

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

ЦИКАЛО НАТАЛЯ ВІКТОРІВНА

УДК 629.5.023:621.98

КОНСТРУКТИВНО–ТЕХНОЛОГІЧНЕ УДОСКОНАЛЕННЯ
НАДБУДОВ ТА КОРПУСІВ МОРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ СУДЕН НА
ОСНОВІ ГОФРОВАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ І ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ЛИСТІВ

Спеціальність 05.08.03 – Конструювання та будування суден

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Миколаїв – 2011

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті кораблебудування (НУК) імені адмірала Макарова Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор,
Рашковський Олександр Саулович,
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, завідувач кафедри
технології суднобудування

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор,
Козляков Віталій Васильович,
ТОВ “Морське інженерне бюро”, м. Одеса,
головний науковий співробітник-науковий
консультант;

кандидат технічних наук, доцент,
Давидов Ігор Пилипович,
Одеська національна морська академія,
доцент кафедри теорії та устрою судна.

Захист відбудеться 23 тавня 2011 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д38.060.02 Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова за адресою: 54025, м. Миколаїв, проспект Героїв Сталінграда, 9.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова за адресою: м.Миколаїв, пр. Героїв Сталінграда, 9.

Автореферат розісланий «___» _____ 2011 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
доктор технічних наук, доцент _____

Л.І. Коростильов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Основним напрямком розвитку сучасного суднобудування є удосконалення технологічності конструкцій та будівництва надбудов і корпусів морських транспортних суден, які на сьогоднішній день складають основну частину портфелів замовлень українських суднобудівних заводів. Впровадження таких технологій дозволяє зменшити металоємність сучасних суден, скоротити трудомісткість та терміни їх будівництва підвищуючи тим самим конкурентоспроможність вітчизняного суднобудування.

Великим попитом користуються морські великотоннажні транспортні судна й у закордонних суднобудівників (Північна Корея, Японія, Китай, Європа та ін.). Але для того, щоб вітчизняне суднобудування мало можливості відчутного поповнення замовлень на будівництво суден, необхідно надавати замовникам не тільки переваги у вартості суднобудівного процесу, а й у технологічності корпусних конструкцій.

Гофрованими конструкціями для корпусів суден займалися Бубнов І.М., Барабанов М.В., Васил'єв О.Л., Глозман М.К., Коробанов Ю.М., Коростильов Л.І., Павлінова Є.А., Сіманович А.І. та інші, проте їх роботи пов'язані в основному з використанням таких конструкцій для суднових перегородок. Еволюційний розвиток форм суднових надбудов, сучасним рівнем якого є надбудови баштового типу морських транспортних суден, дає можливість застосовувати більш технологічні гофровані конструкції для зовнішньої обшивки. Згідно з цим актуальною є задача вибору оптимальної форми перерізу гофра і його геометричних характеристик. Відсутні і методики заміни конструкцій у вигляді полотнищ з привареним набором на гофровані, що виключає можливість в судноремонті змінювати зношені конструкції на прогресивно нові гофровані, які мають достатню кількість переваг.

Однією з вимог, що висувається до технологічності конструкцій корпусу судна є металоємність. Напрямами її збільшення є використання гофрованих конструкцій та великогабаритного листового прокату. Питанням укрупнення суднових корпусних конструкцій та їх технологічності займалися такі вчені, як Васил'єв А.Л., Веселков В.Д., Глозман М.К., Анан'єв С.О., Мацкевич В.Д., Путов М.Є., Моїсєєв М.П., Свечніков О.І., Мірін А.А., Козляков В.В., але вимоги до вибору розмірів листового прокату для будівництва корпусів морських транспортних суден мали локальний характер і не були проаналізовані всі переваги використання листів різних розмірів.

Таким чином, підвищення конкурентоспроможності вітчизняного суднобудування шляхом впровадження зміни конструкції і технології виготовлення зовнішніх стінок надбудов з гофрованих конструкцій та виготовлення корпусів суден з великогабаритного листового прокату є

важливими науковими задачами, що мають велике практичне значення для суднобудування.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Дисертація виконана згідно зі «Стратегією розвитку суднобудування на період до 2020 року», затвердженою постановою Кабінету міністрів України від 6 травня 2009 року № 581-р, темою науково-дослідної роботи «Розробка методики проектування суден для умов ринкової експлуатації» № ДР 0107U000718 та «Концепцією розвитку транспортно-дорожнього комплексу України на середньостроковий період до 2020 року».

Метою наукового дослідження є конструктивно-технологічне удосконалення надбудов і корпусів морських транспортних суден на основі гофрованих елементів і великогабаритного листового прокату, що дозволяє знизити трудомісткість виготовлення та собівартість суден, підвищити їх технологічність і конкурентоспроможність на світовому ринку.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі дослідження:

- проаналізувати технологічні особливості застосування гофрованих конструкцій для виготовлення зовнішніх стінок надбудов морських транспортних суден;
- розв'язати задачу вибору оптимального перерізу гофра для зовнішніх стінок надбудов морських транспортних суден;
- проаналізувати міцність гофрованої зовнішньої обшивки надбудов морських транспортних суден при впливі експлуатаційних факторів (динамічні навантаження, взаємодія з плаваючими предметами при заливанні та ін.);
- проаналізувати вібраційну стійкість надбудов з гофрованими стінками;
- розробити методику заміни зовнішніх стінок надбудов, що представляють полотнища з привареним набором на гофровані конструкції;
- розробити технологію виготовлення надбудов з гофрованих листів;
- проаналізувати можливості виготовлення великогабаритного листового прокату вітчизняними металургійними комбінатами;
- проаналізувати можливості обробки великогабаритних листів на вітчизняних суднобудівних заводах для будівництва корпусів суден та плавучих доків;
- отримати залежності для визначення довжини зварних з'єднань корпусів суден з використанням листового прокату різних розмірів;
- розробити методичні рекомендації по вибору розмірів листового прокату для проектування нових корпусів великотоннажних транспортних суден і плавучих доків.

Об'єктом дослідження є процеси конструювання і технології виготовлення надбудов та корпусів морських транспортних суден і плавучих доків.

Предметом дослідження є суднові надбудови та конструктивні елементи корпусів морських транспортних суден і плавучих доків.

Методи дослідження. Поставлені в дисертації задачі та проведені дослідження вирішено із застосуванням основних методів будівельної механіки корабля та проектування суден вітчизняних й іноземних дослідників. Для розв'язку задачі аналізу технологічних особливостей надбудов і корпусів суден було використано методи експертних оцінок, логічного аналізу і теорії ймовірності. Для розробки методики заміни зовнішніх стінок надбудов на гофровані конструкції застосовувалися методи системного аналізу та синтезу.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Вперше обрано оптимальну форму перерізу гофра для зовнішніх стінок надбудов морських транспортних суден на основі методу аналізу ієрархій, згідно якого, враховуючи пріоритетність кожної з розглянутих форм перерізів запропоновано симетричний трапецеподібний гофр.

2. Встановлено, що для зовнішньої обшивки суднових надбудов зі шпациєю від 400 до 700 мм можна зменшити товщину стінок до 4 мм по всіх ярусах надбудови, шляхом використання гофрованих конструкцій трапецеподібного перерізу з виконанням вимог міцності, жорсткості та стійкості, що висуваються класифікаційними товариствами до таких конструкцій.

3. Встановлено, що вібраційна стійкість надбудов з гофрованими зовнішніми стінками та їх експлуатаційна міцність при товщині обшивки 4 мм по всіх ярусах з шириною гофра 400...700 мм і кутом нахилу бокової стінки 15° ... 70° забезпечена.

