$$\chi = \arctg\left(\frac{G}{F}\right).$$

Кути нахилу платформи до горизонталі за рахунок зміни довжини підвісів в площинах XOY_1 і XOY_2 відповідно:

$$\eta 1^{**} = \arcsin\left(\frac{\Delta a \cdot \cos \alpha^{**}}{l_1}\right); \eta 2^{**} = \arcsin\left(\frac{\Delta b \cdot \cos \beta^{**}}{l_1}\right).$$

Кути повороту платформи навколо глобальних осей OX та OY відповідно:

$$\varphi^{**} = -(\eta 1^{**} + \eta 2^{**}) \cdot \sin \chi;$$

$$\psi^{**} = (\eta 2^{**} - \eta 1^{**}) \cdot \cos \chi;$$

$$\theta^{**} = \arcsin\left([\Delta XY 2^{**} - \Delta XY 1^{**}] \cdot \sin\left(\frac{\chi}{F}\right)\right) \approx (\Delta XY 2^{**} - \Delta XY 1^{**}) \cdot \sin\left(\frac{\chi}{F}\right).$$

Якщо центр ваги виробу розташований на висоті H щодо площини платформи, то зміщення платформи:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta X^{**} = [\Delta XY 1^{**} - \Delta XY 2^{**}] \cos \chi - H \sin \psi; \\ \Delta Y^{**} = -[\Delta XY 1^{**} + \Delta XY 2^{**}] \sin \chi - H \sin \varphi; \\ \Delta Z^{**} = \max\{\Delta Z 1^{**}, \Delta Z 2^{**}\} - H \cos \varphi. \end{array} \right. \quad (3.26)$$

Практичний приклад використання розробки виконано для завантаження прямокутної платформи ($G \times F = 1000 \times 1600$ мм) із модульним санблоком (рис. 3.3) до трюму через палубний виріз вертикально за допомогою 4-х талей на глибину 3 м [24]. Центр тяжіння разом із платформою штучно піднято над платформою на висоту $H = 0,8$ м. Обмеження на траєкторію платформи – 100 мм по горизонталі та вертикалі; максимальний кут нахилення у будь-якому напрямку – 20° . Із вихідних даних отримано:

$$\Delta X^{**} = \Delta Y^{**} = 0,1; \quad |\varphi^{**}| = |\psi^{**}| = \pi \left(\frac{20}{180} \right) = 0,35; \quad |\theta^{**}| = \pi \left(\frac{10}{180} \right) = 0,175;$$

$$\frac{G}{F} = 0,625; \quad \chi = \arctg\left(\frac{G}{F}\right) \cong 32^\circ; \quad l_1 = l_2 = \sqrt{1,000^2 + 1,600^2} = 1,889;$$

$$\alpha = \beta = \gamma = \delta = \alpha^{**} = \beta^{**} = \gamma^{**} = \delta^{**} = 0; \quad x = y = 0; \quad z = \text{var} = 5 \dots 0;$$

Підставивши вихідні параметри та координати базової точки у вираз (1) у системах координат S_{i-1} та S_i відповідно:

$$r_{i-1} = \begin{bmatrix} 0,1 \\ 0,1 \\ 0,01 \\ 1 \end{bmatrix}; r_i = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}. \quad \varphi = -0,28(\Delta a + \Delta b); \quad \psi = 0,45(\Delta a - \Delta b).$$

$$X = 0; Y = 0;$$

$$Z = 5 - \min \left\{ \left(\frac{\Delta a + \Delta c}{2} \right), \left(\frac{\Delta b + \Delta d}{2} \right) \right\}.$$

$$A_1 = A_2 = A_6 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

Розв'язавши систему рівнянь, отримані гранично допустимі зміни довжин підвісів: $\Delta a \leq 0,02$ м; $\Delta b \leq 0,24$ м.

Розроблені залежності базування модульних блокових кают при їх переміщенні всередині корпусу НПС дозволяє вирішувати задачі із допомогою матричного рівняння координат.

$$A_4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos[-0,28(\Delta a + \Delta b)] & \sin[-0,28(\Delta a + \Delta b)] & 0 \\ 0 & \sin[-0,28(\Delta a + \Delta b)] & \cos[-0,28(\Delta a + \Delta b)] & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$A_5 = \begin{bmatrix} \cos[0,45(\Delta a + \Delta b)] & \sin[0,45(\Delta a + \Delta b)] & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin[0,45(\Delta a + \Delta b)] & \cos[0,45(\Delta a + \Delta b)] & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Математичні залежності дозволяють визначити дійсне положення базових точок виробу, що переміщується у системі координат монтажного місця, а також визначити інтервали змінення підвісу платформи із розташуванням на ній виробу. Алгоритм дозволяє визначити параметри, які необхідно врахувати при проведенні вантажних та монтажних робіт із метою

запобігання можливості падіння виробів, що транспортуються. Вперше введено додаткову можливість урахування динамічних характеристик системи, які важливі при переміщенні важких та великогабаритних виробів.

В цілому розроблені рішення базування дозволяють більш швидко та чітко розробити технологічні схеми та вирішувати практичні задачі, пов'язані із транспортуванням та переміщенням суднових модульних елементів.

3.5 Дослідження можливості перенесення ізоляції із зовнішньої обшивки на елементи модульного захисту приміщень

Для умов виносної ізоляції в наш час не існує даних щодо обґрунтування та вибору товщини й типу ізоляційного матеріалу та їх температуро- та теплопровідності, особливо із створенням повітряної прошарки між елементами корпусу та виносного ізолювання. При встановленні на НПС виносної ізоляції повітряна прошара не може мати товщину більше 100 мм, а у зв'язку з цим вплив конвективних потоків у ній буде значно посилювати теплообмін.

Проте в літературі є приклади зменшення коефіцієнту теплопровідності ізоляції. Для зменшення коефіцієнту теплопровідності у ній передбачаються повітряні прошари через те, що повітря має низький коефіцієнт теплопровідності, який складає приблизно $0,025 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Проте це значення може бути отримане виключно у герметично закритих тонких прошарах. Через те, що на НПС із-за вібрації не може бути досягнута герметичність прошар, через них проходить повітря та через це існують сприятливі умови для конвективного теплообміну [110].

Конструктивне рішення перенесення ізоляції на елементи захисту наведено на рис. 3.7.

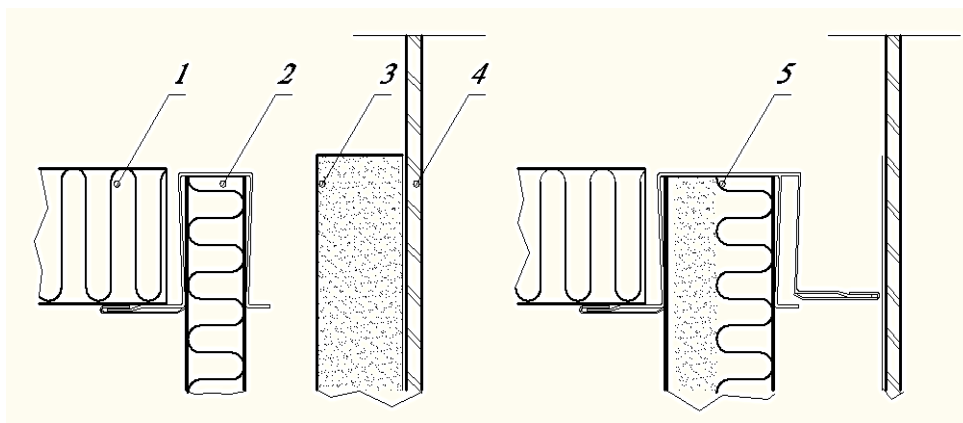


Рисунок 3.7 – Конструктивне розташування
теплової ізоляції у традиційному варіанті (ліворуч)
та варіанту, який пропонується

1 – панель підволоки; 2 – панель перебірки; 3 – ізоляційна
плита; 4 – обшивка надбудови; 5 – композитна панель із
мінеральним наповнювачем

Визначення товщини ізоляційного шару навіть для складної багатошарової конструкції не уявляє складності, якщо відомі коефіцієнти температуропровідності та теплопровідності матеріалів. При наявності повітряного шару процес температуропровідності ускладнюється процесами конвекції та променевого теплообміну.

Для ведення розрахунку процесів теплопередач умовно оцінити сумарний ефект трьох процесів передачі температури та теплоти може бути загальним.

Вільних рух потоку визначається величиною критерія Грасгова [67], що характеризує об'ємні теплові зусилля:

$$G_r = \frac{g \cdot L^3}{\nu^3} \cdot \beta \cdot |t_n - t|, \quad (3.27)$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення сили тяжіння;

L – визначний лінійний розмір елемента ізолювання, м;

ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості, $\text{м}^2/\text{с}$;

β – температурний коефіцієнт розширення середовища, $1/\text{К}$;

t – температура оточуючої середи на поверхні ізолювання, $^{\circ}\text{C}$;

t_n – температура стінки, $^{\circ}\text{C}$.

Величина критерію Прандтля P_r (критерій фізичних властивостей у процесі переносу температури) також створює вплив на розрахунок інтенсивності передачі температури та тепла у повітряній прошарці:

$$P_r = \frac{\mu \cdot C_p \cdot g \cdot 3600}{\lambda}, \quad (3.28)$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності середи, що омиває поверхню обшивки;

C_p – питома теплоємність при постійному тиску;

μ – коефіцієнт динамічної в'язкості середи.

Для панелей захиття перебірок та елементів формування приміщення (кожухи труб та електротрас) у діапазоні змінення $G_r \cdot P_r$ від 10^3 до 10^{19} (що відповідає ламінарному потоку середи):

$$N_U = 0,75 \cdot (G_r \cdot P_r)^{\frac{1}{4}} \times \left(\frac{P_{rn}}{P_{rcm}} \right)^{\frac{1}{4}}, \quad (3.29)$$

у діапазоні $G_r \cdot P_r > 10^9$ (що відповідає турбулентній течії):

$$N_U = 0,15 \cdot \sqrt[3]{(G_r \cdot P_r)} \times 4 \sqrt[4]{\left(\frac{P_{rn}}{P_{rcm}} \right)^{0,92}}. \quad (3.30)$$

Для газів із співвідношенням критеріїв P_r для потоку (P_{rn}) та для стінки (P_{rcm}) мало залежить від температури. Через це його можна прийняти рівним $P_r = 1,0$. Залежності (3.28) та (3.29) для розрахунку критерію конвективного теплообміну в умовах природньої конвекції при турбулентному режимі течії характерна тим, що коефіцієнт тепловіддачі не залежить від кількості теплоти.

Характер циркуляційного потоку у шарі середи та його інтенсивність, окрім різниці температур на поверхнях що обмежують шари, залежать виключно від форми та напрямку потоку тепла.

У зв'язку із тим, що розрахунок теплопередачі шару із середи, що циркулює необхідно вести у послідовному розрахунку теплопередачі багатошарової стінки; зведені дані теплопередачі шару доцільно навести у

вигляді залежності відношення еквівалентної теплопровідності потоку, що циркулює до звичайності теплопровідності шару:

$$\frac{q_{\text{цирк}}}{q_{\text{неподв}}} = \frac{\frac{\lambda_{\text{екв}}}{S} \times (T'_F - T''_F)}{\frac{\lambda}{S} \times (T'_F - T''_F)} = \frac{\lambda_{\text{екв}}}{\lambda},$$

де $q_{\text{цирк}}$, $q_{\text{неподв}}$ – теплові потоки середи що циркулює та нерухомої відповідно;

$\lambda_{\text{екв}}$ – еквівалентний коефіцієнт теплопровідності шару, враховуючий вплив конвекції;

λ – коефіцієнт теплопровідності нерухомого шару;

T'_F та T''_F – температура стінок, що обмежують шари газу.

У результаті узагальнення багатьох експериментальних даних [67] у дослідженні прийнято рішення використати залежність Німанна:

$$\frac{\lambda_{\text{екв}}}{\lambda} = 1 + \frac{A \cdot (G_r \cdot P_r)^n}{G_r \cdot P_r + B}, \quad (3.31)$$

де A , B , n – сталі числа, що залежать від конфігурації, шару та напрямку потоку; їх значення наведено у зведеній таблиці (табл. 3.9).

Таблиця 3.9 – Константи до залежності (3.31)

Конфігурація шару	Напрямок потоку повітря	A	$B \cdot 10^{-4}$	n
Коаксипальний циліндричний	Радіальне	0,119	1,45	1,27
Плоскопаралельний (горизонтальний)	знизу → догори	0,07	0,32	1,333
Плоскопаралельний під кутом 45°	знизу → догори	0,043	0,41	1,360
Плоскопаралельний під кутом 45°	згори → донизу	0,025	1,30	1,360

Як рекомендовано у [37] для прошарів, які заповнено непроточною (рідкою або газовою) середою, в яких при різних температурах обох стінок

виникають замкнуті циркуляційні токи, розрахунок теплопередачі елементів зашиття приміщень НПС доцільно вести за залежностями теплопровідності для твердої стінки за допомогою введення в ці залежності еквівалентного коефіцієнту теплопровідності прошари.

У даному дослідженні еквівалентний коефіцієнт при знехтуванні тепловіддачі випромінюванням від однієї стінки до іншої прийнято за залежністю [137]:

$$\lambda_{\text{екв}} = \varepsilon_K \cdot \lambda,$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності середи, що заповнює прошару при середній температурі;

$\varepsilon_K = f(G_r \cdot P_r)$ – коефіцієнт, що враховує вплив конвекції.

