

УДК 629.565.2

С. В. ТЕРЛИЧ

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ БЕЗКАРКАСНИХ СИСТЕМ ЗАЩИТТЯ ПРИМІЩЕНЬ В СУДНО- ТА ДОКОБУДУВАННІ

У статті проаналізовано безкаркасні модульні системи формування суднових приміщень, які використовуються на сучасних українських та закордонних суднобудівних підприємствах. Описано їх конструкції, наведено конструктивні елементи, з'ясовано переваги перед каркасними системами захиття кают. Розглянуто та проаналізовано панелі захиття із тепло- та шумопоглинаючими наповнювачами. Наведений у статті аналіз буде використано при удосконаленні типових конструкцій вузлів формування суднових приміщень із урахуванням виробничих умов при будівництві (ремонті, реновації) суден та об'єктів морської техніки.

Ключові слова: суднові приміщення, плавучі доки, якість зашивочних елементів, модульні системи, чисельні методи.

В статье проанализированы бескаркасные модульные системы формирования судовых помещений, которые используются на современных и зарубежных судостроительных предприятиях. Описано их конструкции. Приведено конструктивные элементы. Обосновано преимущества перед каркасными системами зашивки кают. Рассмотрено и проанализировано панели зашивки с тепло- и звукопоглощающими наполнителями. Представленный в статье анализ будет использован при усовершенствовании типовых конструктивных узлов формирования судовых помещений с учетом отечественных производственных условий при строительстве (ремонте, реновации) судов и объектов морской техники.

Ключевые слова: судовые помещения, плавучие доки, качество зашивочных элементов, модульные системы, численные методы.

The constructive-technological features of the module-formations of the compartments in foreign modular systems, answering the demands to the finishing of vessels. The frameless systems of forming of ship locations used by leading foreign and Ukrainian corporations are analyzed. Their constructions are circumscribed the structural members and advantages before frame systems of a cladding of locations are given. The construction of the panel of a cladding about heat- and noise absorbing by the weighing materials is considered. The modern variants of the constructive and technological decisions of modular formations of ships and floating docks premises are considered and the expediency of their applications for ships and non-self-propelled structures are analyzed. The advantages of the proposed module-systems are given. The basic physical, chemical and technological properties of the elements of the modular system are considered. The applications in each case in the formation of residential and public areas of the vessel are grounded.

Keywords: ships premises, floating docks, cladding elements quality, modular systems, numerical methods

Вступ. Аналізуючи сучасні методи захиття суднових приміщень у світовому суднобудівництві слід зазначити, що найвідомішими закордонними компаніями найбільш широко використовуються безкаркасні системи. Під безкаркасною системою розуміється метод формування та опорядження суднових приміщень, при якому відсутній попередньо виготовлений та змонтований каркас, який використовується у якості опорної конструкції для елементів опорядження, а захиття приміщення виконується із щитів та панелей жорсткої конструкції; при цьому можуть використовуватися різноманітні з'єднання та елементи підсилення міцності. Останні встановлюють, як правило, разом із елементами захиття безпосередньо на судні.

Постановка задачі. Модульне формування житлових, службових та суспільних приміщень є невід'ємною складовою добувального процесу при будові суден та інших плавучих споруд. У наш час особливої уваги стосовно вдосконалення добувальних технологій заслуговують несамохідні плавучі споруди (НПС) які проектується та можуть бути побудовані на вітчизняних підприємствах. Перш за все це пов'язано із принципово новим підходом до проектування загального розташування приміщень та сучасними вимогами судовласників стосовно дизайну приміщень [1, 2]. Даний аналіз буде використаний для вдосконалення конструкторсько-технологічних рішень удосконалення модульних систем захиття в умовах вітчизняного виробництва. Аналіз публікацій, які присвячені аналізуванню даної задачі показав [1–4], що проблемам вдосконалення модульних систем формування кают присвячено багато праць, проте жодна з них не орієнтована безпосередньо на несамохідні плавзасоби, які на відміну від інших суден мають особливі розмірно-конструктивні характеристики приміщень.