4. Вирішена оптимізаційна задача вибору раціональних розмірів листового прокату для будівництва корпусів середньо- та великотоннажних транспортних суден довжиною від 120 до 270 м з циліндричною вставкою від 40% загальної довжини та плавучих доків вантажопідйомністю від 8500 до 25000 т, які становлять $3,2 \times 16$ м, що підвищують рівень технологічності конструкцій та техніко-економічну ефективність будівництва.

Обґрунтованість та достовірність результатів дослідження забезпечена коректною постановкою мети і задач дослідження; підтверджена ретельним аналізом наукових робіт в даній області; забезпечена системним підходом до вирішення поставлених задач.

Практичну цінність мають:

1. Розроблена програма розрахунку міцнісних характеристик гофрів трапецеподібного перерізу та геометричних характеристик заготовок для їх виготовлення з урахуванням ширини гофра, його товщини, кута нахилу бокової стінки та ширини полки.

2. Вперше розроблена методика заміни зовнішніх стінок суднових надбудов на гофровані конструкції трапецеподібного перерізу, що дає

можливість оперативно оцінити виконання вимог міцності, жорсткості та стійкості таких конструкцій в умовах експлуатації.

3. Розроблена технологія виготовлення гофрованих модуль-панелей для зовнішньої обшивки суднових надбудов шляхом штампування по всій ширині листової заготовки, рівній висоті ярусу надбудови, що дозволяє скоротити трудомісткість до 32 %.

4. Визначені раціональні розміри листового прокату для будівництва корпусів середньо- та великотоннажних транспортних суден різного призначення довжиною від 120 до 270 м і плавучих доків вантажопідйомністю від 8500 до 25000 т.

Реалізація та впровадження результатів роботи. Результати досліджень впроваджені на ПАТ «Вадан Ярде Океан» і ХСЗ при складанні принципових технологій будівництва корпусів суден та ХДЗ «Паллада» для виготовлення башт композитних плавучих доків.

Матеріали дисертаційної роботи застосовуються у навчальному процесі Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова при викладанні дисциплін: «Основи технології суднобудування», «Комплексна підготовка виробництва» та «Комп'ютерне проектування технологічних процесів», а також у курсових, дипломних, магістерських і науково-дослідних роботах студентів.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є закінченим комплексним дослідженням. Всі результати роботи були отримані здобувачем особисто в період з 2007 р. по 2011 р. Вони полягають у виявленні технологічних особливостей проектування і будівництва надбудов та корпусів суден світового й вітчизняного суднобудування, аналізі форм перерізів гофрів та системному підході до вирішення задачі заміни зовнішніх стінок суднових надбудов на гофровані конструкції. На основі цього досвіду було запропоновано використання гофрованих панелей трапецеподібного перерізу для виготовлення зовнішньої обшивки надбудов морських транспортних суден товщиною 4 мм по всій висоті і великогабаритного листового прокату для будівництва суднових корпусів з урахуванням виробничих можливостей українських суднобудівних підприємств.

У працях, написаних у співавторстві, здобувачеві належить: [1] – розробка залежностей для визначення довжини зварних з'єднань корпусів суден з використанням листового прокату різних розмірів; [2] – розробка програми для розрахунку міцнісних характеристик гофрів різного перерізу та перерізів у вигляді пояску і привареного набору; [4] – створення графічних залежностей для вибору оптимальних гофрованих конструкцій зовнішніх стінок суднових надбудов, розробка методики заміни зовнішніх стінок суднових надбудов, що представляють полотна з привареним набором, на гофровані конструкції.

Апробація роботи. Матеріали дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на конференціях: міжнародній науково-методичній конференції “Автоматизация судостроительного производства и подготовка инженерных кадров» (26-27 червня 2007 р., м. Миколаїв); міжнародній науково-методичній конференції «Безопасность мореплавания и ее обеспечение при проектировании и постройке судов» (25-26 жовтня 2007 р., м. Миколаїв); VII міжнародній науково-методичній конференції «Безпека життєдіяльності людини – освіта, наука, практика» (20-21 березня 2008 р., м. Миколаїв); IV науково-технічній конференції “Живучість корабля та безпека на морі» (27-28 травня 2009 р., м. Севастополь); «Макаровські читання» (27-28 травня 2009 р., м. Миколаїв); професорсько-викладацьких конференціях Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова (2008, 2010 рр., м. Миколаїв); науково-практичній конференції «Судостроительный комплекс Украины: проблемы, перспективы развития» (26-27 травня 2010 р., м. Миколаїв); I міжнародній науково-технічній конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці» (15-17 вересня 2010 р., м. Миколаїв); VI международной научно-практической конференции «Научный потенциал мира» (17-25 вересня 2010 р., Болгарія).

Публікації. Основні результати досліджень, що увійшли до дисертації, викладені у друкованих працях: 5 статей у фахових виданнях за переліком ВАК (без співавторів 2), 7 доповідей та тез доповідей конференцій (в тому числі 5 міжнародних).

Структура й обсяг дисертаційної роботи. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, додатків та переліку використаних джерел. Загальний обсяг роботи складає 195 стор., з яких 155 стор. основного комп'ютерного тексту, 34 рисунка, 27 таблиць, перелік використаних літературних джерел з 97 найменувань та 30 стор. додатку.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі: обґрунтовано вибір і актуальність теми дисертації; визначено мету, задачі та методологічні основи досліджень; показано наукову новизну та практичне значення роботи, особистий внесок автора, наведено інформацію про апробацію, структуру та обсяг роботи.

У першому розділі розглядаються стан, основні тенденції, перспективи розвитку сучасного суднобудування морських транспортних суден. Наводяться результати аналізу світового ринку суднобудування, згідно з якими збільшення обсягів морської торгівлі приводить до зростання потреби у великотоннажних транспортних суднах.

Проведено огляд українського суднобудування, потужностей та практичного досвіду вітчизняних суднобудівних підприємств. Відзначено, що на даний час Україна має можливості та потенціал для виготовлення великотоннажних морських транспортних суден потрібної якості.

Проведено аналіз технологічних особливостей будівництва надбудов та корпусів морських транспортних суден. Розглянута еволюція форм суднових надбудов, згідно з якою сучасне проектування й виготовлення надбудов дотримується більш зручної, простої їх форми зі збільшенням кількості ярусів для забезпечення необхідного огляду за курсом судна. Виявлені основні технологічні недоліки під час виготовлення суднових надбудов. Було запропоновано застосування гофрованих конструкцій для зовнішньої обшивки надбудов морських транспортних суден.

На основі проведеного аналізу споруджуваних і запланованих до будівництва морських транспортних суден відзначені деякі технологічні особливості їх виготовлення. Так, довжина суден становить від 80 до 300 м, ширина – від 25 до 45 м, а висота борту – від 14 м. Судна мають подвійні борта та подвійне дно. Залежно від їх функціонального призначення розмір циліндричної вставки становить від 25 до 60%. Для будівництва таких суден характерними є секційний і блоковий методи формування корпусу на побудовному місці. В якості листового прокату в корпусообробному виробництві широко використовуються сталеві листи довжиною 8...12 м і шириною до 2,6 м. Було запропоновано використання листового прокату більших розмірів.

З одного боку, зростання розмірів секцій приводить до збільшення ширини й довжини потокової лінії, необхідності створювати технологічне й транспортне устаткування більших габаритів і маси. З іншого боку, корпусобудівне виробництво вимагає подачі на побудовне місце по можливості великих елементів судна, у тому числі й секцій. Збільшення розмірів і маси елементів судна є одним з найбільш істотних напрямків інтенсифікації використання побудовних місць.