Згідно експериментальним даним доцільно прийняти наступні розрахункові залежності для отримання коефіцієнту конвекції ε_K :

$$a) \text{ при } 10^4 \leq G_r \cdot P_r \left(\frac{L_1}{L_2} \right)^k \times \left(\frac{d}{\delta} \right)^n \leq 10^7$$

$$\varepsilon_k = 0,062 \left[G_r \cdot P_r \left(\frac{L_1}{L_2} \right)^k \times \left(\frac{d}{\delta} \right)^n \right]^{\frac{1}{3}};$$

$$б) \text{ при } 10^7 \leq G_r \cdot P_r \left(\frac{L_1}{L_2} \right)^k \times \left(\frac{d}{\delta} \right)^n \leq 10^{10}$$

$$\varepsilon_k = 0,22 \left[G_r \cdot P_r \left(\frac{L_1}{L_2} \right)^k \times \left(\frac{d}{\delta} \right)^n \right]^{\frac{1}{4}}.$$

У цих залежностях:

δ – товщина шару, мм;

$\frac{L_1}{L_2}$ – відношення шляху конвективного потоку від нижньої кромки нагрівача

до зустрічі із охолоджувачем на цьому шляху;

$d = 2r$ – діаметр нагрівача, мм;

r – радіус нагрівача, мм.

Для площинних шарів – $K = 1$, для циліндричних – $K = 3$. У обох випадках $n = 0$. Для сферичних шарів – $K = 3$, $n = 1$.

Для призначення мінімально допустимої товщини ізоляції елементів захиття приміщень НПС що виключає випадання конденсату на її поверхню необхідно виконання умови [49]:

$$t_{iz} \geq t_p,$$

де t_{iz} – температура поверхні ізоляції, $^{\circ}\text{C}$;

t_p – температура точки роси для заданих умов, $^{\circ}\text{C}$.

Мінімальне значення товщини ізоляції елементів захиття приміщень при умові $t_{iz} = t_p$. Температура точки роси визначається по заданій (або прийнятій) величині температури $t_{зов}$ на вологості повітря φ у приміщенні у залежності від конкретного типу приміщення (службове, суспільне, житлове). Дані параметри наведено у Санітарних нормах і правилах для морських суден.

При встановленні декоративного захиття значення $t_{зов}$ раціонально зменшити на $3-5^{\circ}\text{C}$. Проте величину φ слід збільшити на 8-10%.

Характер процесів тепломасообміну у судновому приміщенні автор пропонує описати математично наступною системою залежностей [10]:

$$\begin{cases} (T_n \cdot p + 1)d_n = d_{np} + \frac{M_w}{G}; \\ (T_n \cdot p + 1,86 \cdot d_n + 1)t_n + (2500 + 1,86 \cdot t_n) \times (T_n \cdot p + 1)d_n = \\ = t_{np} + (2500 + 1,86 \cdot t_n)d_{np} + \frac{Q}{G}; \\ (T_u \cdot p + 1)U = P \cdot T; \end{cases} \quad (3.31)$$

де $T_n = \frac{\rho_n \cdot V_n}{G_n \cdot \rho}$ та T_u – сталі часу приміщення та вимірювального пристрою;

U – вихідна характеристика обчислюваного блоку;

$P \cdot T$ – величина текучого значення результуючої температури в приміщенні.

Перша залежність у системі (3.31) – рівняння масообміну, друге – рівняння теплообміну із вологим повітрям, третє – рівняння регулятора.

Таким чином структурна схема може бути наведена у вигляді паралельного з'єднання аперіодичних осередків по двом вихідним каналам (рис. 3.8).

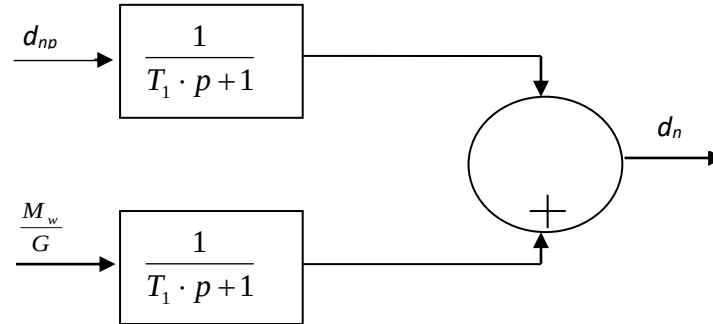


Рисунок 3.8 – Структурна схема процесу вологообміну у вигляді паралельного з'єднання аперіодичних ланцюгів по двом вхідним каналам

Рівняння масообміну описує залежність $d_n = f(d_{np})$ та

$$d_n(p) = W(p)d_{np}. \quad (3.32)$$

Для того, щоб вид передаточної функції перше рівняння системи (3.30) представлено наступним чином:

$$d_n = \frac{d_{np}}{T_n \cdot p + 1} + \frac{M_w}{G} \times \frac{1}{T_n \cdot p} + 1. \quad (3.33)$$

Шляхом математичного перетворення системи (3.31) отримано:

$$\begin{aligned} & (T_n \cdot p + 1,86 \cdot d + 1)t_n + (2500 + 1,86 \cdot t_n) \times (T_n \cdot p + 1)d_n = \\ & = t_{np} + (2500 + 1,86 \cdot t_n)d_{np} + \frac{Q}{G}; \\ & \frac{T_n \cdot p + 1,86 \cdot d + 1}{T_n \cdot p + 1} t_n + (2500 + 1,86 \cdot t_n) d_n = \\ & = \frac{t_{np}}{T_n \cdot p + 1} + \frac{(2500 + 1,86 \cdot t_n)d_{np}}{T_n \cdot p + 1} + \frac{\frac{Q}{G}}{T_n \cdot p + 1}; \\ & \frac{T_n \cdot p + 3,72 \cdot d + 1}{T_n \cdot p + 1} t_n + 2500 \cdot d_n = \\ & = \frac{t_{np}}{T_n \cdot p + 1} + \frac{2500 \cdot t_{np}}{T_n \cdot p + 1} + \frac{\frac{Q}{G}}{T_n \cdot p + 1}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \frac{T_n \quad p + 3,72 \quad d_n \quad 1,86 \quad d_{np} + 1}{T_n \quad p + 1} \quad t_n = \\
& = \frac{t_{np}}{T_n \quad p + 1} + \frac{2500 \quad d_{np}}{T_n \quad p + 1} + \frac{\frac{Q}{G}}{T_n \quad p + 1} \quad 2500 \quad d_n; \\
& t_n = \frac{1}{T_n \quad p + 3,72 \quad d_n \quad 1,86 \quad d_{np} + 1} \times \\
& \times \left(t_{np} + 2500 \quad d_{np} + \frac{Q}{G} \quad 2500 \quad d_n \quad T_n \quad p \quad 2500 \quad d_n \right).
\end{aligned}$$

Структурну схему теплообміну із вологим повітрям приміщення наведено на рис. 3.9.

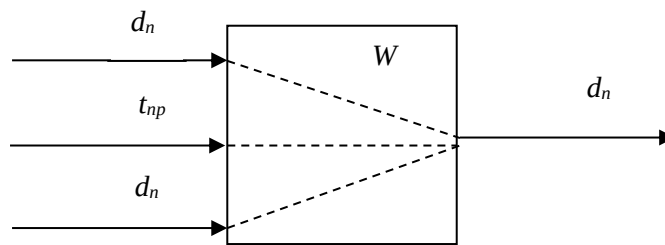


Рисунок 3.9 – Структурна схема теплообміну із вологим повітрям у приміщенні

Схема теплообміну у модульному приміщенні (рис. 3.10) складається з паралельного з'єднання пропорційних та диферентуючого ланок які пов'язані паралельно із аперіодичною ланкою та змінними коефіцієнтами.

Для обчислення передаточної функції із змінними параметрами виконане наступне:

1) передаточна функція у загальному вигляді представлена як:

$$W(p) = \frac{\sum_i b_i \cdot p^i}{\sum_i b_k \cdot p^k}; \quad (3.34)$$

2) перетворення передаточної функції здійснюється як:

$$W(p) = \frac{1}{A(p)} \cdot \sum_{i=m}^0 \frac{b_i \cdot p^i}{a_n}; \quad (3.35)$$

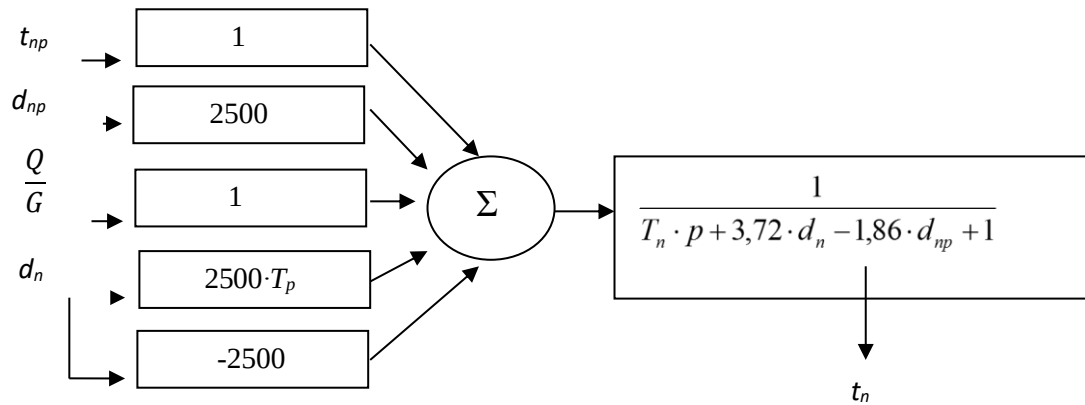


Рисунок 3.10 – Структурна схема процесу теплообміну у модульному приміщенні НПС

3) рівняння (3.30) відносно G розв'язується як:

$$G(p) = \frac{1}{A(p)}; \quad (3.36)$$

значення похідних якого визначаються на основі обчислення правих частин наступної системи диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{d\tau} = x_2; \\ \dots \\ \frac{dx_{n-1}}{d\tau} = x_n; \\ \frac{dx_n}{d\tau} = u - \sum_{i=1}^n \frac{a_{n-i}}{a_n} \cdot x_i; \end{cases} \quad (3.37)$$

де u – вхідна змінна;

x_i – перемінна стану;

4) значення вихідної перемінної визначено як

$$y(\tau) = \sum_{i=0}^m x_{i+1}(\tau) \frac{b_i}{a_n}. \quad (3.38)$$

Товщину ізоляції в цьому випадку доцільно розрахувати за залежністю [63]:

$$\sum \frac{S_i}{\lambda_i} = \frac{1}{\alpha_{\text{зов}}} \cdot \frac{t_{i3} - t_{\text{зов}}}{t_{\text{вн}} - t_{i3}} - \frac{1}{\alpha_H}, \quad (3.39)$$

де $\sum \frac{S_i}{\lambda_i}$ – сума мінімального значення термічного опору шарів ізоляційної конструкції;

i – порядковий номер шару ізоляції;

λ_i – порядковий номер шару ізоляції;

S_i – товщина окремих шарів ізоляції;

$t_{зov}$ – температура повітря у приміщенні (як відмічено раніше, у випадку ізолювання приміщення із зашиттям температура повітря у повітряній прошарці між ізоляцією та зашиттям приймається на $3-5^{\circ}\text{C}$ нижче за температуру у приміщенні);

$t_{зov}$ – температура атмосферного повітря та повітря у сусідньому приміщенні або заборотної води, $^{\circ}\text{C}$;

$\alpha_{зov}$, α_H – коефіцієнти тепловіддачі відповідно від зовнішньої обшивки корпусу або заборотної води та від сусіднього приміщення.

Розрахункові значення температури $t_{зov}$ та відносної вологості повітря ϕ у приміщеннях, а також температури зовнішнього повітря та заборотної води раціонально приймати у відповідності із ДСТУ Б В.2.5-14-99. При цьому для розрахунку ізоляції елементів модульного зашиття опалюємих приміщень слід приймати значення зимового періоду.

Значення коефіцієнтів тепловіддачі повітря всередині приміщення до поверхнею елементів зашиття $\alpha_{зov}$ та зовнішньої поверхні корпусу НПС до оточуючої середи α_H доцільно приймати рівними:

$$\alpha_{зov} = 8,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

α_H – для поверхонь, що омиваються зовнішнім повітрям, або повітрям, що міститься у легкому корпусі раціонально прийняти:

$$\alpha_H = 29 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Для поверхонь, які через обшивку контактують із забортною водою або із розхідними цистернами в яких періодично знаходиться рідина слід приймати $\alpha_H = \infty$.

Розрахункові значення мінімальних товщин ізоляції корпусу, при яких неможлива поява конденсату на її поверхні необхідно окремо розраховувати у залежності від коефіцієнту теплопровідності ізоляції, температури зовнішнього повітря та відносної вологості повітря.