Аналіз дослідження сучасних безкаркасних систем захиття приміщень в судно- та докобудівництві. 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 плав доків, що вимагають більш жорстких протипожежних норм;
- велика кількість екіпажу.

Безкаркасні системи ведучих закордонних фірм, таких як "Isovolta" (Австрія), "Ippokamos" (Греція), "Rockwool" (Данія), "Norac" (Норвегія), "Keller" (Швейцарія), шведські фірми "Imac", "Norrbottnens", фінська "Stockfors" та вітчизняна M100 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 гнучий 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 безкарка-

© С.В. Терлич. 2016

сних систем є композитна панель (щит). Саме конструкція панелі є визначальною у виконанні комплексу вимог, що пред'являються в цілому до конструкцій зашиття 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 полівинілхлоридної 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. 1, 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 (облаштувальне зашивання).

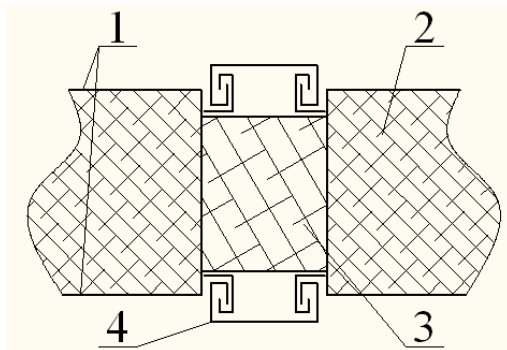


Рис. 1 – Зашиття «JMC»: 1 – металопласт; 2 – мінеральна вата ($\rho = 160 \text{ кг/м}^3$); 3 – мінеральна вата ($\rho = 300 \text{ кг/м}^3$); 4 – фіксуючий профіль

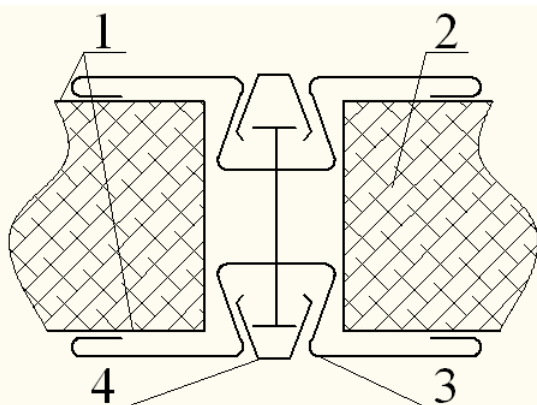


Рис. 2 – Зашиття «Isolamin»: 1 – металопласт; 2 – мінеральна вата; 3 – з'єднувальний профіль; 4 – розкладка

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

Нероз'ємне з'єднання (рис. 3) 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» (рис. 2).

Типоряд панелей включає: звичайні панелі стандартної товщини; панелі шумопоглинаючі; панелі теплозвукоізоляційні, облашовані перфорованою сталлю з одного боку і оцинкованою сталлю з іншою, а також панелі, спеціально призначені для електропроводки і проходу кабелів. Відповідно до планування приміщень панелі і елементи поставляються необхідних розмірів і виконань, мають відповідну маркерівку. Поверхня панелей кодується спеціальним чином для зручності ідентифікації поверхні зашивання. Завдяки цьому під час опорядження судових 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 розглянутому 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. 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 І-подібного з'єднувального профілю (варіант посилення конструкції зашивання);

- панелі двошарової конструкції в двошаровому виконанні перегородок (для збільшення звукоізоляції). 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 каркасного виконання (змонтованої конструкції), проте не вимагає попереднього монтажу каркасів, так як елементи з'єднання встановлюються спільно з панелями.