За результатами узагальнення технологічних особливостей та тенденцій розвитку сучасного суднобудування поставлена мета і сформульовані основні задачі дисертаційної роботи, що вимагають подальшого дослідження.

У другому розділі проведено аналіз міцнісних характеристик гофрованих конструкцій різних форм перерізу для виготовлення надбудов морських транспортних суден.

Для виготовлення надбудови різних суден широко застосовуються конструкції, що представляють собою полотнища з привареним до них набором у вигляді штаб або профільного прокату. Полотнища розглянутих конструкцій виготовляються з порівняно тонких листів стандартних розмірів, товщини яких залежно від розмірів коливаються в межах від 5 до 15 мм та з'єднуються між собою стиковими швами. При використанні даних конструкцій найпоширенішим недоліком є утворення бухтиноватості після приварювання набору до відносно тонкого полотнища. Прагнення уникнути цього недоліку і досягти рівномірності розподілу матеріалу відносно нейтральної осі – одна з причин появи гофрованих конструкцій різного перерізу, в яких суміщуються функції ребра і пластини.

Найкраща форма перерізу обиралася шляхом варіантного проектування. Для проведення аналізу й вибору оптимального перерізу гофра були взяті дані по надбудовах проектів суден, побудованих на заводі «Вадан Ярде Океан» і Херсонському суднобудівному заводі (ХСЗ). Вихідними даними для розрахунку міцнісних характеристик конструкцій різних форм перерізів були призначені габарити, товщини зовнішніх стінок надбудов, характеристики підкріплювального набору, розміри шпациї.

Було проаналізовано кілька гофрованих конструкцій різного поперечного перерізу, характеристики яких за критеріями міцності й стійкості виявилися б не менше, ніж у базового перерізу у вигляді несиметричного штабобульба з приєднаним паском. Слід зазначити, що розглянуто гофри коробчастого перерізу, з обмеженою Правилами Регістру судноплавства України мінімальною товщиною $s = 5$ мм і кутом нахилу стінки гофра $\varphi = 45^\circ$ і 90° .

Використано системний підхід до вибору оптимального перерізу гофра для зовнішніх стінок надбудов суден. Для цього, враховуючи принципи ідентичності та декомпозиції було структуровано задачу у вигляді домінантної ієрархії (рис.1).

Після ієрархічного відтворення задачі було встановлено пріоритети критеріїв і оцінено кожен з альтернатив за критеріями, виявивши найважливішу з них. Для цього елементи завдання рівняються попарно стосовно їх впливу на загальну для них характеристику.

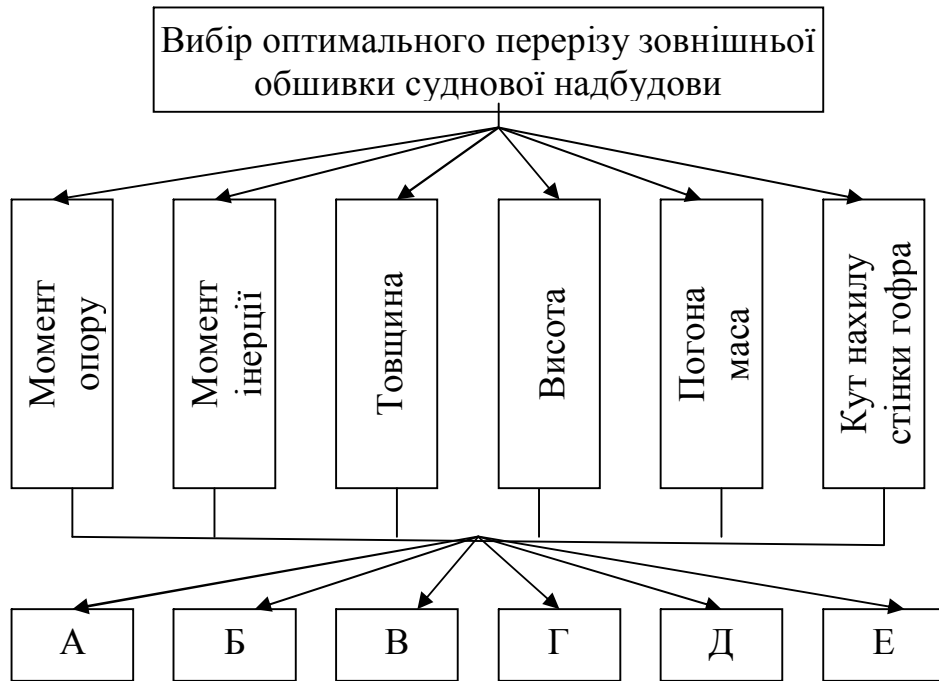


Рис. 1. Декомпозиція задачі вибору оптимального перерізу гофра в ієрархію
Парні порівняння приводяться до квадратної матриці

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix},$$

що має властивість зворотної симетричності, тобто

$$a_{ji} = 1/a_{ij},$$

де індекси i та j відносяться до рядка й стовпцю відповідно.

Якщо $A_1, A_2 \dots A_n$ – безліч з n елементів і $w_1, w_2 \dots w_n$ – відповідно інтенсивність їх впливу, то порівняння інтенсивності можна представити в такий спосіб:

	A ₁	A ₂	A ₃	...	A _n
A ₁	$\frac{w_1}{w_1}$	$\frac{w_1}{w_2}$	$\frac{w_1}{w_3}$	...	$\frac{w_1}{w_n}$
A ₂	$\frac{w_2}{w_1}$	$\frac{w_2}{w_2}$	$\frac{w_2}{w_3}$	...	$\frac{w_2}{w_n}$
A ₃	$\frac{w_3}{w_1}$	$\frac{w_3}{w_2}$	$\frac{w_3}{w_3}$	...	$\frac{w_3}{w_n}$
...					
A _n	$\frac{w_n}{w_1}$	$\frac{w_n}{w_2}$	$\frac{w_n}{w_3}$	...	$\frac{w_n}{w_n}$

Так як $w_1, w_2 \dots w_n$ невідомі заздалегідь, то попарні порівняння елементів проводяться з використанням суб'єктивних суджень, чисельно оцінюваних за визначеною шкалою, а потім вирішується задача знаходження компонент w .

З групи матриць парних порівнянь формувалася набір локальних пріоритетів, які виражають відносний вплив безлічі елементів на елемент рівня, що примикає зверху. Знаходилася відносна ймовірність кожного окремого об'єкта. Для цього обчислювалася безліч власних векторів для кожної матриці шляхом знаходження геометричного середнього, потім нормалізувався результат до одиниці, одержуючи тим самим вектор пріоритетів.

Компоненти власного вектора для i -го рядка з j кількістю компонентів розраховувалися за формулою:

$$a_i = \sqrt[j]{\left(\frac{w_i}{w_1}\right) \times \left(\frac{w_i}{w_2}\right) \times \left(\frac{w_i}{w_3}\right) \times \dots \times \left(\frac{w_i}{w_j}\right)}.$$

Нормалізований результат для одержання оцінки вектора пріоритету розраховувався за формулою:

$$x_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^n a_i},$$

де i – номер рядка, n – кількість рядків у матриці.

Аналізуючи отримані глобальні пріоритети було обрано оптимальний переріз гофра, що має симетричну трапецеподібну форму. Запропонований підхід до вибору форми перерізу гофрованих конструкцій для заміни зовнішніх стінок суднових надбудов дає можливість враховувати, крім геометричних і міцнісних характеристик, ступінь їх переваги. Допустима ступінь неузгодженості суджень різних фахівців з питання вибору оптимальної конструкції дозволяє об'єктивно прийняти найкраще рішення.