Для більш точного визначення товщини ізоляції елементів модульного зашиття розрахунок слід вести за рівнянням (3.39) через те, що на основі вищенаведеного права частина рівняння – величина, що досить просто визначається. Розглянувши першу частину рівняння (3.39) для виносної ізоляції модульних елементів зашиття приміщень при наявності повітряної прошарки (рис. 3.11) отримано теоретичну залежність:

$$\sum \frac{S_i}{\lambda_i} = \frac{S_{nl}}{\lambda_{nl}} + \frac{S_n}{\lambda_n} + \frac{S_o}{\lambda_o} + \frac{S_{bn}}{\lambda_{ef}} + \frac{S_{iz}}{\lambda_{iz}} + \frac{S_{МП}}{\lambda_{МП}} + \frac{S_{ПК}}{\lambda_{ПК}} + \frac{S_3}{\lambda_3} + \frac{S_B}{\lambda_{B1}}, \quad (3.40)$$

де t_{HII} – температура зовнішньої поверхні, $^{\circ}\text{C}$;

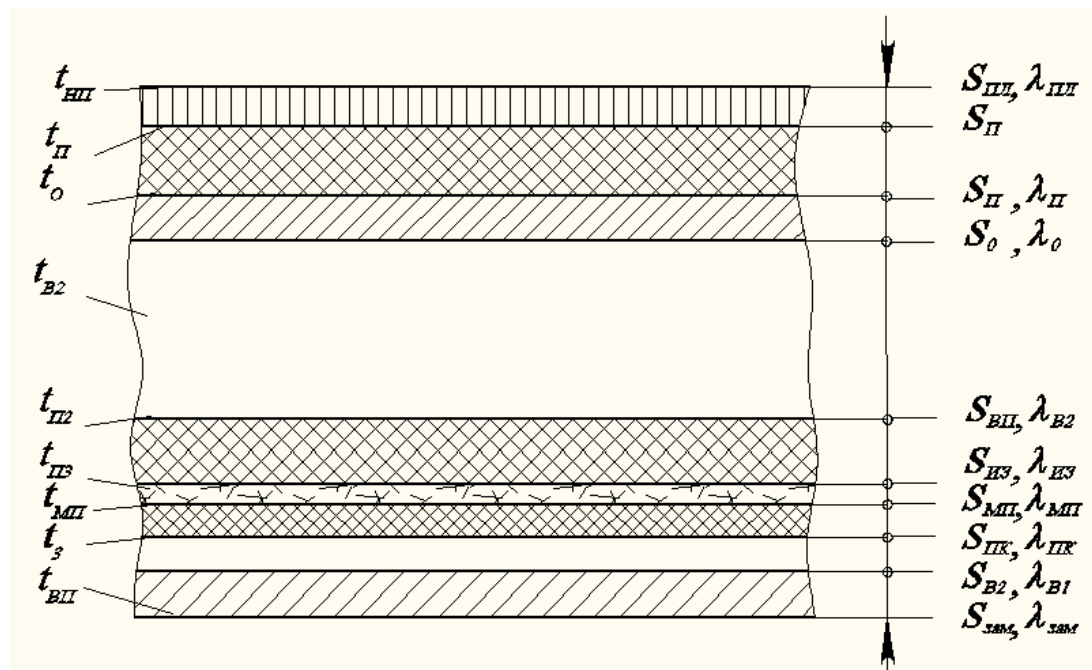


Рисунок 3.11 – Розрахункова схема ізоляції панелі зашиття

t_{II} – температура на поверхні мастичного покриття, $^{\circ}\text{C}$;

t_0 – температура на поверхні обшивки, $^{\circ}\text{C}$;

t_{B2} – температура повітряного простору, $^{\circ}\text{C}$;

t_{I2} – температура ізоляції на стороні повітряного простору, $^{\circ}\text{C}$;

t_{I3} – температура зовнішньої поверхні, $^{\circ}\text{C}$;

t_{MII} – температура на поверхні металопласта, $^{\circ}\text{C}$;

t_3 – температура на поверхні зашиття, $^{\circ}\text{C}$;

t_{BII} – температура на поверхні покриття, $^{\circ}\text{C}$;

S_{III} , λ_{III} – відповідно товщина (мм) та коефіцієнт теплопровідності плити (Вт/м·К);

S_{II} , λ_{II} – відповідно товщина (мм) та коефіцієнт теплопровідності мастичного покриття (Вт/м·К);

S_0 , λ_0 – відповідно товщина (мм) та коефіцієнт теплопровідності обшивки (Вт/м·К);

S_{B2} , λ_{B2} – відповідно товщина (мм) та коефіцієнт теплопровідності повітряного простору (Вт/м·К);

S_{IK} , λ_{IK} – відповідно товщина (мм) та коефіцієнт теплопровідності покриття (Вт/м·К);

S_{I3} , λ_{I3} – відповідно товщина (мм) та коефіцієнт теплопровідності ізоляції (Вт/м·К).

Товщина повітряної прошари S_{B2} та товщина шарів окрім ізоляції S_{I3} відомі за конструктивними даними встановлення модульних елементів в приміщенні. Коефіцієнти теплопровідності призначаються за довідковими даними.

Ефективний коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{E\Phi}$ для площинних повітряних прошарів доцільно розраховувати як:

$$\lambda_{E\Phi} = \lambda_{EK} + \alpha_{\lambda} \cdot S_{BII},$$

де λ_{EK} – еквівалентний коефіцієнт теплопровідності, що враховує вплив конвекції;

α_{λ} – коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням.

Еквівалентний коефіцієнт теплопровідності дорівнюватиме

$\lambda_{E\Phi} = \varepsilon_k \cdot \lambda_B$, де ε_k – коефіцієнт, який враховує вплив конвекції, λ_B – коефіцієнт теплопровідності повітря.

Коефіцієнт ε_k залежить від величини комплексного критерію $P_r \cdot G_r$. Якщо $P_r \cdot G_r \leq 1 \cdot 10^3$, то $\varepsilon_k = 1$, тобто вплив конвекції не враховується.

При значенні $P_r \cdot G_r > 1 \cdot 10^3$ площинних вертикальних та горизонтальних прошарок ε_k раціонально розрахувати за залежністю [63]:

$$\varepsilon_k = 0,18(P_r \cdot G_r)^{\frac{1}{4}},$$

таким чином:

$$\lambda_{EK} = 0,180,18(P_r \cdot G_r)^{\frac{1}{4}} \cdot \lambda_B.$$

Середнє значення температури повітря у прошарці t_B , при якій визначається величина λ_B знаходиться, як:

$$t_B = \frac{t_{n1} + t_{n2}}{2}.$$

Значення температур поверхонь t_{n1} та t_{n2} які обмежують поверхневу прошарку відомі з умов експлуатації плавзасобу. Таким чином після знаходження $\lambda_{E\Phi}$ у рівнянні (3.39) невідомим залишається тільки значення $S_{ИЗ}$.

У залежності від призначення приміщення розрахунок ізоляції можна вести по різному.

Схема 1. Приміщення що опалюються та кондиціонуються. Температура поверхні ізоляції $t_{из}$ повинна бути вище, ніж температура точки роси t_p для заданих умов, тобто температура повітря у приміщенні t_{BH} та відносною вологістю φ .

Схема 2. Приміщення омивається більше ніж із двох сторін. З метою зменшення холодного випромінювання перебірок (бортів) товщину ізоляційного шару необхідно збільшити на 10-20 мм у порівнянні із мінімальним розрахунковим (визначеним на основі заданої температури

точки роси t_p). При цьому для розрахунку ізоляції необхідно прийняти значення температури зимового періоду. Для плавучих споруд без системи кондиціонування значення відносної вологості повітря необхідно прийняти на 3-10% більше, ніж пропонують Санітарні норми для морських суден.

Схема 3. Для житлових приміщень окрім кают екіпажу які обладнано системами кондиціонування повітря, товщина ізоляції визначається заданим коефіцієнтом теплопередачі до поверхні, що ізолюється.

Схема 4. Товщина ізоляції приміщень плавучих споруд, які експлуатуються у північних широтах визначається виходячи із коефіцієнту температуропередачі K . Для розрахунку ізоляції житлових, службових та суспільних приміщень приймаються температури зимового часу.

Висновки за розділом 3

1. Вперше використавши метод перехідних матриць досліджено переміщення блок-кают всередині корпусу НПС складної форми. Отримано нові функціональні залежності позиціонування та переміщення кают під час добудовних робіт. Виконано контрольний розрахунок, який показав високу точність позиціонування блок-модуля при міжпалубному та горизонтальному переміщенні. Абсолютна похибка склала менше 1,2 м при вертикальному переміщенні та 0,24 м при горизонтальному переміщенні при існуючих допусках – 2,5 м на одиницю площі.

2. Удосконалено *прогресивну технологію* та ряд технологічних процесів розкрою металопласту для виготовлення елементів захиття приміщень, гнуття профілів кріплення, формування кают, комплексного монтажу кают що у 2,4...2,7 рази зменшує трудомісткість формування та опорядження приміщень несамохідної плавучої споруди у порівнянні із традиційною технологією.

3. Удосконалено технології формування суднових приміщень несамохідних суден шляхом перенесення виносної ізоляції із корпусних конструкцій на елементи захиття приміщень НПС, що дало змогу зменшити трудомісткість формування приміщень до 68% у порівнянні із традиційною технологією.

4. Отримав подальший розвиток метод формування та опорядження приміщень суден та інших плавучих споруд за рахунок раціоналізації призначення типорозмірів елементів захиття, що знижує витрати металопласту на 47%, а мінеральних наповнювачів на 30%.

Отримані результати представлено у публікаціях:

[24] Калнауз А. О., Терлич С. В. Математична модель позиціонування виробів суднового машинобудування в судноремонті та при переобладнанні

суден. Вісник ОДАБА. Вип. 63. 2016. С. 216-222. [Індексується в Google Shcolar].

[77] Слуцький М. Г., Терлич С. В. Розробка типоряду плавучих композитних доків для ремонту суден рибпромислового флоту. Рибне господарство України. 2008. Вип. 1. С. 13–14.

[95] Терлыч С. В., Шагиданов В. И. Модульное формирование помещений для несамоходных плавучих сооружений. Рибне господарство України. 2010. Вип. 6. С. 9–18.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Розрахунок економічного ефекту використання запропонованого типоряду зашивочних панелей

Для оцінювання економічного ефекту від використання модульних панелей запропонованого типоряду використано приклад зашиття 4-х двомісних кают команди плавучого композитного доку проекта 1760КР. Схеми зашиття наведено у таблиці 2.7.

У дослідженні складено планову калькуляцію витрат на зашиття приміщень в умовах цеху та проведено порівняльний аналіз із витратами за базовою технологією зашиття по місцю безпосередньо на плавучому доці. Використовувалися наступні статті калькуляції [43, 68]:

- 1) сировина та матеріали;
- 2) покупні комплектуючі вироби, напівфабрикати;
- 3) основна заробітна плата виробничих робочих;
- 4) додаткова заробітна плата виробничих робочих;
- 5) відрахування на соціальні виплати;
- 6) цехові витрати;
- 7) загальна цехова собівартість;
- 8) загальнозаводські витрати;
- 9) повна собівартість.

Складання планової калькуляції розпочато із визначення прямих витрат, тобто витрат на сировину, матеріали, покупні комплектуючі вироби, паливе та енергію для технологічних потреб, основну та додаткову заробітну плату виробничих робочих, нарахування на соціальне страхування [24].

Витрати, які пов'язані із використанням матеріальних ресурсів визначено у таблицях 4.1, 4.2. Вартість матеріалів прийнято за даними

офіційного сайту Маріупольського металургійного комбінату ім. Ілліча (<https://ilyichsteel.metinvestholding.com>).

Таблиця 4.1 – Розрахунок вартості матеріалу на виготовлення кріплень блок-кают

Найменування матеріалу	Марка, позначення	Одиниця виміру	Норма витрат		Вартість, грн.
			На одну каюту	На весь об'єм (із урахуванням міжперебірочних з'єднань та кожухів)	
Сталь	ВСт3сп4	кг	11	64	1020

Таблиця 4.2 – Розрахунок вартості матеріалу на приварення кріплень блок-кают

Найменування матеріалу	Марка, позначення	Одиниця виміру	Норма витрат		Вартість, грн.
			На одну каюту	На весь об'єм (із урахуванням міжперебірочних з'єднань та кожухів)	
Електроди	УОНИИ	кг	1,28	8,0	360

Витрати на основну заробітну плату визначено у залежності від системи оплати праці робітників [21], безпосередньо зайнятих виготовленням конкретного виду продукції. При договірній оплаті праці заробітна платня робочих розраховується як добуток трудомісткості, яка нормується (або запланованого об'єму продукції), на встановлені відрядні розцінки одиниці продукції, або нормо-годину [138]. До отриманої величини додано доплати за відрядно-преміальними системами оплати праці. Розрахунок основної заробітної плати виробничих робочих виконано за залежністю [23]:

$$Z_O = T \cdot C \cdot K_P, \quad (4.1)$$

де Z_O – основна заробітна плата виробничих робітників, грн.;

T – трудомісткість, нормо-годин;

C – середньогодинна тарифна ставка, грн.;

K_P – районний коефіцієнт (для даного виду робіт $K_P = 2,2$);

Загальнозаводські витрати включають в себе коштовність обслуговування засобів праці. Номенклатура за цією схемою прийнята наступна [21]: амортизація обладнання та транспортних засобів; експлуатація обладнання, текучий ремонт обладнання та транспортних засобів, переміщення вантажів по території підприємства, зношення малоцінних та швидкозношувальних інструментів та пристосувань, інші витрати.

Кінцева сума на загальновиробничі витрати розподіляються на одиницю продукції, як правило пропорційно кошторисної ставки або заробітній платні виробничих робочих у залежності від встановленого способу віднесення витрат.

До кошторису цехової вартості входять витрати на обслуговування цеху та його керування. Це заробітна плата апарату керування цехом; амортизація та витрати по утриманню та плановому ремонту будівель, споруд, інвентаря загально цехового призначення; витрати на заходи з охорони праці, раціоналізації та винахідності цехового характеру.

Після отримання усіх вищенаведених витрат для варіанту формування кают на плавучому доці виконано їх зведення у таблицю 4.3 та отримано собівартість.

Групування витрат за статтями калькуляції дає повну уяву про формування собівартості робіт з опорядження модульних кают в умовах доку. Собівартість операцій формування кают склала 597760 гривень. Під час технічних удосконалень та впровадження нових технологій отримано скорочення часу та економічний ефект, які наведено нижче. Типоряд зашивочних панелей замінюється з {300, 700, 900} на {800, 400+400}. Складання та формування кают переноситься із плавучого доку переноситься у добудівний цех.

Таблиця 4.3 – Групування витрат формування 4-х двомісних кают за статтями калькуляції на плавучому доці

№	Найменування статей витрат	Одиниця виміру	Загальні витрати
1	Сировина, матеріали, напівфабрикати	грн.	66400
2	Транспортно-заготівельні витрати за сировиною та матеріалами	грн.	2735
3	Транспортно-заготівельні витрати за сировиною та матеріалами	%	4,12
4	Трудомісткість робіт	нормо-годин	608
5	Основна заробітна платня	грн.	125990
6	Вартість 1 нормо-часу	грн.	94,2
7	Додаткова заробітна платня	грн.	48690
8	Додаткова заробітна платня	%	38,7
9	Відрахування до не бюджетних фондів	грн.	50310
10	Відрахування до не бюджетних фондів	%	28,8
11	Загальновиробничі витрати	грн.	303630
12	Загальновиробничі витрати	%	241
13	Взагалі по цеху власні витрати	грн.	528620
14	Загальноцехові витрати	грн.	597760

Дані за розрахунками заробітної плати та відрахувань у до небюджетних фондів зведено у таблицю 4.4. При аналізі двох наведених варіантів формування житлових кают до та після впровадження запропонованих технічних рішень отримано економію фінансових витрат.