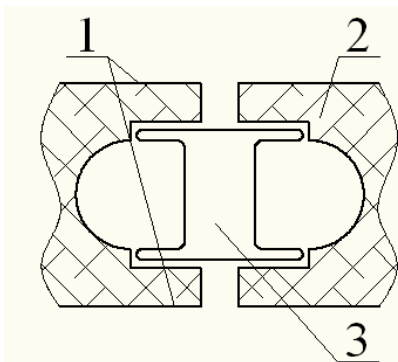


Рис. 3 – Система захисту “Rockwool”: 1 – металопласт; 2 – мінеральна вата; 3 – з’єднувальний профіль

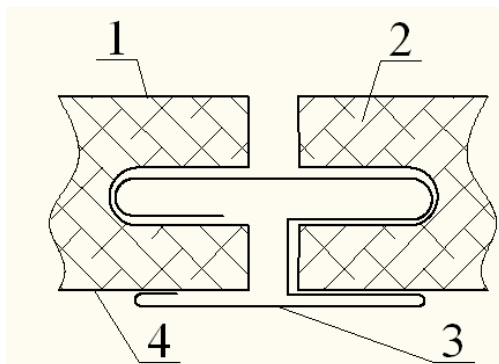


Рис. 4 – Система захисту «Imac»: 1 – металопласт; 2 – мінеральна вата; 3 – з’єднувальний профіль; 4 – оцинкована сталь

В системі «Nogac» (рис. 5) вирішені питання установки знімних панелей, проводки кабелів, стикування панелей по висоті приміщення та ін. Застосовуються два варіанти подволючних 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 подволюка суцільний шар мінеральної вати товщиною 50 мм щільністю 12 кг/м³.

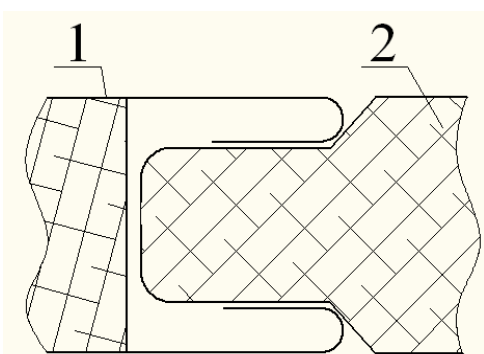


Рис. 5 – Система захисту “Nogac”: 1 – металопласт; 2 – мінеральна вата

У березні-вересні 1993 р. в Санкт-Петербурзі діяла виставка, де був представлений фрагмент безкаркасної системи захисту суднових приміщень шведської компанії «Imac» [5]. 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 кабіни; «Perstorp» – декоративні пластинки; «Техмаг» – настили палуб. Конструктивні рішення за шивці 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 облаштованих оболонках, по типу системи «Nogac». Застосовуються кутові і Т-образні елементи. Панелі мають товщину 50 мм для міжкаютної перегородки 25 мм для захисту у перегородки середині 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. Для захисту підволюки 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 з поставляючими сполучними профілями утворюють укомплектовану систему перегородок, стель і облаштувань для застосування на судах і бурових платформах.

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 сталеві шпунтової пластини (рис. 5). Для кращої звукоізоляції фірмою виготовляються комбіновані плити «Trezista» товщиною 32 і 50 мм, що складаються з двох плит «Thermax» товщиною 10 мм, облаштованих зовні 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» (рис. 5). 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.

Конструктивні рішення, що застосовуються при монтажі плит «Vermipan M» швейцарською фірмою

«Keller» – традиційні (рис. 6). 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 (рис. 7).

Відзначимо, що протягом довгих років оздоблювальні панелі «Vermiran M» застосовувалися в багатьох країнах світу для протипожежних перегородок, внутрішніх обшивок, підволоки та настилів на судах і морських платформах. Даний матеріал не містить ніяких шкідливих для здоров'я людини компонентів, при його обробці не утворюється шкідливого пилу. «Vermiran M» випускається плитами товщиною від 8 до 40 мм стандартним розміром 2440×1220 мм і може облаштуватися 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 захиття і корпусних конструкцій суднових приміщень; готові елементи захиття поставляються модульних розмірів і встановлюються в каюті без підгонки, є типізація елементів і конструкцій. У немодульних системах елементи захиття доставляються певних розмірів, на заводі-будівельника судна виробляють через підготовленості і підгонку елементів захиття «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. У двошаровому виконанні міжкаютні перегородки складаються з двох рядів щитів або панелей. Цей варіант застосовується у разі підвищення міцності і звукоізоляційних властивостей конструкцій зашивання.