Результати рішення задачі раціонального вибору співвідношень розмірів поперечного перерізу гофра, побудови їх типорозмірного ряду та формулювання принципів раціонального проектування гофрованих конструкцій стінок зовнішньої обшивки надбудов морських транспортних суден отримані на основі оптимальної типової конструкції (рис.2). У якості розрахункового був обраний метод скінченних елементів (МСЕ), який в останні роки широко використовується в розрахунках міцності суднових конструкцій. Основними параметрами гофра такого перерізу є його ширина, товщина, висота, кут нахилу бокової стінки гофра. Змінюючи ці параметри є можливість варіювати міцнісними характеристиками таких конструкцій.

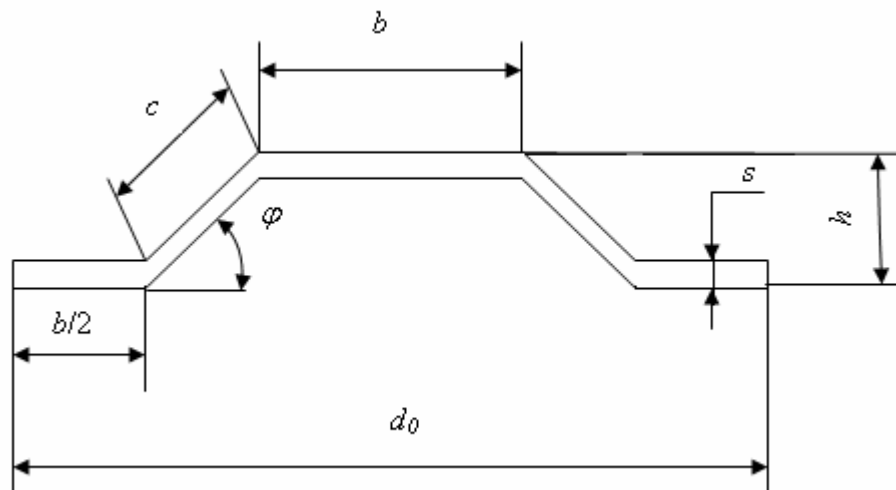


Рис. 2. Оптимальний переріз гофра для зовнішніх стінок надбудови та його геометричні показники

За результатами розрахунків були побудовані залежності зміни моменту опору, моменту інерції й висоти гофра при різних його габаритних характеристиках і товщині. Під час виконання розрахунків міцнісних характеристик гофрованих конструкцій типової форми перерізу варіювались в широкому діапазоні наступні параметри: ширина перерізу гофра d_0 , яка змінювалася в діапазоні 400...700 мм із кроком 50 мм, ширина верхнього паска b від 45 мм до максимально можливої при заданій ширині гофра, кут нахилу стінки гофра φ від 15° до 70° і товщина гофра s від 4 до 8 мм. Діапазони зміни параметрів були обрані з урахуванням середньостатистичних характеристик надбудов морських транспортних суден, а саме – розміру шпациї зовнішніх стінок та їх товщин, що змінюються по висоті надбудови.

Були розраховані геометричні параметри, моменти опору та моменти інерції для оптимального перерізу гофра різної ширини та товщини металу. Для зручності та скорочення часу виконання розрахунків було розроблено програму в середовищі Microsoft Excel. На основі цих даних розроблені графічні залежності міцнісних характеристик від основних геометричних параметрів гофрованих конструкцій.

Зниження товщини обшивки до 4 мм дозволяє забезпечити вимоги міцності, жорсткості та стійкості зазначених конструкцій. Причому слід зазначити, що можливим є зниження товщини обшивки з 12 мм до 4 мм, що дозволить не змінювати товщину по всіх ярусах надбудови. Таке рішення спрощує технологічний процес виготовлення блоків суднових надбудов за рахунок відсутності операції зняття фасок, як це відбувалося під час з'єднання полотнищ ярусів надбудови, що мали різну товщину, яка зменшувалася по її висоті.

Розроблена методика заміни зовнішніх стінок надбудов суден, що представляють собою полотнища з привареним до них набором, на гофровані конструкції дає можливість прискореного та зручного визначення параметрів гофрів. Графічне представлення є необхідним для полегшення вибору перерізу гофра певних геометричних характеристик, момент опору й момент інерції якого не менше розрахованих згідно вимог класифікаційного товариства для стандартної конструкції. Такі графіки для ширини гофра $d_0 = 400$ мм, товщини $s = 4$ мм представлені на рис. 3, 4, 5.

Для вибору оптимальних геометричних та міцнісних характеристик гофра під час виконання заміни зовнішніх стінок надбудов морських транспортних суден на гофровані конструкції необхідно за рис. 3 визначити для якої ширини верхнього паска b та кута нахилу стінки гофра φ момент опору W нової конструкції буде не менше розрахованого значення базової конструкції, що забезпечить її міцність (в якості приклада згідно пунктирної лінії).

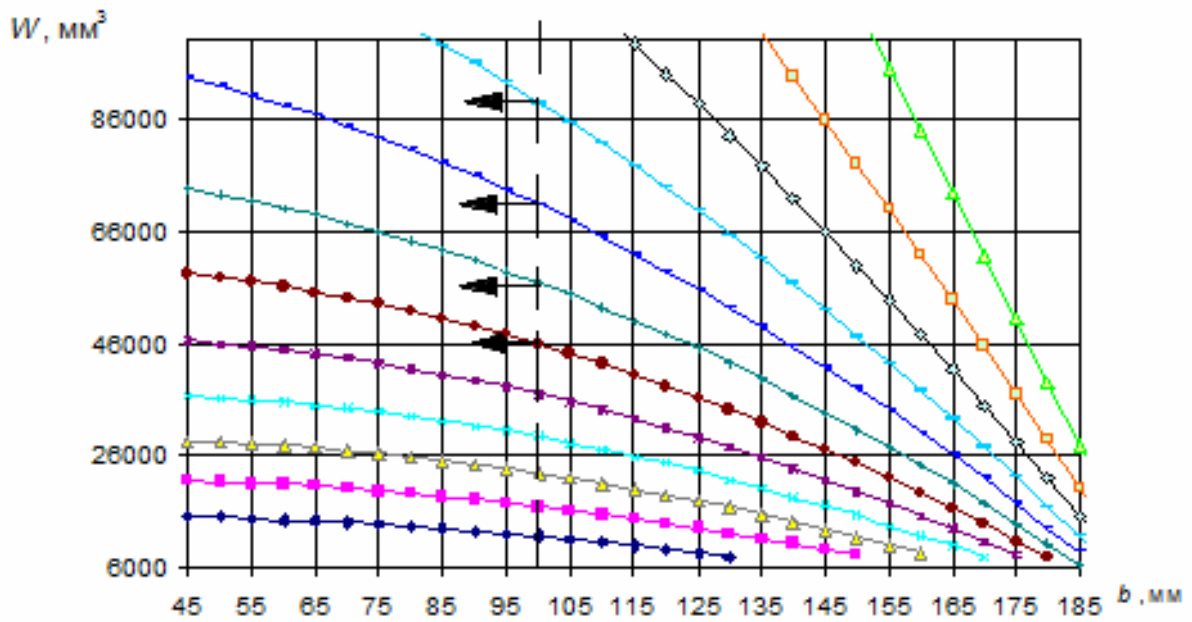


Рис. 3. Залежність моменту опору гофра W від ширини паска b при кутах нахилу стінки гофра $15^\circ \dots 70^\circ$:

— 15° , — 20° , — 25° , — 30° , — 35° , — 40° , — 45° ,
 — 50° , — 55° , — 60° , — 65° , — 70° ; □ □ — — приклад
 знаходження потрібних характеристик гофра