Таблиця 4.4 – Групування витрат формування 4-х двомісних кают за статтями калькуляції в умовах цеху

№	Найменування статей витрат	Одиниця виміру	Загальні витрати
1	Сировина, матеріали, напівфабрикати	грн.	61985
2	Транспортно-заготівельні витрати за сировиною та матеріалами	грн.	2550
3	Транспортно-заготівельні витрати за сировиною та матеріалами	%	4,12
4	Трудомісткість робіт	нормо-годин	402
5	Основна заробітна платня	грн.	83200
6	Вартість 1 нормо-часу	грн.	94,1
7	Додаткова заробітна платня	грн.	32160
8	Додаткова заробітна платня	%	38,7
9	Відрахування до не бюджетних фондів	грн.	33200
10	Відрахування до не бюджетних фондів	%	28,8
11	Загальновиробничі витрати	грн.	200600
12	Загальновиробничі витрати	%	241
13	Взагалі по цеху власні витрати	грн.	350000
14	Загальноцехові витрати	грн.	41500

Далі у таблиці 4.5 виконано порівняльний аналіз операцій формування житлових кают до та після удосконалень, запропонованих у дисертаційному дослідженні.

Таблиця 4.5 – Розрахунок економічного ефекту перенесення робіт формування приміщень із плавзасобу до цеху

№	Найменування статей витрат	Одиниця виміру	Плавдок	Цех	Економія	
					грн.	%
1	Сировина, матеріали, напівфабрикати	грн.	66400	61985	-4415	6,6
2	Транспортно-заготівельні витрати за сировиною та матеріалами	грн.	2735	2550	-185	6,8
3	Трудомісткість робіт	нормо-годин	608	402	-206	33,9
4	Основна заробітна платня	грн.	125990	83200	-42790	34,0
5	Додаткова заробітна платня	грн.	48690	32160	-16530	33,9
6	Відрахування до не бюджетних фондів	грн.	50310	33200	-17110	34,0
7	Загальновиробничі витрати	грн.	303630	200600	-103030	33,9
8	Взагалі по цеху власні витрати	грн.	528620	350000	-178620	33,8
9	Загальноцехові витрати	грн.	597760	415000	-182760	30,6

За результатами розрахунку економічний ефект удосконалення модульного формування кают склав 183 тисячі гривень, що на 30,6% менше у порівнянні із традиційною технологією.

4.2 Прогнозування зменшення трудомісткості монтажу модульних кают за рахунок впроваджених технологій

Критерієм технологічності конструкції, який підтверджує правильність вибору конструктивної схеми формування зашиття житлового або службового приміщення може служити наступний коефіцієнт [111]:

$$K = \sum_{i=1}^n A_i \cdot k_i \leq 1 ; \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.2)$$

де n – кількість технологічних операцій, необхідних для монтажу суднового приміщення;

A_i – показник технологічності конкретного виду технологічної операції;

k_i – коефіцієнт вагомості технологічної операції.

Критерій матеріалоємності виражається залежністю:

$$M - \sum_{i=1}^m m_{ij} \cdot s_j \cong m_{\max} \quad (4.3)$$

де M – маса заготовок i -го елемента зашиття або формування приміщення;

m_{ij} – питома маса ij -го елемента;

s_j – погонна довжина (площа) стандартного елемента;

$m_{\max}$ – максимально припустимий коефіцієнт використання матеріалу, прийнятий аналітично використовуючи дані фірм-виробників елементів зашиття апроксимуючи їх по одній з методик визначення раціонального значення, описаних в [15, 137] застосовувши середовище електронних таблиць (*MS Excel*).

Технологічні й міцнісні особливості враховуються шляхом аналізу габаритів заготовок, їх пластичних і деформаційних властивостей (по каталогу виробника) і фактичною наявністю встаткування й робочого інструмента на суднобудівному підприємстві, яке буде виконувати операції по виготовленню та/або монтажу елементів зашиття приміщень. Характеристики міцності, такі, як момент опору профілю W або момент інерції I можуть бути нормовані за аналогією із критерієм маси (4.4) [77].

Для кожного варіанта зашиття приміщень повинна бути вирішене завдання визначення раціональних характеристик для несамохідного плавучого спорудження залежно від типу об'єктів, що обслуговуються, і капітальних вкладенні на його створення [77, 86, 88]. У даному комплексному підході раціональним призначається варіант створення ряду алгоритмів, кожний з яких може бути застосований до конкретного плавзасобу прийнявши за критерій собівартість:

$$K_{E_1} = \sum_{i=1}^m C_{B_i} \rightarrow \min, \quad (4.4)$$

де K_{E_1} – критерій ефективності по фактичній вартості (0,77...0,81);

C_{B_i} – вартість i -го елемента, грн.;

m – кількість однотипних елементів зашиття.

Використання зазначеного критерію ефективності веде до того, що завдання вирішене з найменшими первісними капітальними вкладеннями. Однак, оскільки для сучасного замовника не меншу роль при розміщенні замовлення відіграють експлуатаційні (ремонтні) витрати, у дослідженні була проаналізована й передбачена можливість раціоналізації мінімальних експлуатаційних витрат, які будуть зроблені за конкретний інтервал часу:

$$K_{E_2} = t \cdot \sum_{i=1}^m (C_i) \rightarrow \min. \quad (4.5)$$

де K_{E_2} – критерій ефективності по експлуатаційних витратах (0,79...0,83);

C_i – величина експлуатаційних витрат i -го елемента зашиття;

m – кількість однотипних елементів;

t – відрізок часу, за який оцінюються витрати (строк формування приміщень, застосовуючи модульні методи), годин.

Таким чином, удосконалена технологія зашиття приміщень може характеризуватися по кожному із цих критеріїв, але з метою забезпечення об'єктивності кращим є комплексний критерій раціоналізації:

$$K_E = K_{E_1} + \sum_{t_0=0}^t (K_{E_2}) \rightarrow \min, \quad (4.6)$$

де K_E – критерій ефективності (сумарний);

t – відрізок часу, за який оцінюються витрати.

Прогнозоване зниження трудомісткості робіт із зашиття й устаткуванню суднових приміщень застосовувавши результати дослідження розраховане в середовищі електронних таблиць MS Excel і презентовано у

вигляді діаграм на рис. 4.1, 4.2. При цьому для плавучих доків передбаченно розміщення екіпажу судна, яке докується [81].

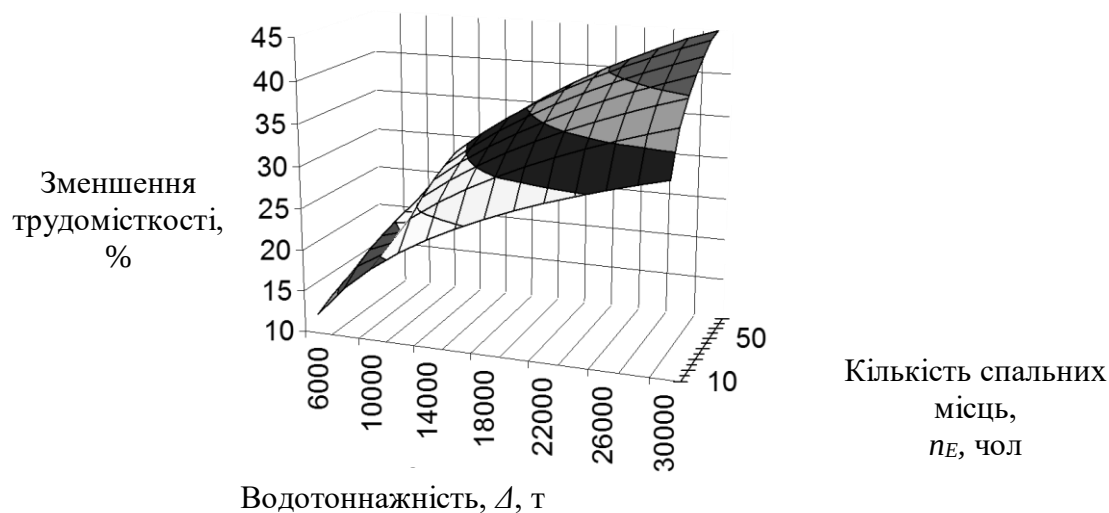


Рисунок 4.1 – Прогнозоване зниження трудомісткості для плавучих доків

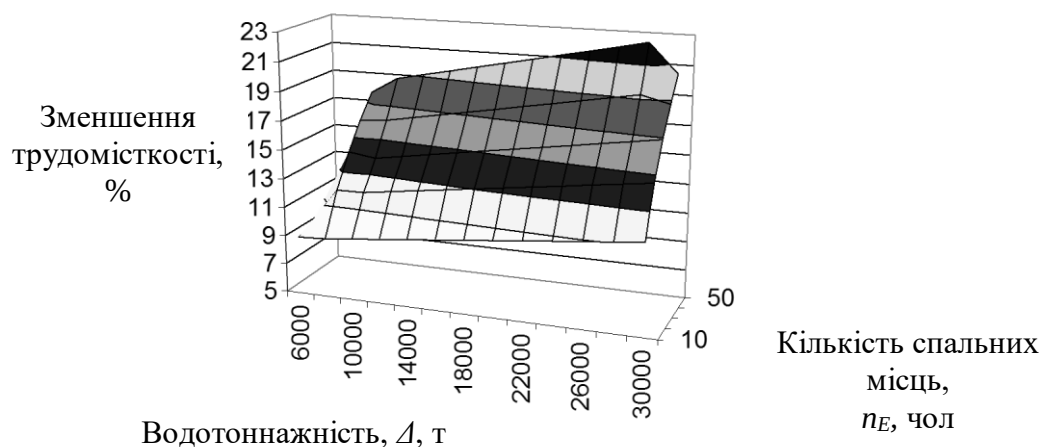


Рисунок 4.2 – Прогнозоване зниження трудомісткості для плавучих готелів та офісів

4.3 Розрахунок економічного ефекту перенесення ізоляції з обшивки на елементи модульного захиття суднових приміщень

Розрахунок виконано у відповідності із типовою методикою визначення ефективності використання у промисловості винаходів та раціоналізаторських пропозицій за залежністю [23]:

$$E = (C_B - C_{\Pi}) - K_E(K_{\Pi} - K_B), \quad (4.7)$$

де C_B та C_{Π} – відповідно собівартість базового та пропонує мого варіанту річного випуску продукції;

K_{Π} та K_B – капітальні вкладення у пропонує мий та базовий проект відповідно;

K_E – коефіцієнт нормативної активності.

Оскільки в конкретному випадку за рекомендаціями [21]:

$$K_{\Pi} = K_B$$

то річний ефект буде мати місце за рахунок змінення статей витрат собівартості, тобто:

$$E = C_B - C_{\Pi} = \delta C. \quad (4.8)$$

При існуючій системі захиття ізоляція наноситься на борта товщиною 100 мм (плавучий композитний док проекту 1760КР), а також вклеюється до оболонок модульних панелей товщиною 30 мм.

Разом товщина ізоляції складатиме : $100 + 30 = 130$ мм.

При виносній системі у дослідженні запропоновано ізоляцію із бортів прибрати за рахунок збільшення товщини ізоляції до 50 мм у модульних панелях із додатковим обклеюванням елементів кріплення панелей до несучої поверхні (бортів, перебірок).

В даному випадку економічний ефект буде мати місце за рахунок зменшення витрат ізоляційних матеріалів (мінеральна вата, наповнювач, плівка, клей, шайби), зменшення трудовитрат на виготовлення та монтаж пакетів, що наносяться виключно на поверхню зовнішньої обшивки бортів, а також за рахунок економії на умовно-постійній частині накладних витрат.

При цьому слід зазначити, що витрати ізоляційних матеріалів та трудовитрати на встановлення обичайок на бортовий набір однаковий із витратами матеріалів при щитовому методі зашиття.

Вихідні дані:

1) річна програма виготовлення модульних панелей, що встановлюються на борти та перебірки складає 236000 м^2 ;

2) поверхня бортів зовнішньої обшивки плавдоку, яка підлягає ізолюванню складає $\frac{1}{4}$ частину від всієї програми або 59000 м^2 ;

3) ізоляційний матеріал – мінеральна вата «Ізотерм-А» (ІМ-50);

4) коштовність 1 м^2 мінеральної вати (товщина $S = 12 \text{ мм}$) – 270 грн;

5) товщина ізоляції зовнішніх бортів – 100мм;

6) коефіцієнт використання мінеральної вати – 0,72;

7) ізоляція по бортах встановлюється пакетами;

8) витрати плівки на 1 м^2 ізоляційних пакетів – $2,6 \text{ м}^2$;

9) коштовність 1 кг плівки – 48 грн;

10) вага 1 м^2 плівки – 0,4 кг;

11) коштовність клею 88-СА та капронових стопорних шайб, що йдуть на 1 м^2 ізоляційних пакетів – 15 грн;

12) трудомісткість виготовлення 1 м^2 пакетів в умовах цеху – 0,305 нормо-годин;

13) трудомісткість монтажу 1 м^2 ізоляційних пакетів – 0,73 нормо-годин;

14) середньогодинна тарифна ставка ізолювальника – $a_{cp} = 120 \text{ грн./год.}$;

15) цехові накладні витрати ЦНВ – 340%;

16) заводські накладні витрати ЗНВ – 112%;

17) умовно-постійна частина цехових витрат – 40%.