Елементи захиття в безкаркасних системах по конструкції можна розділити на трьох-, двох- і багатошарові. Тришарові панелі складаються з облаштованих з двох сторін плит з мінеральної вати або плитного матеріалу на основі спученого вермикуліту. Для облаштування використовують пластик або металоласт. Цей варіант плит застосовується в однорядному виконанні безкаркасних систем. Двошарові елементи для захиття підволоки або перегородок в двошаровому виконанні складаються зі сталеві оболонки з декоративним покриттям (металоласт) і ізоляційного матеріалу. Багатошарові композитні панелі (плити «Trezista») використовуються в конструкціях підвищеної звукоізоляції і міцності [6].

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 металоласт (сталь

з декоративним покриттям). Шаруваті пластики використовують різних забарвлень товщиною 1,0...1,5 мм. Металоласт – 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 (наповнювачем) панелей і щитів служать мінеральна вата або плитний матеріал на основі вспученого вермикуліту. Мінеральна вата (як правило, застосовується ізоляція «Rockwool») щільністю від 30 до 200 кг/м³ з поперечним розташуванням волокон забезпечує високу міцність елементів і захиття на стиск і на розрив.

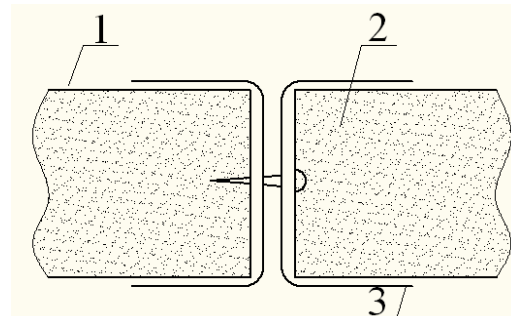


Рис. 6 – Система захиття «Keller+Co.Ag»: 1 – пластик; 2 – плита «Vermiran M»; 3 – з'єднувальний профіль

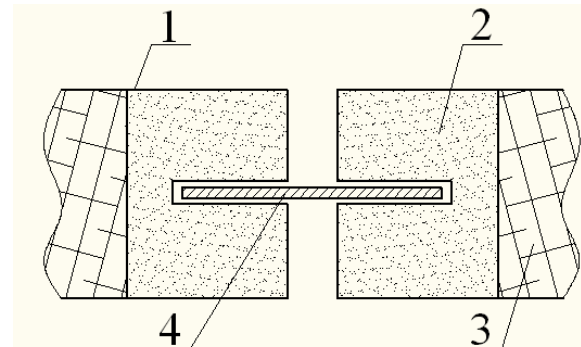


Рис. 7 – Система захиття «Isovolta»: 1 – пластик; 2 – плита «Thermax»; 3 – мінеральна вата; 4 – сталеві з'єднувальна пластина

Мінеральна вата випускається в Данії, Норвегії, Німеччині, Голландії та Швейцарії. Сировиною для її отримання є діабаз, який має вулканічне походження і складається з силікату SiO₂ – 41,5%, CaO – 16%, Al₂O₃ – 13%, MgO – 10,5% та ін. Цей камінь плавиться при температурі 1600⁰С, простягається в нитки діаметром близько 5 мкм, на які наноситься водовідштовхувальна плівка, поєднуються нитки спеціальним зв'язуючим розчином.

Плитний матеріал на основі спученого вермикуліту («Thermax», «Vermiran M») щільністю до 800 кг/м³ пресують в плити з надбавкою неорганічних зв'язуючих. Вермикуліт – вид слюди, яка містить кристалізовану воду, яка при нагріванні мінералу до температури близько 500⁰С 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 [7–9].