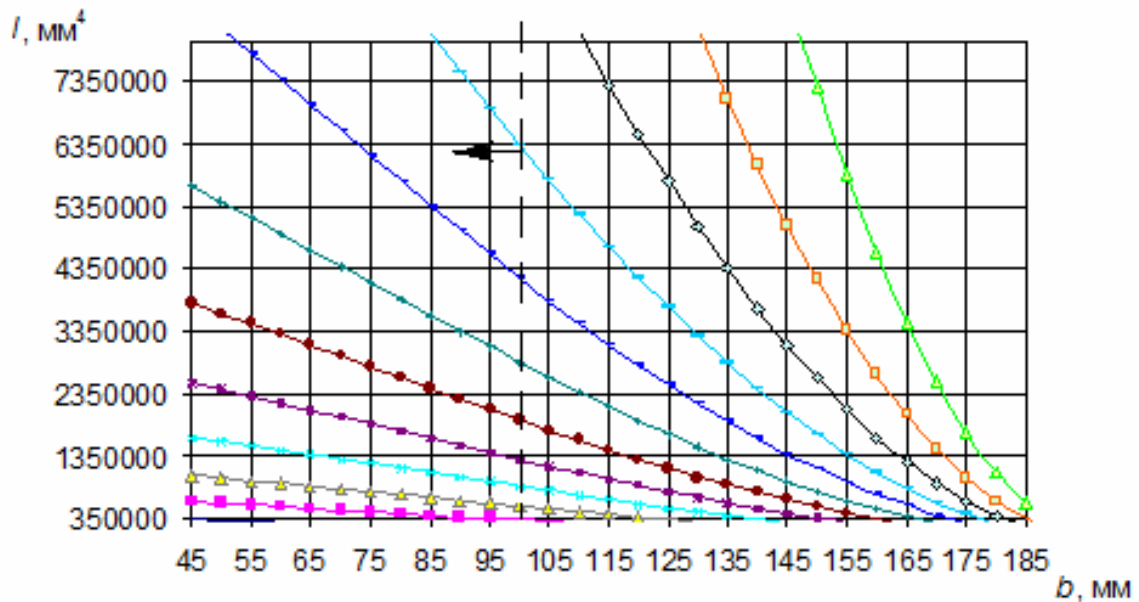


Рис. 4. Залежність моменту інерції гофра I від ширини паска b при кутах нахилу стінки гофра $15^\circ \dots 70^\circ$: позначення кутів нахилу див. рис. 3; □ □ — — приклад знаходження потрібних характеристик гофра

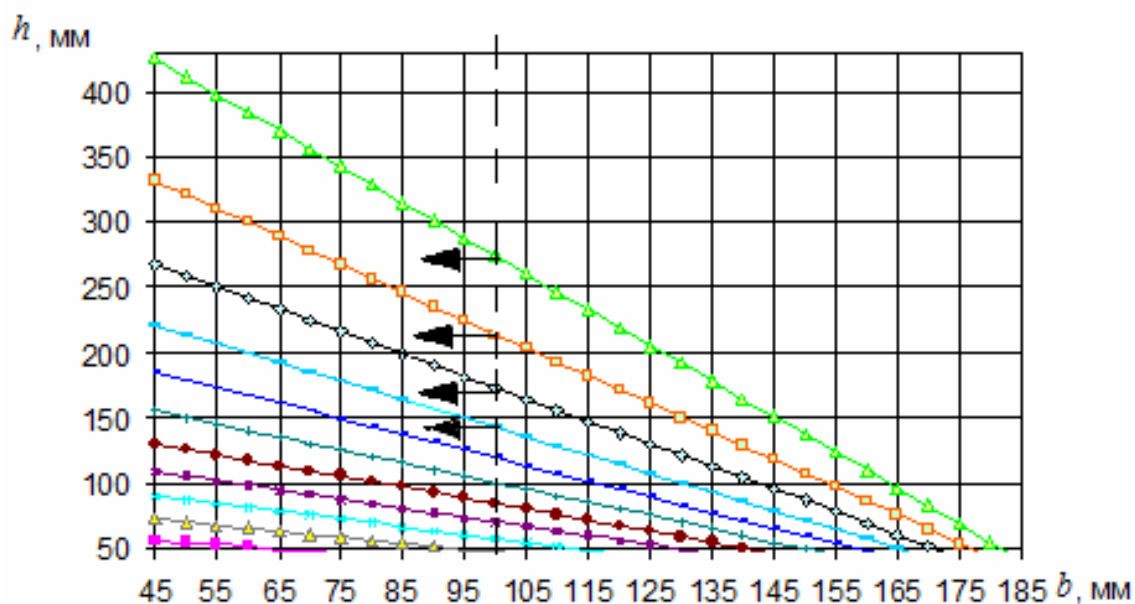


Рис. 5. Залежність висоти гофра h від ширини паска b при кутах нахилу стінки гофра $15^\circ \dots 70^\circ$: позначення кутів нахилу див. рис. 3; $\square \square - -$ – приклад знаходження потрібних характеристик гофра

Після цього потрібно перевірити чи забезпечують визначені геометричні параметри гофра жорсткість нової конструкції. Для цього на рис. 4, використовуючи отримані величини ширини верхнього паска та кута нахилу стінки гофра, необхідно визначити момент інерції I гофрованої конструкції (згідно пунктирної лінії). Якщо його значення не менше розрахованого за Правилами класифікації й побудови морських суден для конструкції у вигляді полотнищ з привареним до них набором, то жорсткість забезпечено.

За рис. 5 визначається висота гофра для визначених ширини верхнього паска та кута нахилу стінки гофра згідно пунктирної лінії. При цьому слід враховувати, що стійкість конструкції підвищується зі збільшенням висоти h гофра. Використовуючи наведені графіки також можна враховувати наявні виробничі можливості для виготовлення гофрів або постачання вже готових конструкцій з меншою металоємністю й меншою масою.

При заміні зовнішніх стінок суднових надбудов на гофровані конструкції з використанням отриманих вище розрахункових даних для трапецеподібного перерізу різної ширини, товщини й кута нахилу стінки гофра виникає завдання ухвалення рішення вибору оптимальних характеристик гофра з отриманого ряду альтернатив. Для розв'язку цього завдання було використано метод аналізу ієрархій.

Боковий вигляд надбудови морського транспортного судна з гофрованими зовнішніми стінками представлено на рис. 6.

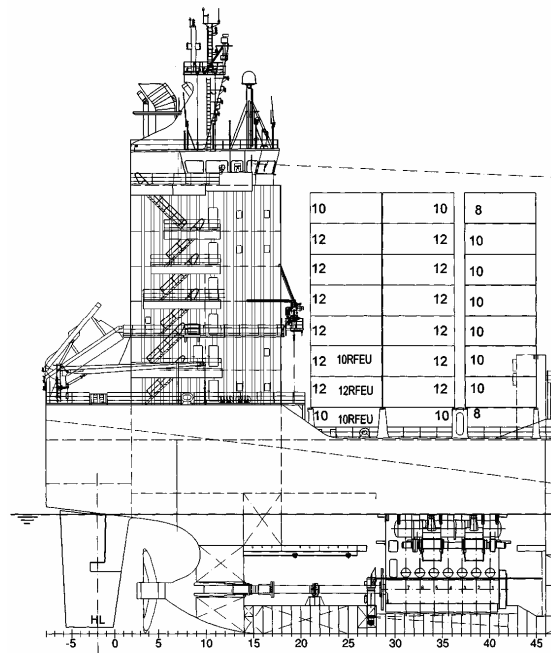


Рис. 6. Боковий вигляд надбудови судна з гофрованими зовнішніми стінками

Надбудова баштового типу, зовнішня обшивка якої представлена гофрованими модуль-панелями, не порушує свого функціонального призначення та відповідає вимогам міцності, жорсткості та стійкості.