Економія за матеріалами складатиме:

- за рахунок зменшення товщини ізоляції:

$$M_1 = (0,13 - 0,05) \cdot 59000 \cdot 270 = 1274 \text{ тис. грн.};$$

- за рахунок економії плівки:

$$M_2 = 59000 \cdot 2,6 \cdot 0,4 \cdot 48 = 2950 \text{ тис. грн.};$$

- за рахунок економії клею та капронових стопорних шайб:

$$M_3 = 59000 \cdot 15 = 885 \text{ тис. грн.}$$

Взагалі економія за матеріалами складатиме:

$$M = M_1 + M_2 + M_3 = 1274400 + 2950000 + 885000 = 5110 \text{ тис. грн.}$$

Зменшення трудовитрат за рахунок виготовлення та монтажу пакетів на зовнішню обшивку бортів складатиме:

$$\delta T = 59000 \cdot (0,305 + 7,73) = 474100 \text{ нормо-годин.}$$

Економія за основною заробітною платнею:

$$З = \delta T \cdot a_{cp} = 474100 \cdot 30 = 14220 \text{ тис. гривень.}$$

Економія на умовно-постійній частині накладених витрат:

- повна величина цехових накладних витрат складає 340% від заробітної платні, або:

$$ЦНР = \frac{340}{100} \times З = \frac{340}{100} \times 14220000 = 48350 \text{ тис. грн.}$$

Умовно-постійна частина ЦНР складає 40%, або:

$$48350000 \cdot 0,40 = 19340 \text{ тис. грн.}$$

Заводські витрати складають 112% від заробітної платні і дорівнюватимуть:

$$ЦЗР = \frac{112}{100} \times З = \frac{112}{100} \times 14220000 = 15930 \text{ тис. грн.}$$

Взагалі економія за умовно-постійною частиною накладних витрат складатиме:

$$УП = 19340000 + 15930000 = 35270 \text{ тис. гривень.}$$

Зменшення собівартості за змінними статтями витрат складатиме:

$$C = M + З + УП = 5110000 + 14220000 + 35270000 = 54600 \text{ тис. гривень.}$$

Висновки за розділом 4

Проведено порівняння вартості захиття приміщень для плавучого доку проекту 1760КР щитовим методом та із застосуванням ти порядку панелей, який пропонується у дослідженні. За отриманими даними вартість захиття щитами по місцю становить – 597760 грн. Вартість захиття модульними панелями за пропонуємим типорядом, які виготовлено в умовах цеху становить – 415000 грн що менше на 30,6% від традиційного формування приміщень НПС.

Наведено графічні залежності зменшення побудовної вартості плавзасобів при заміні щитового методу на виготовлення панелей за пропонуємим типорядом в умовах цеху.

Перенесення ізоляційних матеріалів із корпусних конструкцій на елементи захиття дає економію коштів більше ніж у 3,5 разів за рахунок зменшення витрат мінеральних наповнювачів та елементів їх кріплення.

Отримані результати представлено у публікаціях:

[77] Слуцький М. Г., Терлич С. В. Розробка типоряду плавучих композитних доків для ремонту суден рибпромислового флоту. Рибне господарство України. 2008. Вип. 1. С. 13–14.

[81] Терлич С. В., Слуцький М. Г. Використання модульної оббудови приміщень на композитних плавучих доках. Зб. наук. праць НУК. 2008. Вип. 2 (419). С. 45 – 48.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

У дисертаційній роботі представлено дослідження із удосконалення модульного формування приміщень для несамохідних плавучих споруд. На підставі отриманих результатів основні висновки полягають у наступному:

1. **Вперше** на основі комплексного аналізу ряду вітчизняних та закордонних модульних систем захиття приміщень НПС розроблено ефективний алгоритм раціоналізації, який забезпечує зменшення кількості модульних елементів, спрощення їх конструкції з урахуванням відповідних діючих стандартів. Визначено основні критерії оцінки якісно-кількісних показників захиття приміщень НПС.

2. **Вперше**, використовуючи методи будівельної механіки корабля та теорії пружності, отримано функціональні залежності між лінійними розмірами елементів захиття та силовими факторами (зовнішні навантаження та прогини), що зменшує час визначення вищеназваних показників до 3-х разів. За допомогою чисельних методів Якобі та Крилова визначено константи для знаходження чисельних значень для вищенаведених залежностей.

3. **Вперше** за допомогою методу нелінійного математичного програмування та методу визначення екстремумів створено та апробовано математичну модель призначення раціональних геометричних параметрів елементів модульного захиття приміщення НПС за умов мінімальних матеріальних та трудових витрат. За фактичними виробничими даними при зашиванні приміщень в умовах Херсонського державного заводу «Палада» цей показник складає 0,76 проти 0,84 при виготовленні панелей та елементів кріплення при використанні отриманих в роботі результатів. При цьому зменшуються витрати металопласту на 42...45%, мінеральних наповнювачів на 47...52% у порівнянні з традиційною технологією.

4. **Вперше** використавши метод перехідних матриць досліджено переміщення блок-кают всередині корпусу НПС складної форми. Отримано

нові функціональні залежності позиціонування та переміщення кают під час добудовних робіт. Виконано контрольний розрахунок, який показав високу точність позиціонування блок-модуля при міжпалубному та горизонтальному переміщенні. Абсолютна похибка склала менше 1,2 м при вертикальному переміщенні та 0,24 м при горизонтальному переміщенні при існуючих допусках – 2,5 м на одиницю площі.

5. **Удосконалено прогресивну технологію** та ряд технологічних процесів розкрою металопласту для виготовлення елементів захиття приміщень, гнуття профілів кріплення, формування кают, комплексного монтажу кают що у 2,4...2,7 рази зменшує трудомісткість формування та опорядження приміщень несамохідної плавучої споруди у порівнянні із традиційною технологією.

6. **Удосконалено технології формування суднових приміщень** несамохідних суден шляхом перенесення виносної ізоляції із корпусних конструкцій на елементи захиття приміщень НПС, що дало змогу зменшити трудомісткість формування приміщень до 68% у порівнянні із традиційною технологією.

7. **Отримав подальший розвиток** метод формування та опорядження приміщень суден та інших плавучих споруд за рахунок раціоналізації призначення типорозмірів елементів захиття, що знижує витрати металопласту на 47%, а мінеральних наповнювачів на 30%.

8. Порівняння вартості захиття приміщень для плавучого доку проекту 1760КР традиційним щитовим методом безпосередньо на НПС із застосованим у дослідженні модульним методом з розробленим типорядом модульних панелей (що виготовляються безпосередньо в цехових умовах), з використанням вартісного та розмірного аналізу за критеріями витрат будівельних матеріалів і технологічності конструкції, показало економію – 183 тисячі гривень, що складає 30,6% .

9. Результати проведених досліджень **впроваджені** в порядку дослідної експлуатації на Херсонському державному заводі «Палада» та

Херсонській верфі Smart Maritime Group, використовуються в навчальному процесі відповідно до навчальних планів освітніх ступенів бакалавра та магістра, а також виконанні наукових досліджень на рівні PhD зі спеціальності 135 «Суднобудування» за освітньо-професійними програмами «Суднокорпусобудування» та «Судноремонт та технічне обслуговування флоту» на кафедрі будівництва та ремонту суден Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Александров В. Л., Матлах А. П., Поляков В. И.: Борьба с вибрацией на судах / Под общей редакцией В.Л. Александрова. – СПб. – Мор Вест. – 2005. – 424 с., ил.
2. Апалько, Т. А. Особенности эволюционного совершенствования проектных характеристик сложной морской техники [Текст]/ Т. А. Апалько, Н. А. Демидов, Б. А. Царев, В. И. Шагиданов // Доклады секции №1 на «Круглом столе» по проблеме конкурентоспособности судостроительной промышленности. С-Пб. НТО судостроителей им. А.Н. Крылова, 2008, С. 21–23.
3. Бабяр, В. Н. Исследование и разработка безасбестовых мастичных композиционных материалов для обстройки судовых помещений: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : 05.08.04 / Николаев. кораблестроит. ин-т им. адм. С.О. Макарова. - Николаев, 1994. - 22 с.
4. Базаров, Б. М. Модульная технология в машиностроении [Текст] / Б. М. Базаров // М.: Машиностроение, 2001. – 235 с.
5. Бревнов, А. А. Тенденции и направления развития судостроения для отдыха, туризма, спорта / А. А. Бревнов // Економічні інновації: Зб. наук. пр. — Одеса: ІПРЕЕД НАН України, 2009. — Вип. 38. — С. 27–34.
6. Васильев, Г. А. Актуальные вопросы экологии жилых и служебных помещений [Текст] /Г. А. Васильев// Тезисы конференции «Нева-2001». – СПб.: ВАО ЛЕНЭКСПО, 2001. – С. 34–40.
7. Гайкович, Б. А. Тенденции архитектурных решений при проектировании перспективных малых кораблей [Текст] / Б. А. Гайкович, А. А. Кутенёв, М. А. Суров, В. И. Шагиданов, Б. А. Царев – Тр. науч.-техн. конфер. МОРИНТЕХ 99, НИЦ «Моринтех», 1999, с. 46–47.
8. Гарин, Э. Н. Поисковые методы в проектировании судовых конструкций, устройств и систем. Учебное пособие, СПбГМТУ, 2006. – 118 с.

9. ГОСТ 23894–79. Оборудование и отделка помещений [Текст].– Введ. 1980–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – (Рабочие конструкторские документы судостроительной верфи).

10. Гречко, В. В. Математична модель системи керування мікрокліматом населених суднових приміщень за комплексним показником комфортності [Текст] /В. В. Гречко, С. В. Терлич// Збірник наукових праць «Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві».– Одеса. – ОНПУ. – 2016. – с. 64–68.

11. Давыдова, С. В. Классификация и кодирование надстроек грузовых судов внутреннего плавания [Текст] /С. В. Давыдова // Тр. ГИИВТа. – Н.Новгород. – ГИИВТ. – 1991. – Вып. 261. – с. 101–112.

12. Давыдова, С. В. Постановка внешней задачи оптимизации настройки грузового судна [Текст] /С. В. Давыдова// Тр. ГИИВТа. – Н.Новгород. – ГИИВТ. – 1992. – Вып. 265. – с. 122–131.

13. Декларац. патент 9741 Україна, E02 B17/00. Спосіб створення штучного острова на мілководді багатоцільового призначення / Слущкий М. Г., Кривошеїн В. С. Заявл. 24.03.04; Опубл. 17.10.05. – К.: Промислова власність, 2005. – № 10, кн. 1 – С. 5–97.

14. Дронов, С. В. Многомерный статистический анализ / С. В. Дронов. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2003. – 213 с.

15. Дункан, В. Р. Керівництво з питань проектного менеджменту.– 2-е вид. перероб. / Пер. з англ.; Під ред. д-ра техн. наук С. Д. Бушуєва // Інститут проектного менеджменту США. – К.: Вид. дім «Ділова Україна», 2000. – 198 с.

16. Егоров, Г. В. Анализ современного рынка судостроения и перспектив его развития [Текст] /Г. В. Егоров// Труды НТК по СМК памяти акад. Ю.А. Шиманского. – СПб: Крыловский государственный научный центр, 2016. – С. 62-63.

17. Егоров, Г. В. «Линейка» служебно-вспомогательных и технических судов нового поколения [Текст] /Г. В. Егоров, Н. В. Автутов,

Д. В. Черников // Вісник ОНМУ. - Одеса: ОНМУ, 2017. – Вип.1 (50). – С. 26-54.

18. Егоров, Г. В. Судостроение Украины: настоящее и будущее [Текст] /Г. В. Егоров// Транспорт. – 2005. – № 13 (337). – С. 66 - 69.

19. Егоров, Г. В. Существующий и перспективный флот [Текст] /Г. В. Егоров// Морские вести России. – 2017. - N9. – С. 10-11.

20. Ефремов, Н. А. Опыт строительства судов с использованием элементов эксплуатировавшегося флота / Н. А. Ефремов, Г. В. Егоров // Речной транспорт. – 2005. – 25 С.

21. Журавлёв, В. А. Предлагаемая система определения и эффективного использования плановой трудоемкости при ремонте кораблей и судов [Текст] / В. А. Журавлёв, Н. Я. Калистратов // Технология судоремонта. – 1998. – №1. – С. 4-9.

22. Зайцева, Н. М. Способы оценки эффективности защитных мер [Текст] /Н. М. Зайцева, И. В. Юрин// Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні управляючі системи та технології (20-22 вересня 2016 р)».– Одеса. – «ВидавІнформ НУ ОМА». – С. 153-155.

23. Измайлов, И. А. Возможности создания круизных и многофункциональных судов путем переоборудования и модульного проектирования [Текст] / Измайлов И.А., Нооль В.А., Селезнёв А.А., Шагиданов В.И., Царёв Б.А. // Состояние и перспективы развития паромного, круизного и пассажирского судоходства. Труды ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. – С.Пб.: ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 2009. – С. 56-62.

24. Калнауз А. О., Терлич С. В. Математична модель позиціонування виробів суднового машинобудування в судноремонті та при переобладнанні суден. Вісник ОДАБА. Вип. 63. 2016. С. 216-222. Індексується в Google Shcolar.Киричук, К. В. Черноморский регион на пороге возрождения судоходства [Текст] / К. В. Киричук // Судоходство. – 2000. – №6. – С.1-2.

25. Ключов, В. А. Блочно-комплектное оборудование в модульном исполнении / В. А. Ключов, В. Г. Крылов, А. П. Шишкин // Газовая

промышленность. – 2006. – № 4. – С. 58-59.

26. Ковальский, Л. А. Модульная обстройка помещений на плавучих кранах [Текст] / Л. А. Ковальский – Судостроение, 1986, №6, С. 39.

27. Козляков, В. В. Обоснование ограничений при эксплуатации стареющих плавучих доков [Текст] / В. В. Козляков, Б. Н. Станков // 36. наук. праць УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 2000. - №5(371). – С. 7-19.

28. Коледова, Т. А. Анализ изменений мирового рынка судостроительной продукции [Текст]/ Т. А. Коледова // журнал «Судостроение», №3(772). – 2007. – С. 45-49.

29. Коликов, К. Н. Опыт использования метода модульного строительства при создании санпропускников на территории ПВХ ОЯТ и РАО в губе Андреева [Текст] / К.Н. Куликов, И.И. Кабанов, Ю.С. Журавлев, А.С. Колесников // Вопросы утилизации АПЛ. – М., 2007. – № 3 (14). – С. 38-43.

30. Консолидированный текст конвенции СОЛАС-74. – С.Пб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2001. – Глава II-2. – Бюллетень № 1 изменений и дополнений. – 391 с.