Досвід використання безкаркасних систем зарубіжними фірмами свідчить, що ці системи захисту в порівнянні з каркасними значно скорочують час формування приміщень, підвищують культуру виробництва, покращують умови праці [9, 10]. Висока міцність панелей дозволяє кріпити устаткування безпосередньо до панелей або з'єднувальних профілів.

Висновки

1. Багатоваріантність безкаркасних систем захисту, їх різноманіття засновані на загальній теоретичній концепції в розробці конструктивно-технологічних рішень, базою для яких являється комплекс конструктивно-оздоблювальних матеріалів, що випускаються промисловістю. При цьому використовуються матеріали і конструкції захисту, які в цілому задовольняють всім пропонованим до них вимогам.

2. В Україні в даний час застосовується каркасна модульна система формування і обробки суднових приміщень М100 в двохрядному і однорядному виконаннях і метод щитового захисту борту і перегородок плитами з імпортованих матеріалів. Система М100 розроблялася в кінці 70-х – початку 80-х років замість захисту плитами «Асбосіліт» і вимагає подальшого розвитку модульної концепції формування суднових приміщень. Виробництво конструкційно-опоряджувальних матеріалів і елементів опорядження для суднобудування потребує якісного оновлення і розвитку, відновлення старих та оновлення нових зв'язків по кооперації.

Список літератури:

1. Корчевская, Н. М. Бескаркасные системы зашивки судовых помещений в зарубежном судостроении [Текст] / Н. М. Корчевская, А. С. Раиковский // Збірник наукових праць УДМУ. – 2000. – № 4 (370). – С. 17–30.
2. Щедролов, О. В. Современный стан модульного формирования помещений на плавучих доках [Текст] / О. В. Щедролов, С. В. Терлич // Збірник наукових праць НУК. – 2008. – № 1 (418). – С. 94–99.
3. Терлич, С. В. Методика автоматизированного параметрического проектирования конструкций элементов зашивки помещений для несамонходных плавучих сооружений [Текст] / С. В. Терлич // Современные информационные и инновационные технологии на транспорте. – 2010. – № 2. – С. 268–274.
4. Соловьев, С. Н. Энергосберегающая технология изготовления элементов тонкостенных конструкций судового оборудования [Текст]: мат. конф. / С. Н. Соловьев, А. В. Новошицкий // Современные проблемы судовой энергетики. – 2003. – С. 177–178.

5. Щедролов, А. В. Организация и технология поточного производства элементов модульной зашивки помещений рыбопромысловых судов [Текст]: сб. науч. тр. / А. В. Щедролов // Малотоннажное судостроение. – 1988. – С. 122–123.
6. Шагиданов, В. И. Модульное формирование помещений судов для охраны экономических зон и их оборудования [Текст] / В. И. Шагиданов // Морской Вестник. – 2007. – № 1. – С. 26–31.
7. Соловьев, А. С. Оценка технического уровня и качества судового оборудования, комплектующих и материалов [Текст] / А. С. Соловьев, Г. В. Тарица, А. В. Филимонов // Морской вестник. – 2015. – № 4 (56). – С. 49–51.
8. Концедаева, Ж. Г. Конструктивное обоснование обеспечения эксплуатационной безопасности корпусов кораблей при восприятии интенсивных локальных нагрузок [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Ж. Г. Концедаева; КГТУ. – Калининград, 2010. – 159 с.
9. Щедролов, О. В. Основы проектирования плавучих доков [Текст]: навч. пос. / О. В. Щедролов, О. С. Раиковский, М. Г. Слущкий, О. М. Узлов. – Николаїв: РАЛ-поліграфія, 2011. – 231 с.
10. Пасичник, В. А. Конструктивно-технологічне моделювання композиційних конструкцій з використанням системного аналізу [Текст] / В. А. Пасичник, О. О. Хмуренко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2015. – № 4/7 (76). – С. 15–20. doi:[10.15587/1729-4061.2015.47348](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.47348)