В розділі виконано аналіз експлуатаційної міцності і вібраційної стійкості гофрованих надбудов морських транспортних суден. На основі методу умовних вимірників і отриманих залежностей для визначення мінімальної товщини було оцінено виконання вимог класифікаційних товариств до подібних конструкцій при впливі різних факторів, таких як дія від удару вантажу, плаваючого предмету та ін. Причому критерій експлуатаційної міцності зовнішньої обшивки надбудови представлений у вигляді

$$P_{\text{пр}} \geq k_z P_{\text{екс}},$$

де k_z – коефіцієнт запасу по навантаженню, $P_{\text{пр}}$ – руйнівне навантаження, $P_{\text{екс}}$ – експлуатаційне контактне навантаження.

Аналіз вібраційної стійкості надбудови морського транспортного судна з гофрованими зовнішніми стінками проведено на основі методики попереднього оцінювання значень основної частоти коливань надбудови баштового типу на ранніх стадіях проектування. Основна частота коливань надбудови визначається за формулою:

$$\lambda = 0,17 \cdot k \sqrt{\frac{l \cdot \delta \cdot G}{M \cdot h}},$$

де λ – основна частота вільних коливань надбудови, h – висота надбудови, l – її довжина, M – маса, δ – усереднена сумарна товщина поздовжніх стінок, G – модуль зсуву матеріалу надбудови, k – коефіцієнт, який враховує жорсткість закріплення надбудови.

У третьому розділі виконано аналіз можливості виготовлення і обробки великогабаритного листового прокату для будівництва корпусів суден і плавучих доків.

На основі отриманих результатів можна стверджувати, що вітчизняні металургійні комбінати забезпечені виробничими потужностями для виготовлення листового прокату максимальним розміром 3,2 x 16 м та суднобудівні заводи «Вадан Ярде Океан», ЧСЗ, «Залів», ХСЗ мають можливості використовувати великогабаритні сталеві листи зазначених розмірів з урахуванням наявного обладнання без додаткових капіталовкладень на закупівлю нового устаткування, забезпечуючи повний технологічний цикл виготовлення корпусів морських транспортних суден.

Розгляд питання щодо застосування таких листів проводився для корпусів морських транспортних суден двох типів (танкерів та контейнеровозів), що на сьогоднішній день користуються найбільшим попитом у замовників і формують в основному портфелі замовлень суднобудівних підприємств. Наведені розмірні характеристики суден найбільшого попиту та розміри розглянутих ділянок по довжині корпусу для використання великогабаритного листового прокату, що склали 69...78 % від загальної довжини судна.

Отримано аналітичні залежності для визначення довжини стикових з'єднань, які дають можливість порівняти та оцінити різницю під час використання листового прокату різних розмірів для корпусів транспортних суден:

$$l_{ш} \approx (N_{пояс} - 1)l_{л} \cdot n_{сек} + ((2H + B)k_1 + B \cdot n_{п} \cdot k_{п})(n_{сек} + 1)k_2 + \\ + \left(\frac{2(H - h_{д}) + (B - 2h_{б})}{b_{л}} - 1 \right) \cdot l_{л} \cdot n_{сек} + (2(H - h_{д}) + (B - 2h_{б}))(n_{сек} + 1)k_2$$

де H , B – висота борту й ширина судна відповідно, $l_{л}$, $b_{л}$ – довжина та ширина сталевих листів, які використовуються, відповідно, $h_{д}$ – висота міждонного простору, $h_{б}$ – ширина міжбортового простору, $n_{сек}$ – кількість секцій на ділянці по довжині корпусу при використанні листового прокату розглянутого розміру, $n_{п}$ – кількість палуб,

$$N_{\text{пояс}} = \frac{((2H + B)k_1 + B \cdot n_{\text{п}} \cdot k_{\text{п}})k_2}{b_{\text{л}}} - \text{кількість поясів, зведена до більшого}$$

цілого числа; k_1 – коефіцієнт, що враховує скулові скруглення корпусу судна; k_2 – коефіцієнт, що враховує зміну ширини корпусу по довжині судна щодо її розміру в районі циліндричної вставки; $k_{\text{п}}$ – коефіцієнт, що враховує суцільність настилу палуби від борту до борту.

Для металевих башт композитних доків:

$$l_{\text{шв}} = 4 \cdot \left(\left(\frac{H_{\text{с}}}{b_{\text{л}}} 1 \right) \cdot L_{\text{д}} + \left(\frac{L_{\text{д}}}{l_{\text{л}}} + 1 \right) \cdot H_{\text{с}} \right) + n_{\text{пал}} \cdot \left(\left(\frac{b_{\text{пал}}}{b_{\text{л}}} - 1 \right) \cdot L_{\text{д}} + \left(\frac{L_{\text{д}}}{l_{\text{л}}} + 1 \right) \cdot b_{\text{пал}} \right),$$

де $l_{\text{л}}$, $b_{\text{л}}$ – довжина й ширина застосовуваних сталевих листів відповідно, $L_{\text{д}}$, $H_{\text{с}}$ – довжина доку й висота його веж, $n_{\text{пал}}$ – кількість палуб; $b_{\text{пал}}$ – ширина палуб.

Причому слід зазначити, що під час збільшення ширини листового прокату зниження довжини зварних з'єднань відбувається інтенсивніше, ніж у випадку збільшення довжини сталевих листів.

Виконана оптимізація габаритів листового прокату для будівництва корпусів морських транспортних суден і плавучих доків. Задача прийняття оптимального рішення є задачею пошуку такої альтернативи x (розмірів листового прокату), коли

$$q(x_i) = \min q(x).$$

Числова множина альтернатив в даному випадку обмежена значеннями мінімальної та максимальної ширини листів рівними відповідно 2,5 та 4 м з урахуванням номенклатури сталевих листів для суднобудування українських та закордонних виробників, а також максимальним та мінімальним розміром довжини – 10 та 16 м відповідно. На основі отриманих результатів при вирішенні оптимізаційної задачі найкращими розмірами листового прокату для вітчизняного будівництва сучасних корпусів морських транспортних суден і плавучих доків є ширина листів 3,2 м і довжина 16 м.

У четвертому розділі запропоновано для будівництва зовнішньої обшивки суднових надбудов виготовляти гофровані модуль-панелі методом штампування по всій ширині заготовки, рівній висоті ярусу надбудови. З урахуванням цього розроблена технологія виготовлення таких модуль-панелей та надані рекомендації щодо обладнання, яке можна використовувати для виконання розробленого технологічного процесу. Обладнання є універсальним і враховує можливість зміни геометричних характеристик гофрованих модуль-панелей з кожним новим проектом або новим судном.

Розроблені рекомендації щодо визначення параметрів заготовок, необхідних для виготовлення гофрованих модуль-панелей потрібної довжини, ширини, товщини та форми перерізу. Розроблена методика визначення розмірів матриці та пуансона забезпечує зручність вибору їх параметрів для виготовлення необхідного гофра. Методика в загальному вигляді залежить від способу проставляння розмірів гофра на кресленні, а саме завданням зовнішнього або внутрішнього розміру ширини паска b . Якщо задається зовнішній розмір паска гофра (відповідно до запропонованої методики заміни зовнішніх стінок у вигляді плоских полотнищ із привареним набором на гофровані конструкції), то розмір матриці визначається за формулою:

$$A_m = (d_0 - K_\Delta \Delta)^{\delta_m},$$

де d_0 – номінальний розмір гофра після згинання; K_Δ – коефіцієнт, що визначає частку допуску ($K_\Delta = 0,4 \dots 0,5$); Δ – граничне відхилення розміру деталі; δ_m – граничне відхилення на розмір A_m , що визначається із залежності

$$\delta_m = 0,8 K_\Delta \Delta.$$

Довжину пуансона визначають за формулою:

$$H_{\text{п}} \geq l + H_{\text{пн}} + (20 \dots 25),$$

де $H_{\text{пн}} = (0,3 \dots 0,5) A_{\text{п}}$, $A_{\text{п}}$ – розмір пуансону.