31. Консаров, А. И. Значение количественных интервалов проектных характеристик корабля при оценке эволюционных тенденций [Текст] / А. И. Консаров, Б. А. Царев, В. И. Шагиданов // Сборник тезисов докладов Межвузовской конференции. С-Пб, ВМИИ, 2000 г. – с. 83-84.

32. Конструктивная система для облицовки и секционирования помещений. Пат. ГДР № 210240 МКИ В63 В29/02. Пер.№174010 // Каталог переводов описаний изобретений к патентам. – 1986. - №10.

33. «Концепція Загальнодержавної цільової програми розвитку кораблебудування за період до 2035 року», затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 6 травня 2009 року №671-р [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/671-2009-%D1%80>

34. Корчевская, Н. М. Бескаркасные системы зашивки судовых помещений в зарубежном судостроении / Н.М. Корчевская, А. А. Мильто // 36. науч. праць УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. - №4(370). – С.17–20.

35. Корчевская, Н. М. К вопросу о модульных методах оббудоу судовых помещений / Н. М. Корчевская, А. А. Мильто// 36. Наук. праць УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – №8(386). – С.17–30.

36. Лобастов, В. А. Модульное формирование парка несамоходного флота для бассейнов европейской части России / В. А. Лобастов, К. В. Сверчков // Речной транспорт XXI век. – 2007. - № 2.- с. 67-69.

37. Ломаковский, Ю. П. Пути повышения технологичности конструкции однорядной модульной системы зашивки судовых помещений / Ю. П. Ломаковский, В. В. Щедролосев, А. В. Щедролосев// Академия наук УССР. Южный научный центр. Материалы выступления на научно-практической конференции. Херсон 1990. – С. 45-48.

38. Любимова, Н. Е. Экологическое значение исследований, связанных с обеспечением безопасности экипажей судов при наличии неблагоприятных факторов риска [Текст] /Н. Е. Любимова, В. И. Шагиданов// Труды десятой всероссийской научно-практической конференции, том 4 «Актуальные проблемы защиты и безопасности», Российская Академия Ракетных и Артиллерийских Наук. С-Пб. – 2007 г. – с. 168–171.

39. Мильто, А. А. Модульные методы формирования и отделки судовых помещений / Мильто А.А. // Проблемы механизации, автоматизации и применения промышленных роботов, гибких автоматизированных производств и цифровой вычислительной техники в судостроении. Доклад на симпозиуме специалистов судостроения ГДР и СССР (Росток, 1986) – Л.:ЦНИИТС.-1986. – с. 98-101.

40. Мишутин, А. В. Железобетонные плавучие сооружения и перспективы их использования [Текст] /А. В. Мишутин // Вісник ОДАБА.– Одеса: «Астропрінт», 2002. – №6. – С. 181-187.

41. Михайлова, Е. В. Исследование основных параметров модульно-групповой технологии механизированного производства узлов корпуса судна: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : 05.08.04 / Центр. НИИ технологии судостроения. - СПб., 1996. - 27 с. - Библиогр.: с. 26-27.

42. Морозов, А. С. Численные исследования коэффициента взаимодействия материалов контактных элементов с материалами корпусных конструкций [Текст] А. С. Морозов, А. В. Руденко // Сборник докладов. Проблемы корабельного машиностроения. – Выпуск 3. – Северодвинск, 2004. – 76–78 с.

43. «Морська доктрина України на період до 2035 року», затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 7 жовтня 2009 року №1307 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1307-2009-%D0%BF>

44. Мохов, А. Г. Проектирование объектов морской техники с использованием методик теории изобретательских задач и функционально-стоимостного анализа: формулирование концепции и задания [Текст] / А. Г. Мохов // Морской вестник. – СПб.: 2002. – № 3(3). – С. 91-98.

45. Муравьев, Е. К. Архитектурное проектирование судов. Некоторые вопросы развития [Текст] /Е. К. Муравьев // Судостроительная промышленность. Серия «Архитектура и художественное конструирование». – Л.: ЦНИИ «Румб». - №1. - 1986.– с. 23-29.

46. Нейман, В. М. Функциональный подход к моделированию организационно-технологической подготовки производства в судостроении [Текст] /В. М. Нейман// Рыбное хозяйство Украины. Специальный выпуск «Морские технологии: проблемы и решения - 2004»– Керчь: КМТИ, 2004, - № 7. – С. 8-11.

47. Новошицкий, А. В. Изготовление тонкостенных профилей гибкой с продольным растяжением [Текст] /А. В. Новошицкий// Зб. наук. Праць УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 2003. – № 3 (389). – С. 81–86.

48. Огнестойкая зашивка судового помещения Андросенко О.Н., Кравченко Е.И., Хаванов В.А. патент на изобретение РФ Федеральное государственное унитарное предприятие Научно-исследовательское проектно-технологическое бюро "Онега" МПК В63В3/68, №71317. заявл. 30.10.2007 № 2007140274/22, опубл. 10.03.2008.

49. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Текст] : НПБ 105-03: утв. приказом МЧС России 18.06.2003 : ввод. в действие с 01.08.2003. – М : ГУГПС и ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. – 22 с.

50. ОСТ5.9915-83 «Изоляция тепловая судовых помещений. Типовой технологический процесс».

51. ОСТ5Р.3166—2010 Мебель судовая и интерьеры жилых и общественных помещений судов. Эргономические и эстетические требования и нормы проектирования.

52. ОСТВ5Р.0736–2001. Проектные конструкторские документы. Состав, содержание и правила выполнения материалов архитектурной части проектов [Текст]. – Взамен РДВ5Р.0237–77, РД5Р.0055–81 в части объектов военно-морской техники ; введ. 2002–06–01. – СПб. : НИИ «Лот» ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова», 2001. – (Корабли и суда ВМФ).

53. Патент на изобретение №2105695, Российская Федерация, МПК В63В29/02, В63В3/56 . Зашивка судового помещения / Гервидз В.А., Блинков Л.М., Левшаков В. М., Сидоров И. П., Горбач В. Д.; Центральный научно-исследовательский институт технологии судостроения. – Заявл. 20.02.1996; Опубл. 27.02.1998.

54. Патент на изобретение СССР. Узел крепления зашивки подволока судового помещения. Енгальчев Е. Н, Слижевский С. Н., Босый В. Д. а.с.1171397, СССР. Заявл. 13.02.84, № 3701933/27-11, опубл. в Б.И., 1983, №29. МКИ В63 В3/68.

55. Плахов, Н. Н. Совершенствование обитаемости надводных кораблей в зарубежном и отечественном кораблестроении Аналитический

обзор. [Текст] / Н. Н. Плахов// СПб. – 1 ЦНИИ МО РФ. Вып. 10. – 1998 . – 21 с.

56. Правила классификации и постройки морских судов. Российский Морской Регистр Судоходства. – С.Пб.: РМРС, 2018.

57. Проектирование судовых помещений транспортных судов: Учеб. пособие/ В.В. Князьков; Нижегород. гос. техн. ун-т. Нижний Новгород, 2002. – 78 с.

58. Проектирование, технология и организация строительства композитных плавучих доков [Текст] : монография / А. С. Рашковский, Н. Г. Слуцкий, В. Н. Коннов, А. В. Щедролосев, А. Н. Узлов. – Николаев : РАЛ-полиграфия, 2008. – 614 с.

59. Подволоок судового помещения. Босый В. Д., Волошко В. В., Кузьмишин Н. А., Ткаченко А. А. Авторское свидетельство 992302. СССР. Заявл. 23,09,81, №3337901/27-11, опубл. в Б.И., 1983, №4.

60. Прошин, И. А. Структурно-параметрический синтез математических моделей объектов исследования по экспериментальным данным / И. А. Прошин, Д. А. Прошин, Р. Д. Прошина // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. Астрахань: АГТУ, 2009. – №1. – с.110-115.

61. Разработка базы данных электронных 3D моделей судовой мебели [Текст]: отчёт об ОКР (заключительный) : ЯНМИ.0435.007 / ОАО «НИПТБ «Онега» ; рук. Васильев А. В. ; исполн.: Елисеев А. Н. [и др.]. — Северодвинск, 2008. — 42 с.

62. Рашковский, А. С. Анализ технологических особенностей изоляции для конструктивной противопожарной защиты судов и других плаучих сооружений / А. С. Рашковский, А. А. Мильто, В. Ф. Маломан // 3б. наук. праць НУК. – Миколаїв: УДМТУ, 2005. - №5(404). – С. 168-177.

63. РД 5.0314-81 «Изоляционные работы в судостроении и судоремонте. Требования безопасности».

64. Рашковский, А. С. Инновационные технологии в строительстве композитных плавучих доков [Текст]/ А. С. Рашковский, Д. В. Ермаков // 36. наук. праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2013. – № 1. – С. 100–104.

65. Рашковский, А. С. Совершенствование расчета прочности железобетонного понтона композитного плавучего дока / А. С. Рашковский, Л. И. Коростылев, Д. В. Ермаков // Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування. - 2014. - № 5. - С. 27-36. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpnuk_2014_5_7.

66. Рашковский, А. С. Специфика пожарной опасности в судостроении [Текст] /А. С. Рашковский, Н. И. Поступальский// Тезисы докладов на III международной научно-технической конференции «Живучесть корабля и безопасность на море». – Севастополь: Севастопольский военно-морской институт им. П.С. Нахимова, 2005. – С. 19-21.

67. Рижков, С. С. Звіт ректора Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова за 2008-2013 р.р. – Миколаїв: НУК, 2013. – 220 с.

68. Савинов, Г. В. Оптимизационные математические модели проектирования судов и пути совершенствования методологии их анализа [Текст] /Г. В. Савинов, Б. А. Царев // Морской журнал , 2000 г., № 2, – с. 40-45.

69. Салыкин, О. М. Корабельная мебель, стандартизация и каталогизация в рамках государственного оборонного заказа / О.М. Салыкин, О. Н. Андросенко, В. А. Хаванов, Н. Н. Плахов // Технология судоремонта. – Спецвыпуск. – 2009. – С. 22-24.

70. Селиверстов, К. Л. Моделирование подсистем функционального комплекса технических средств обеспечения обитаемости корабля на ранних стадиях проектирования. Подсистема водоснабжения / К. Л. Селиверстов, О. П. Серафимович, А. С. Козлов // Результаты Всероссийской научно-практической конференция, посвященной 200-летию образования Училища

Корабельной Архитектуры – Высшего военно-морского инженерного училища имени Ф. Э. Дзержинского. – Спб: ВМИИ, 1998. – С. 101-106.

71. Слижевский С. Н. Конструктивно-технологические особенности модульного формирования судовых помещений в системе М50 /С. Н. Слижевский, А. А. Мильто // 36. наук. праць УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ, 2000. – №4(370). – С. 26-30.

72. Слуцкий, Н. Г. Модульное формирование композитных плавучих доков большой подъемной силы [Текст]/ Слуцкий Н.Г., Коннов В.Н., Рашковский А.С. //Materialy II miedzynarodowej naukowii-praktycznej konferencji «Perspektywiczne opracowania nauki i techniki - 2007»/ Tym 10. Techniczne nauki/ - Przemysl: Nauka I studia, 2007. – str. 31-34.

73. Слуцкий, Н. Г. Особенности проектирования и строительства композитных плавучих доков большой подъемной силы [Текст] / Н. Г. Слуцкий, В. Н. Коннов, А. С. Рашковский // Безопасность мореплавания и ее обеспечение при проектировании и постройке судов : матер. Междунар. науч.-техн. конф. – Николаев : НУК, 2007. – С. 9–11.

74. Слуцкий, Н. Г. «Палада». Новые горизонты прежней специализации Н. Г. Слуцкий // Судостроение и судоремонт. – Одесса: 2006. - №8. – С. 8-9.

75. Слуцкий, Н. Г. Разработка математической модели процесса строительства судов и композитных плавучих сооружений [Текст] / Н. Г. Слуцкий // 36. Наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2005. - №1(400). – С.74–81.

76. Слуцкий, М. Г. Розробка типоряду плавучих композитних доків для ремонту суден рибпромислового флоту [Текст] / М. Г. Слуцкий, С. В. Терлич // Рибне господарство України – Рыбное хозяйство Украины – Fishing industry of Ukraine : научно–производственный журнал. – 2008. – N 1. – С. 13–14.

77. Слуцкий, Н. Г. Экономическая эффективность строительства и эксплуатации композитных плавучих доков большой подъемной силы

[Текст] / Н. Г. Слущкий, А. С. Рашковский, Д. В. Ермаков // Економіка: проблеми теорії та практики : зб. наук. праць. – Д. : ДНУ, 2007. – Вип. 232, т. III. – С. 614–621.

78. Стадник, М. М. Напружено-деформівний стан пластини з тріщиною при двовісному розтягуванні [Текст]/ М. М. Стадник // Зб. наук.-техн. Праць НЛТУУ. - Львів: НЛТУУ України, 2007. вип. 17.1 С. 291-296.

79. Судовое помещение модульной конструкции. Михеев В. В., Волошко В. В., Ткаченко В. А. авт. св. СССР, Кл В 63 В 3/68, № 988651, заявл. 03.06.81 № 3305013/27, опубл. В Б.И., 1983 №2 МКИ В63 В29/02.

80. Судовое помещение. Босый В. Д., Видин И. П., Ткаченко В. А., Мильто А. А., Марков А. А. а.с. 998213, СССР. Заявлено 13.05.81, № 3295699/27-11, опубликовано в Б.И.. 1983, №7. МКИ В63 В 3/68, В63 В 29/02.

81. Терлич, С. В. Використання модульної оббудови приміщень на композитних плавучих доках [Текст] / С.В. Терлич, М.Г. Слущкий // Зб. наук. праць НУК. – 2008. – № 2 (419). – С. 45 – 48.

82. Терлич, С. В. До питання компанування обладнання приміщень плавучих споруд з використанням модульних технологій / Терлич С.В., Шагиданов В.І. // Рибне господарство України . – Керч: КГМТУ. –2011. – №4. – С. 32–44.