Bibliography (transliterated):

1. Korchevskaya, N. M., Milto, A. A. (2000). Beskarkasnye sistemy zashivki sudovykh pomeshhenij v zarubezhnom sudostroenii. Zbirnyk naukovykh prats UDMTU, 4 (370), 17–30.
2. Shhedrolov, O. V., Terlich S. V. (2008). Suchasnij stan modulnogo formuvannya primishhen na plavuchih dokakh. Zbirnyk naukovykh prats NUK, 1 (418), 94–99.
3. Terlych, S. V. (2010). Metodika avtomatizirovannogo parametricheskogo proektirovaniya konstruktsii elementov zashivki pomeshchenii dlia nesamohodnykh plavuchih sooruzhenii. Sovremennyye informatsionnyye i innovatsionnyye tehnologii na transporte, 2, 268–274.
4. Solovev, S. N., Novoshickij, A. V. (2003). Energoberegayushhaya tehnologiya izgotovleniya elementov tonkostennykh konstrukcij sudovogo oborudovaniya. Sovremennyye problemy sudovoi energetiki, 177–178.
5. Shhedrolov, A. V. (1988). Organizaciya i tehnologiya potochnogo proizvodstva elementov modulnoj zashivki pomeshhenij rybopromyslovykh sudov. Malotonnazhnoe sudostroenie, 122–123.
6. Shagidanov, V. I. (2007). Modulnoe formirovanie pomeshhenij sudov dlya okhranyekonomicheskikh zon i ikh oborudovaniya. Morskoy Vestnik, 1, 26–31.
7. Solovyov, A. S., Tarica, G. V., Filimonov, A. V. (2015). Ocenka tekhnicheskogo urovnya i kachestva sudovogo oborudovaniya, komplektuyushhikh i materialov. Morskoy vestnik, 4 (56), 49–51.
8. Koncedaeva, Zh. G. (2010). Konstruktivnoe obosnovanie obespecheniya ekspluatatsionnoj bezopasnosti korpusov korablej pri vospriyatii intensivnykh lokalnykh nagruzok. Kaliningrad: KGTU, 159.
9. Shhedrolov, O. V., Rashkovskij, O. S., Sluckij, M. G., Uzlov, O. M. (2011). Osnovi proektuvannya plavuchikh dokov. Nikolaev: RAL-poligrafija, 231.
10. Pasichnyk, V., Khmurenko, O. (2015). Constructive-technological modeling of composite constructions using the system analysis. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(7(76)), 15–20. doi:[10.15587/1729-4061.2015.47348](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.47348)

Поступила (received) 08.01.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Аналіз сучасних безкаркасних систем захисту приміщень в судно- та докобудуванні / С. В. Терлич // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 4(1176). – С.–. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Аналіз сучасних безкаркасних систем зашивки приміщень в судно- та докостроєнні / С. В. Терлич // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 4(1176). – С.–. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Analysis of modern frameless systems sewing facilities in the shipbuilding and dokostructure/ S. V. Terlych//Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2016. – No 4 (1176). – P. –. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Терлич Станіслав Володимирович – Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, старший викладач кафедри "Суднобудування"; проспект Адмірала Ушакова, 44, м. Херсон, Україна, 73022; e-mail: terlich@mail.ru.

Терлич Станіслав Владимирович – Херсонский филиал Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, старший преподаватель кафедры «Судостроение»; проспект Адмирала Ушакова, 44 м. Херсон, Украина, 73022; e-mail: terlich@mail.ru.

Terlych Stanislav Volodymyrovych – Kherson branch of the Admiral Makarov National University of Shipbuilding, senior lecturer Department "Shipbuilding"; Avenue Admiral Ushakov, 44, Kherson, Ukraine, 73022; e-mail: terlich@mail.ru.