Слід також враховувати значення необхідного зусилля для згинання, щоб раціонально підібрати потрібне устаткування. У випадку штампування трапецеподібного гофра по всій ширині заготовки (рівній висоті ярусу надбудови в середньому 2,5 м) необхідне зусилля $P_{\text{гб}}$ визначають за формулою:

$$P_{\text{гб}} = l_{\text{г}} s K_{\text{г}} \sigma_{\text{в}},$$

де $l_{\text{г}}$ – довжина лінії згинання, що забезпечується за одне притиснення; s – товщина матеріалу, що штампується; $K_{\text{г}}$ – коефіцієнт, що визначається за таблицею залежно від відношення радіуса згиання до товщини матеріалу r/s ; $\sigma_{\text{в}}$ – межа плинності матеріалу, що штампується.

З урахуванням раціональності виготовлення потрібних гофрованих модуль-панелей на одному підприємстві спроектована ділянка штамповки таких конструкцій для зовнішньої обшивки суднових надбудов. Для оптимізації складу і розміщення ділянки штампування гофрованих модуль-

панелей для зовнішньої обшивки надбудов морських транспортних суден було застосовано метод аналізу ієрархій. Схему ділянки подано на рис.7.

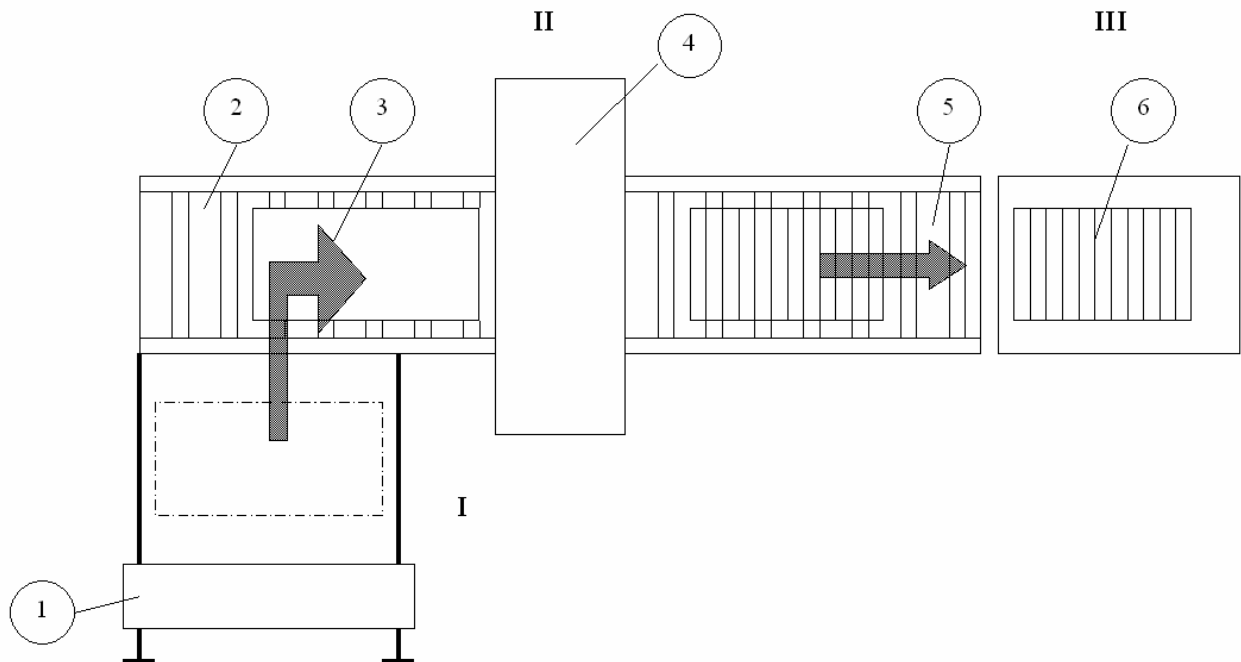


Рис. 7. Схема ділянки штампування гофрованих модуль-панелей:
1 – спеціальний транспортний пристрій; 2, 5 – рольганг; 3 – лист, що штампується; 4 – прес, 6 – готові модуль-панелі

Ділянка є універсальною, максимально механізованою та автоматизованою.

У п'ятому розділі представлено впровадження результатів дослідження на ПАТ “Вадан Ярде Океан”, Херсонському суднобудівному заводі. Великогабаритний прокат розмірами 3,2 x 16 м було рекомендовано для використання у будівництві композитних плавучих доків на заводі “Палада”. Розроблено стандарт СТП 2066753 – 05.15 – 11 «Технологія виготовлення гофрованих модуль-панелей для надбудов суден».

Дослідження застосування гофрованих коробчастих симетричних гофрів, як найбільш раціональних з цих видів конструкцій для зовнішніх стінок надбудов морських транспортних суден, показало, що загальна трудомісткість виготовлення надбудови порівняно з використанням полотнищ з приварним набором зменшується на 31,4 %.

Проаналізовано ефективність використання великогогабаритного листового прокату для будівництва корпусів суден. На основі аналізу отриманих розрахунків можна стверджувати, що застосування великогогабаритних сталевих листів максимальних розмірів 3,2x16 м для будівництва корпусів морських транспортних суден на довжині 69...78 % в

середній частині дозволить знизити трудомісткість розмічувальних робіт на 40...46 %, різання – на 33...39 %, розробки кромок під зварювання – до 40 % і зачищення кромок – на 33...39 %, складальних робіт на 33...39 %, зварювальних робіт – на 33...39 % залежно від типу й розмірів судна.

Для такого виду суднобудівного виробництва, як корпусообробне, трудомісткість знижується на 36...42 %. Для складально-зварювального виробництва застосування листового прокату розміром 3,2 x 16 м дозволить знизити трудомісткість складально-зварювальних робіт на 33...39 % для суден різних типів та розмірів.

Тобто, використання великогабаритного листового прокату дозволить знизити трудомісткість розглянутих робіт на 34...40 %.

У додатках А-В наведено результати розрахунку основних характеристик трапецеподібного гофра, результати розрахунків довжини зварних з'єднань на прикладі двох типів суден, зменшення маси наплавленого металу за рахунок зміни габаритів листового прокату, результати розрахунків трудомісткості за технологічними операціями, видами виробництва та виготовлення судна в цілому.

ВИСНОВКИ

1. У дисертаційній роботі отримано нове розв'язання важливої наукової задачі – конструктивно-технологічне удосконалення надбудов і корпусів морських транспортних суден, яке виражається у використанні гофрованих конструкцій для зовнішньої обшивки надбудов та застосуванні великогабаритного листового прокату для виготовлення судових корпусів і башт плавучих доків великої підйомної сили.

2. Вперше на основі технологічних особливостей застосування гофрованих конструкцій для зовнішніх стінок надбудов морських транспортних суден вирішена задача вибору оптимального перерізу гофра методом аналізу ієрархій з урахуванням пріоритетності кожного типу перерізу гофра і проаналізовані їх вібраційна стійкість та експлуатаційна міцність.