83. Терлич, С. В. Особливості дизайну суднових меблів для несамохідних плавучих споруд [Текст] / Терлич С.В. // Збірник науково-технічних праць. – Львів: НЛТУУ. – 2007. Вип. 17.1. – С. 130–133.

84. Терлич, С. В. Аналіз сучасних безкаркасних систем захисту приміщень в судно– та докобудуванні [Текст] /С.В. Терлич// Вісник Національного технічного університету «ХП». Збірник наукових праць. Серія: Механіко–технологічні системи та комплекси. – Харків: НТУ «ХП» – 2016р. – No4(1176). – С. 79-84.

85. Терлич, С. В. Використання модульної оббудови приміщень на композитних плавучих доках [Текст] / С.В. Терлич, М.Г. Слуцький // 36. наук. праць НУК. – 2008. – № 2 (419). – С. 45 – 48.

86. Терлич, С. В. Математическая модель разметки и раскроя металлопласта с применением САПР [Текст] /С.В. Терлыч, А.А. Калнауз, В.В. Гречко // Донбас 2020: перспективи розвитку очима молодих вчених: VIII Міжнародний науково-практичний форум 31 травня – 1 червня 2016 р. – Красноармійськ: ДонНТУ, 2016. – с. 172-174

87. Терлич, С. В. Оцінка рівня якості формування приміщень несамохідних плавучих споруд [Текст] / С.В. Терлич // Международная научная конференция MicroCAD : Секція № 4 – Фундаментальні та прикладні проблеми транспортного машинобудування – НТУ "ХПИ", 2011. – с. 196.

88. Терлич, С. В. Проблемы модульного формування приміщень на несамохідних плавучих спорудах [Текст] / Терлич С.В. // Автоматизация судостроительного производства и подготовка инженерных кадров: состояние, проблемы, перспективы: материалы Международной научно–методической конференции. – Николаев. – НУК, 2007. – С. 115–117.

89. Терлич, С. В. Розмірний та конструктивний аналіз приміщень на плавдоках [Текст] / С.В. Терлич // Вісник СевНТУ. Механіка. Енергетика. Екологія. – 2008– № 88. – С. 52–55.

90. Терлыч, С. В. Технологические особенности гибки тонкостенных композитных оболочек [Текст] /С. В. Терлыч// Труды Международной научно-практической конференции "Транспорт-2015". – ФГБОУ ВПо «Ростовский государственный университет путей сообщения». 2015. – Издательство: Ростовский государственный университет путей сообщения (Ростов-на-Дону). – с. 219-220.

91. Терлыч, С. В. Методика автоматизированного параметрического проектирования конструкций элементов зашивки помещений для несамоходных плавучих сооружений [Текст] / С. В. Терлыч// Науковий

вісник ХДМІ. – Херсон. – ХДМІ. – №1(2). – 2010. – с. 105-113.

92. Терлыч, С. В. Перспективы проектирования плавучих ремонтных доков для мало- и среднетоннажной сложной морской техники /С. В. Терлыч// VII Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Освітньо-наукове забезпечення діяльності правоохоронних органів і військових формувань України» (21 листопада 2014 р.). Хмельницький: Національна академія Державної прикордонної служби України ім. Б. Хмельницького. – 2014. – с. 141.

93. Терлыч, С. В. Методика автоматизированного параметрического проектирования конструкций элементов зашивки помещений для несамоходных плавучих сооружений [Текст] / С. В. Терлыч// Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010)». – Херсон. – ХДМІ. – 2010. – с. 265-270.

94. Терлыч, С. В. Модульное формирование помещений для несамоходных плавучих сооружений [Текст] / С. В. Терлыч, В. И. Шагиданов // Рибне господарство України = Рыбное хозяйство Украины = Fishing industry of Ukraine : научно–производственный журнал. – 2010. – № 6. – С. 9–18.

95. Терлыч, С. В. Определение динамических параметров элементов модульного формирования помещений для несамоходных плавучих сооружений [Текст] / Терлыч С.В. // Результаты VI Международной научной конференции «Прочность и разрушение материалов и конструкций».– Оренбург: ОГУ. – 2010. – С. 338–343.

96. Турмов, Г. П. Обитаемость корабля [Текст] / Г. П. Турмов, Ю.Н. Павлюченко // Морской сборник. – 1984. – № 8. – С. 68–70.

97. Узел крепления панелей зашивки судовых помещений к каркасу. Мильто А. А., Криволапов А. В., Ткаченко В. А., Волошко В. В. авт. св. СССР, Кл В 63 В 3/68, № 770914, заявл. 12.12.78 № 2659572, опубл. 15.10.80.

98. Управление проектами: учеб. пособие для студентов вузов / И. И. Мазур, В. Д. Шапиро, Н. Г. Ольдерогге, А. В. Полковников ; под общ. ред. И. И. Мазура, В. Д. Шапиро. - 10-е изд., стер. - М.: Омега-Л, 2014. - 960 с.

99. Управление проектом корпоративной информационной системы предприятия: учебное пособие для студ. вузов / А. Е. Сатунина, Л. А. Сысоева. - М.: Финансы и статистика: ИНФРА-М, 2015. - 352 с.

100. Устройство для крепления панелей зашивы судового помещения. Вольвач А. Е., Ивахнов Г. Е., Воронков Г. В. а.с. 1248884. СССР. Заявл. 9.01.83, № 3836811/27-11, опубл. В Б.И., 1986, №29. МКИ В63 В3/68.

101. Хаванов, В. А. Перспективы развития компоновки и оборудования жилой зоны корабля [Текст] / В. А. Хаванов, О. Н. Андросенко, А. В. Смуров // Труды ОАО «НИПТБ «Онега». Конструкторские разработки. Выпуск 7 / ОАО «НИПТБ Онега». – Северодвинск, 2012. – 88 с.

102. Царев, Б. А. Модульные задачи в проектировании судов : Учеб. пособие. — Л.: Изд-во ЛКИ, 1986. — 96 с..

103. Царев, Б. А. Проблема модульного формирования помещений и оборудования при проектировании кораблей [Текст]/ Б. А. Царёв, В. И. Шагиданов, Б. А. Гайкович, М. А. Суров, Д. А. Еркович // Труды всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 200-летию образования высшего военно-морского инженерного училища имени Ф.Э. Дзержинского. – С-Пб. – 1998. – с. 90-94.

104. Шагиданов, В. И. Модульное формирование помещений судов для охраны экономических зон и их оборудование /В. И. Шагиданов // Спб. – сорской Вестник, 2007, №1, март – с. 26-31.

105. Шагиданов, В. И. Проектное обоснование характеристик судов для охраны экономических зон и исследования океана / В. И. Шагиданов // Сборник докладов международного семинара «Суда будущего», НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова, С-Пб., 2007 г., с. 60-63.

106. Шагиданов, В. И. Этапы совершенствования теории проектирования кораблей [Текст]/ В.И. Шагиданов // Сборник тезисов докладов межвузовской конференции, С-Пб.: ВМИИ, 2002 г., с. 34- 36.

107. Щедролосев, А. В. Факторы экологической безопасности при формировании помещений несамоходных плавучих сооружений [Текст] / Щедролосев А.В., Терлич С.В. // Безпека мореплавання та її забезпечення при проектуванні та будівництві суден (БМС–2007): матеріали Міжнародної науково–практичної конференції. – Миколаїв: НУК, 2007. – С. 65–67.

108. Щедролосев, А. В. Пути повышения технологичности конструкции оболочек панелей однорядной модульной системы М100 [Текст] / А. В.Щедролосев, Ю. Н. Головня // Технология судового машиностроения и обработка материалов резанием: Сб. науч. Тр. НКИ, Николаев, 1989. с. 22-26.

109. Щедролосев, А. В. Вопросы безопасности применения тепловой изоляции для огнестойких конструкций плавучих доков [Текст] / А.В. Щедролосев, С.В. Терлыч // Рибне господарство України = Рыбное хозяйство Украины = Fishing industry of Ukraine : научно–производственный журнал. – 2011. – N 6. – С. 33–39.

110. Щедролосев, А. В. Комплексное усовершенствование технологий оборудования и отделки помещений несамоходных судов и других плавучих сооружений [Текст] /А.В. Щедролосев, С.В. Терлыч// Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri №2, 2016 – Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy №2, 2016. – P. 50 – 56.

111. Щедролосев, О. В. Определение внутренних усилий композитных модульных зашивочных панелей в условиях эксплуатации плавучего дока [Текст] /А. В. Щедролосев, С. В. Терлыч, О. Е. Лугинин// Вісник ОДАБА. – Одеса: ОДАБА. – № 4. – 2016.

112. Щедролосев, А. В. Организация и технология поточного производства элементов модульной зашивки помещений рыбопромысловых

судов [Текст] /А. В. Щедролосев// Малотоннажное судостроение: сб. науч. Тр. – 1988. – с. 118-122.

113. Щедролосев, О. В. Численное моделирование типоряда элементов для зашивки помещений несамоходных плавучих сооружений [Текст] /О. В. Щедролосев, С. В. Терлыч// Журнал «Морський та річковий транспорт». – Херсон. – ХДМІ. – 2010. – с. 62-69.

114. Щедролосєв, О. В. Математичне моделювання розробки типоряду модульних панелей для зашиття приміщень несамохідних плавучих споруд [Текст] / О. В. Щедролосєв, С. В. Терлич // Рибне господарство України = Рыбное хозяйство Украины = Fishing industry of Ukraine : научно–производственный журнал. – 2010. – N 2. – С. 40–45.

115. Щедролосєв, О. В. Сучасний стан модульного формування приміщень на несамохідних плавучих доках [Текст] / Щедролосєв О.В., Терлич С.В. // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК. – 2008. – № 1. – С. 94–99.

116. Электрова, Л. М. Определение срока службы корабельных изоляционных материалов / Л. М. Электрова // Всероссийская научно-практическая конференция, посвященная 200-летию образования Училища Корабельной Архитектуры – Высшего военно-морского инженерного училища имени Ф. Э. Дзержинского. – С.Пб: ВВМИУ, 1998. – С. 122-125.

117. ЯНМИ.0535.00.052 ОКР «Внедрение прогрессивных ресурсосберегающих технических решений, направленных на обеспечение требуемых параметров микроклимата в помещении 608 [Текст] : отчёт о НИР (заключительный) / рук. А.Г. Богданов; исполн. А.В. Данканич – Северодвинск : ОАО «НИПТБ «Онега», 2014. – 79 с.

118. Bright, P. Corvettes find their place in the market/ Naval Forces, 2000, № 4, p. 2632.

119. Kanungo S. Information Systems: Theoretical Development and Reseach Approaches // Information Systems. – 1993. – № 18 (8). – P.609–619.

120. Floating dock Lundberg T. 212 Waterways Harbors Division. 1970, Vol. 96, 1, p. 121-144.
121. Harbinson D., Robertson S., Knight R. FPSOs Lead Strong Growth in Floating Production Sector // Offshore. - 2003. - Vol. 63. - P. 56-58.
122. International Convention for the Safety of Life at Sea, Solas.
123. Khalikova, D. F. Technique for determining the architectural type and main dimensions of floating drilling unit for drilling exploration wells in the Russian Arctic shallow water conditions//Proceedings of the twenty-second (2012) International offshore and polar engineering conference. Rhodes, Greece, 2012, 17-22 June. - p. 1403 – 1409.
124. Kuhlmann, T. Integrated Coordination Modules for the Shipbuilding Industry /T. Khulman, Z. Marciniak, C. Massow// [Text]// 9th International Conference on Computer Applications in Shipbuilding, Yokohama (Japan): ICCAS'97. – 1997. – Vol. 2. – P. 1239–1253.
125. Marine Interior Systems/ Norac Product Manual. Norway, Edition 2, 2004. – 124 p.
126. Marine Interior System/ Norac Product Manual. Norway, Edition 1, 2016. – 106 p.
127. Marine Interior System/ Norac Product Manual. Norway, Edition 2, 2016. – 131p.
128. MECON International MACOT Conference//Shiff&Hafen. – 1997.– P. 67-97.
129. Mitsue Morishita, Shinsuke Akagi "Transport Economy-Based Evaluation and Assessment of the Use of Fast Ships in Passenger-Car Ferry and Freighter Systems" // FAST'2001. (помещения плавгостилиц)
130. Mullarkey T.P., McNamara J.F., Lang D.W. Assessment of Alternative Approaches for the Representation of Torque and Twist in Pipeline and Riser Analysis // International Offshore and Polar Engineering Conference - Seattle, USA. 2000 - Vol. II. - P. 37-41.
131. Mustoe G.G.W., Huttelmaier H.P. and Chung J.S. Assessment of Dynamic Coupled Bending-Axial Effects for Two-Dinemsional Deep-Ocean Pipes

by the Discrete Element Method //Int. J. Offshore and Polar Eng. - 1992. - Vol. 2 - No. 4 - P. 289-296.

132. Garin E. From the Experience with Floating Dock structural Design. Schiff und Hafen, 2 June Heft 6, 1973, p. 491-493.

133. Orosa, J. A. A new modelling methodology to control HVAC systems / J. A. Orosa // Expert Systems with Applications. – 2011. – Vol. 38.

134. R.D. Mulligan and M.D. Courts, Vosper Thornycroft (UK) Ltd., UK. "Corvette design consideration". International symposium WARSHIP'98, 1998, London.

135. Recommended Practice for Flexible Pipe: API Recommended Practice 17B Third Edition - American Petroleum Institute - 2002.

136. Slutskiy, N. G. The Organization of Building Composite Floating Docks with Big Lifting Capacity at «Pallada» Kherson State Plant [Text] International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean /N. G. Slutskiy, A. S. Rashkovskiy // IMAM. – Varna (Bulgaria), 2007. – P. 14–18.

137. Terlych, S. Economic substantiation of improvement of installation of cabins for non-selfpropelled courts [Text] / S. Terlych // Фазовые превращения и прочность кристаллов. Материалы VI Международной конференции, посвященной памяти академика Г.В. Курдюмова 16–19 ноября 2010. – Черногловка. – С. 183-184.