УДК 519.213.7, 519.233.22

В. Л. ШЕРГИН, Э. Э. ДЕРЕЗА, В. С. ПЕРЕДЕРИЙ

ОЦЕНИВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ХЁРСТА ДЛЯ ПРОЦЕССОВ ЛЕВИ

Розглядається задача оцінювання показника Херста самоподібних випадкових процесів з альфа-стійкими прирістами. Проведено аналіз існуючих методів оцінювання показника Херста та висунута умова їхньої придатності щодо процесів Леви. Розв'язання поставленої задачі ґрунтується на застосуванні метода дробових моментів. Для процесів Леви з незалежними прирістами вирішено задачу оптимального підбору величини моменту. За рахунок цього забезпечується субефективне оцінювання характеристики самоподібності. У порівнянні з існуючими методами, запропонований характеризується простотою реалізації, набагато більшою швидкістю та меншими витратами пам'яті.

Ключові слова: показник Херста, процес Леви, стійки розподіли, оцінювання індексу стійкості, дробові моменти.

Рассмотрена задача оценивания показателя Хёрста самоподобных случайных процессов с альфа-устойчивыми приращениями. Проведён анализ существующих методов оценки показателя Хёрста и сформулировано условие их применимости к процессам Леви. Решение поставленной задачи основано на использовании метода дробных моментов. Для процесса Леви с независимыми приращениями решена задача оптимального подбора величины используемого момента, обеспечивающая субэффективное оценивание характеристики самоподобия. По сравнению с существующими, предложенный метод характеризуется простотой реализации, намного более высоким быстродействием и меньшими затратами памяти.

Ключевые слова: показатель Хёрста, процесс Леви, устойчивые распределения, оценка индекса устойчивости, дробные моменты.

The work proposes a method for estimating the stability index of alpha-stable distributions by using moments of fractional order. Provided numerical modeling has fully justified all of the results. Comparative analysis of the efficiency among the proposed method of estimating the stability index and widely used methods was performed. Proposal method is much simpler, far faster and substantially less memory required.

Estimation of Hurst exponent of self-similar stochastic processes with alpha-stable increments was performed. Methods of estimating Hurst exponent were analyzed. The condition of their applicability to the Lévy processes is formulated. For the Lévy processes with independent increments the problem of optimal selection the order of sample moment used is solved. Using a sample moments with proposed order provides sub-effective evaluation of the stability index which is also a characteristic of self-similarity.

Keywords: Hurst exponent, Lévy process, stable distributions, stability factor estimation, fractional moments.

Введение. Самоподобие является свойством, присущим широкому кругу процессов и явлений естественнонаучного, техногенного, информационного, экономического характера. Если при этом изучаемые процессы или явления подвержены фактору случайности, то говорят о статистическом самоподобии, то есть об инвариантности статистических характеристик случайных процессов относительно аффинных преобразований шкал измерения. Исследование свойств самоподобных случайных процессов представляет интерес как в теоретическом плане, так и с точки зрения практического применения. Настоящая статья посвящена одному из аспектов этой проблемы, связанному с математическим моделированием самоподобных случайных процессов и оцениванием показателя Хёрста, являющегося мерой масштабного самоподобия (скейлинга).

Процессы, обладающие свойствами самоподобия, можно разделить на две группы [1]: монофрак-

тальные и мультифрактальные. Монофрактальные процессы являются однородными в том смысле, что их скейлинговые характеристики остаются неизменными на любом диапазоне масштабов и обладают одним показателем скейлинга. Мультифрактальные процессы допускают разложение на участки с различными локальными масштабными свойствами и характеризуются спектром скейлинговых показателей.

Традиционно [2] в качестве модели самоподобных процессов используется модель фрактального броуновского движения [3], согласно которой приращения стохастического процесса

$\Delta X(t, \tau) = X(t + \tau) - X(t)$ предполагаются распределёнными по нормальному (гауссовскому) закону. Однако, такая модель не охватывает всего разнообразия стохастических процессов, обладающих свойством самоподобия, что отмечалось ещё Мандельбротом [4].

© В. Л. ШЕРГИН, Э. Э. ДЕРЕЗА, В. С. ПЕРЕДЕРИЙ. 2016