138. Terlych, S. Dependence strength characteristics elements of modular sewing of not self-propelled courts from the basic technological parameters of process are sharp and flexible [Text] / Terlych S., Alexeeva I. // Результати XII Міжнародної науково-технічної конференції «Нові сталі та сплави і методи їх обробки для підвищення надійності виробів», Запоріжжя, ЗНТУ. – 2010. – С. 134–137.

139. Terlych, S. The development of constructive modular elements of premises for non-selfpropelled composite vessels / S. Terlych // Water

Management – State and Prospects of Development. – Rivne: NUWMNRU. – 2010. – p. 122-124.

140. The Measure of Technology // General Catalog – Cooper Cameron Corporation, Cameron Division - USA, 2002.

141. T. Kvinge, M.Sc. and A.P. Gjerde, B.Sc. "Development of the NORDKAPP class the new Norwegian coast guard vessels". Symposium on small fast warships and security vessels. Paper № 20, p. 269-282. The Royal Institution of Naval Architects. 1982.

142. Thompson H. et al, XML Schema Part 1: Structures Second Edition, W3C Recommendation 28 October 2004, <http://www.w3.org/TR/xmlschema-1>.

143. Interier by inexa/ TNF High Noise Reduction/ - DK2640. – Hedehusene, Danmark. – 2005. – 8 p.

ДОДАТОК А

Акт впровадження результатів дослідження в навчальний процес

ДОДАТОК А

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.о. ректора

Національного університету кораблебудування

імені адмірала Макарова

д.т.н., професор

В.С. Блінцов

_____ 2018 р.



про впровадження результатів дисертаційної роботи
 «Удосконалення модульного формування приміщень
 для несамохідних плавучих споруд»
 на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
 Терлича Станіслава Володимировича

Цей акт складено в тому, що основні положення та висновки дисертаційної роботи Терлича С. В. використовуються у навчально-науковому процесі Кораблебудівного навчально-наукового інституту Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова (КННІ НУК).

У результаті впровадження результатів дисертаційного дослідження отримав подальший розвиток навчально-методичний матеріал щодо розмірно-конструктивного аналізу житлових кают, математичного моделювання типоряду модульних елементів плавзасобів та практичного застосування технологій формування типових приміщень несамохідних споруд та берегових об'єктів.

Результати роботи використовуються у навчально-науковому процесі при викладанні професійно-орієнтованих дисциплін (лекційних занять, виконанні практичних, курсових та випускних робіт) відповідно до навчальних планів освітніх ступенів бакалавра та магістра, а також виконанні наукових досліджень на рівні PhD на спеціальності 135 «Суднобудування» зі спеціалізацій «Суднокорпусобудування» та «Судноремонт та технічне обслуговування флоту» на кафедрі Будівництва та ремонту суден КННІ НУК.

Директор

Кораблебудівного навчально-наукового інституту

Національного університету кораблебудування

імені адмірала Макарова,

канд. техн. наук, доцент

О.В. Бондаренко

ДОДАТОК Б

Акти впровадження результатів дослідження на підприємствах

ДОДАТОК Б

**ХЕРСОНСЬКИЙ
ДЕРЖАВНИЙ ЗАВОД
"ПАЛАДА"**

Карантинний острів, 1
м. Херсон, 73019, Україна
Тел.: +38 (0552) 394029
Тел./факс: +38 (0552) 423536

**KHERSON
STATE PLANT
"PALLADA"**

1, Karantynnyy ostrov
Kherson, 73019, Ukraine
Ph.: +380 552 394029
Ph./fax: +380 552 423536

E-mail: office@pallada.ks.ua, www.pallada-doc.com

№ 03/164

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційного дослідження
Терлича Станіслава Володимировича
«Удосконалення модульного формування приміщень
для несамохідних плавучих споруд»

Відповідно до договору про творче співробітництво № 2169 від 01.03.2018 р. між кафедрою Будівництва та ремонту суден Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова та державним підприємством «Палада» було виконане дослідження удосконалення технології формування житлової башти плавучого доку, а також розроблено альбом варіантів з'єднань типових вузлів модульного зашиття житлових, службових та суспільних приміщень.

В результаті виконаних досліджень обґрунтовано та доведено доцільність укрупненого блочного формування житлової башти та запропоновано варіанти взаєморозміщення суднових приміщень із урахуванням трасування електротрас та елементів загальносуднових систем.

Розроблена відповідальним виконавцем договору № 2169 Станіславом Володимировичем Терличем комп'ютерна програма FloDockCAB передана підприємству «Палада» для використання при проектуванні та побудові несамохідних плавучих споруд та плавучих доків середньої та великої підйимальної сили.

Директор

В.Ф. Маломан



SMG
Smart Maritime Group

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«СМАРТ - МЕРИТАЙМ ГРУПП»

73000 г. Херсон, Карантинный остров, 1, Украина, тел. 41-39-28. 41-39-37

№ 780
от 17.08.2018

На № _____ от _____

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційного дослідження

Терлича Станіслава Володимировича

«Удосконалення модульного формування приміщень для несамохідних плавучих споруд»

Відповідно до договору про творче співробітництво № 2182 від 07.05.2018 р. між кафедрою Будівництва та ремонту суден Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова та Херсонською верф'ю «Smart Maritime Group» було виконане дослідження удосконалення модульного зашиття та формування суднових приміщень, а також розроблено технологію укрупненого формування надбудов та рубок.

В результаті виконаних досліджень обґрунтовано та доведено доцільність упровадження розробленої технології формування суднових приміщень на Херсонській верфі SMG, яка дозволяє проводити виконання робіт з опорядження суднових приміщень потужностями підприємства без залучення контрагентів.

Розроблена відповідальним виконавцем договору № 2182 Станіславом Володимировичем Терличем технологія укрупненого модульного формування суднових приміщень передана Херсонській верфі «Smart Maritime Group» та використовується при побудові, ремонті та реновації суден.

Головний будівельник



Прудивус В.П.

ДОДАТОК В
Список опублікованих праць

Основні наукові професійні видання:

1. Щедролосев А. В., Терлич С. В. Комплексное усовершенствование технологий оборудования и отделки помещений несамостоятельных судов и других плавучих сооружений. Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri №2, 2016. Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy Вип. 2, 2016. Р. 50 – 56. Закордонний фаховий збірник (зареєстрований ВАК Азербайджану).
2. Терлич С. В. Аналіз сучасних безкаркасних систем захисту приміщень в судно– та докобудуванні. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Механіко–технологічні системи та комплекси. 2016 р. Вип. 4(1176). С. 79-84. Індeksuється в світових наукометричних базах даних і системах (Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA), WorldCat та ін.).
3. Щедролосев О. В., Терлич С. В., Лугінін О. Є. Определение внутренних усилий композитных модульных зашивочных панелей в условиях эксплуатации плавучего дока. Вісник ОДАБА. Вип. 64. 2016. С. 178-184. Індeksuється в Google Shcolar.
4. Калнауз А. О., Терлич С. В. Математична модель позиціонування виробів суднового машинобудування в судноремонті та при переобладнанні суден. Вісник ОДАБА. Вип. 63. 2016. С. 216-222. Індeksuється в Google Shcolar.
5. Терлич С. В., Шагіданов В. І. До питання компанування обладнання приміщень плавучих споруд з використанням модульних технологій. Рибне господарство України. 2011. Вип. 4. С. 32–44.
6. Щедролосев О. В., Терлич С. В. Математичне моделювання розробки типоряду модульних панелей для захисту приміщень несамостійних плавучих споруд. Рибне господарство України. 2010. Вип. 2. С. 40–45.

7. Терлыч С. В., Шагиданов В. И. Модульное формирование помещений для несамоходных плавучих сооружений. Рыбне господарство України. 2010. Вип. 6. С. 9–18.
8. Терлич С. В. Розмірний та конструктивний аналіз приміщень на плавдоках. Вісник СевНТУ. Механіка. Енергетика. Екологія. 2008. Вип. 88. С. 52–55.
9. Терлич С. В., Слущкий М. Г. Використання модульної оббудови приміщень на композитних плавучих доках. Зб. наук. праць НУК. 2008. Вип. 2 (419). С. 45 – 48.
10. Щедролюсєв О. В., Терлич С. В. Сучасний стан модульного формування приміщень на несамохідних плавучих доках. Зб. наук. праць НУК. 2008. Вип. 1. С. 94–99.
11. Слущкий М. Г., Терлич С. В. Розробка типоряду плавучих композитних доків для ремонту суден рибпромислового флоту. Рыбне господарство України. 2008. Вип. 1. С. 13–14.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

12. Терлич С. В. Проблеми модульного формування приміщень на несамохідних плавучих спорудах. Автоматизация судостроительного производства и подготовка инженерных кадров: состояние, проблемы, перспективы: материалы Международной научно–методической конференции (26 – 27 июня 2007). Николаев: НУК. 2007. С. 115–117.
13. Терлыч С. В., Крупин С. А. Применение блочно-модульного формирования помещений на несамоходных плавучих сооружениях. Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (25 – 27 травня 2009 р). Том 4. Херсон: ХДМІ. 2009. С. 127-129.
14. Терлыч С.В. Методика автоматизированого параметрического проектирования конструкций элементов зашивки помещений для несамоходных плавучих сооружений. Сучасні інформаційні та інноваційні

технології на транспорті: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (25 – 27 травня 2010 р). Том 2. Херсон: ХДМІ. 2010. С. 265-270.

15. Щедролов А. В., Терлыч С. В. Совершенствование организации и управления производством при формировании помещений несамоходных плавучих сооружений в современных условиях. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Шляхи удосконалення управління на морському транспорті в сучасних умовах» (4 – 5 червня 2010 р). Маріуполь: АМІ ОНМА. 2010. С. 70–85.

16. Терлыч С. В. Определение динамических параметров элементов модульного формирования помещений для несамоходных плавучих сооружений. VI Международная научная конференция «Прочность и разрушение материалов и конструкций» (20 – 22 октября 2010). Оренбург: ОГУ. 2010. 338-343.

17. Терлыч С. В., Шагиданов В. І. Суднові приміщення модульної конструкції для несамохідних суден. Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (23 – 25 травня 2011). Том 1. Херсон: ХДМІ. 2011. С. 217-220.

18. Терлыч С. В. Разработка алгоритма принятия решений при проектировании достроечных технологий несамоходных плавучих сооружений. Збірник доповідей науково-практичної конференції з міжнародною участю «Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика» (6 червня 2011). Київ: НАНУ ІПММіС. 2011. С. 58-62.

19. Терлыч С. В. Моделирование процесса определения степени обитаемости несамоходных плавучих сооружений. Сучасні тенденції і перспективи розвитку морського господарського комплексу України: матеріали міжнародної науково-технічної конференції (15-16 червня 2011). Маріуполь: АМІ ОНМА. 2011. С. 191-197.

20. Терлыч С. В. Перспективы проектирования плавучих ремонтных доков для мало- и среднетоннажной сложной морской техники. VII Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю

«Освітньо-наукове забезпечення діяльності правоохоронних органів і військових формувань України» (21 листопада 2014 р.) Хмельницький: НДПСУ. 2014. с. 141.

21. Терлич С. В. Критерії надійності монтажу композитних сандвіч-панелей для захисту суднових приміщень. Тези доповідей ІХ Всеукраїнської науково-технічної конференції «Досконалість зварювання – комплексний підхід». Київ: НТУУ «КПІ» (26 травня 2015). 2015. с. 17.

22. Щедролосев А. В., Терлич С. В. Усовершенствование планировки типовых помещений для плавучих доков. Матеріали 7-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування «СЕУТТО–2016» (22–23 вересня 2016). ХДМА. 2016. С. 221.

23. Щедролосев А. В., Терлич С. В. Повышение уровня технологичности формирования помещений модульными методами. VII Міжнародна науково-технічна конференція «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці» (12–14 жовтня 2016). Миколаїв: НУК. 2016. С. 24 – 26.

24. Щедролосев О. В., Терлич С. В., Стрембицький О. В. Комплексний підхід до конструювання елементів об будови суднових приміщень. Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». Миколаїв: НУК (19-20 травня 2016). 2016. С. 16-17.

25. Щедролосев А. В., Терлич С. В. Повышение степени технологичности модульных помещений несамоходных судов. II Міжнародна науково-технічна конференція «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». Миколаїв: НУК. 2011. URL:[http:// conference.nuos.edu.ua](http://conference.nuos.edu.ua) (дата звернення: 11.11.2017).

Публікації, які додатково відображають наукові результати дисертації:

26. Терлич С. В. Особливості дизайну суднових меблів для несамохідних плавучих споруд. Збірник науково–технічних праць. Львів: НЛТУУ. 2007. Вип. 17.1. С. 130–133.
27. Терлыч С. В. Усовершенствование технологи изготовления и монтажа элементов зашивки помещений плавучих объектов и комплексов. Рыбное хозяйство Украины. Керч: КГМТУ. 2010. Вип. 5(70). С. 26–29.
28. Terlych S. Economic substantiation of improvement of installation of cabins for non-selfpropelled courts. Фазовые превращения и прочность кристаллов. Материалы VI Международной конференции, посвященной памяти академика Г.В. Курдюмова (16–19 ноября 2010). Черногловка. 2010. С. 183-184.
29. Terlych S., Alexeeva I. Dependence strength characteristics elements of modular sewing of non self-proppeded courts from the basic technological parametres of process are sharp and flexible. Збірник матеріалів XII Міжнародної науково-технічної конференції «Нові конструкційні сталі та стопи і методи їх оброблення для підвищення надійності та довговічності виробів» (6 – 8 жовтня 2010). Запоріжжя: ЗНТУ. 2010. С. 134-137.
30. Терлыч С. В., Шагиданов В. И. Разработка технологий и организация формирования помещений самоходных судов с применением контейнерных модулей. III Всероссийские научные Зворыкинские чтения (4 февраля 2011 г). сб. тез. докл. Муром: МИ ВлГУ. 2011 с. 418-420.
31. Гречко В. В., Терлич С. В. Математична модель системи керування мікрокліматом населених суднових приміщень за комплексним показником комфортності. Збірник наукових праць «Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві». Одеса: ОНПУ. Вип. 2(13). 2016. с. 64-68.