3. Розроблена нова методика заміни зовнішніх стінок судових надбудов, що представляють полотнища з привареним набором, на гофровані конструкції з використанням розробленої програми розрахунку міцнісних характеристик гофрів та графічних залежностей, згідно якої можливим є зниження товщини зовнішніх стінок до 4 мм по всіх ярусах надбудови з шириною гофра 400...700 мм і кутом нахилу бокової стінки 15°...70° зі зменшенням ваги блоку надбудови, трудомісткості його виготовлення та собівартості.

4. Розроблена технологія виготовлення надбудов з гофрованих конструкцій і сформульовані технічні вимоги до устаткування для виготовлення тонкостінних гофрованих модуль-панелей методом

штампування одночасно чотирьох зламів гофра по всій ширині листової заготовки, рівній висоті ярусу надбудови, що дозволяє скоротити трудомісткість робіт до 32 %.

5. Вирішена оптимізаційна задача вибору розмірів листового прокату для будівництва морських транспортних суден довжиною 120...270 м з циліндричною вставкою від 40 % і плавучих доків вантажопідйомністю 8500...25000 т з використанням розроблених залежностей визначення довжини стикових з'єднань, розміри якого становлять 3,2 x 16 м.

6. Результати проведених досліджень по використанню гофрованих модуль-панелей для зовнішніх стінок надбудов морських транспортних суден і великогабаритного листового прокату для суднових корпусів і плавучих доків дозволяють підвищити рівень технологічності корпусних конструкцій, впроваджені на суднобудівних заводах та рекомендовані проектним організаціям.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні наукові фахові видання:

1. Цыкало Н.В. К анализу применения крупногабаритных листов при строительстве корпуса судна / Н.В. Цыкало, Т.В. Проценко // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2007. – №3. – С. 50-56.

2. Цыкало Н.В. Анализ гофрированных конструкций для стенок надстроек судов / Н.В. Цыкало, В.В. Кашлюк // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2007. – №6. – С. 24-29.

3. Цыкало Н.В. Оптимізація розмірів листового прокату для будівництва корпусів транспортних суден / Н.В. Цыкало // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2009. – №5. – С. 59-65.

4. Цыкало Н.В. Застосування гофрованих конструкцій для зовнішніх стінок надбудов транспортних суден / Н.В. Цыкало, Л.І Коростильов // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2009. – №6. – С. 16-21.

5. Цыкало Н.В. Системный подход к решению задачи замены наружных стенок судовых надстроек на гофрированные конструкции / Н.В. Цыкало // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2010. – №2. – С. 39-44.

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

6. Цыкало Н.В. Анализ применения крупногабаритных листов при строительстве корпуса судна / Н.В. Цыкало // Автоматизация судостроительного производства и подготовка инженерных кадров: состояние, проблемы, перспективы: Материалы междунар. научно-методич. конф., 26-27 июня 2007 г. – Николаев: НУК, 2007. – С. 108-110.

7. Цыкало Н.В. Исследование возможности замены гладкостенных надстроек судов на гофрированные / Н.В. Цыкало // Безопасность

мореплавання и ее обеспечение при проектировании и постройке судов: Материалы междунар. научно-технич. конф., 25-26 октября 2007 г. – Николаев: НУК, 2007. – С. 77-79.

8. Цикало Н.В. Використання гофрованих конструкцій для підвищення технологічності надбудов суден / Н.В. Цикало // Безпека життєдіяльності людини – освіта, наука, практика: Матеріали 7 міжнар. науково-методич. конф., 20-21 березня 2008 р. – Миколаїв: НУК, 2008. – С. 276-278.

9. Рашковский А.С. Исследование типоразмеров сечения гофров для наружных стенок надстройки судна / А.С. Рашковский, Н.В. Цыкало // Живучість корабля та безпека на морі: Тези доповідей IV науково-технич. конф., 27-28 травня 2009 р. – Севастополь: СВМІ ім. П.С. Нахімова, 2009. – С. 42.

10. Цикало Н.В. До питання укрупнення суднових конструкцій / Н.В. Цикало // Макаровські читання: тези доповідей, 27-28 травня 2009 р. – Миколаїв: НУК, 2009. – С. 45.

11. Цикало Н.В. Доцільність застосування великогабаритного листового прокату в будівництві композитних доків / Н.В. Цикало // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали I міжнародної науково-технич. конф., 15-17 вересня 2010 р. – Миколаїв: НУК, 2010. – С. 38-40.

12. Цыкало Н.В. Технологические особенности изготовления надстроек транспортных судов / Н.В. Цыкало // Научный потенциал мира: Материалы VI международной научно-практич. интернет-конф. «Научный потенциал мира» 17-25 сентября 2010 г. – Болгария, 2010. – С. 23-25.

АНОТАЦІЯ

Цикало Н.В. Конструктивно-технологічне удосконалення надбудов та корпусів морських транспортних суден на основі гофрованих елементів і великогабаритних листів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.08.03. – «Конструювання та будування суден». – Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв, 2011 р.

Метою досліджень є конструктивно-технологічне удосконалення надбудов і корпусів морських транспортних суден на основі гофрованих елементів і великогабаритного листового прокату, що дозволяє знизити трудомісткість виготовлення та собівартість суден, підвищити їх технологічність і конкурентоспроможність на світовому ринку.

Згідно аналізу тенденцій розвитку сучасного суднобудування розглянуті технологічні особливості виготовлення надбудов та корпусів морських транспортних суден і сформульовані основні задачі досліджень.

Проаналізовані технологічні особливості використання гофрованих конструкцій для виготовлення зовнішніх стінок суднових надбудов і вирішено завдання вибору оптимального перерізу гофра. Розроблена програма розрахунків міцнісних характеристик гофра оптимального перерізу і вперше розроблена методика заміни зовнішніх стінок суднових надбудов у вигляді плоских полотнищ із привареним набором на гофровані конструкції, проаналізовані їх вібраційна стійкість та експлуатаційна міцність. Запропонована й розроблена технологія виготовлення тонкостінних гофрованих модуль-панелей, сформульовані технічні вимоги до устаткування й спроектована ділянка штампування таких модуль-панелей.

Проаналізовані можливості виготовлення й обробки великогабаритних листів українськими металургійними та суднобудівними підприємствами. Розроблені методичні рекомендації щодо вибору розмірів листового прокату дозволяють проектувати нові технологічні корпуси суден, що мають високу конкурентоспроможність на вітчизняному й світовому суднобудівних ринках. Отримані залежності визначення довжини зварних з'єднань для корпусів суден і плавучих доків при використанні листового прокату різних розмірів, що дозволяють ще на проектній стадії оцінити технологічність проектів, які розробляються.

Вагомий економічний ефект показує доцільність використання результатів досліджень у суднобудівному виробництві.

Ключові слова: технологія, великогабаритний листовий прокат, гофровані конструкції, оптимізація, корпус, суднова надбудова, ефективність.

АННОТАЦИЯ

Цыкало Н.В. Конструктивно-технологическое совершенствование надстроек и корпусов морских транспортных судов на основе гофрированных элементов и крупногабаритных листов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.08.03. – «Конструирование и строительство судов». – Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Николаев, 2011 г.

Целью исследования является конструктивно-технологическое совершенствование надстроек и корпусов морских транспортных судов на основе гофрированных элементов и крупногабаритных листов, позволяющее снизить трудоемкость изготовления и себестоимость судов, повысить их технологичность и конкурентоспособность на мировом рынке.

В диссертации выполнен анализ тенденций развития современного судостроения и показана потребность в строительстве крупнотоннажных морских транспортных судов. Рассмотрены технологические особенности

изготовления надстроек и корпусов судов, а также сформулированы основные задачи исследований.

Проанализированы технологические особенности использования гофрированных конструкций для изготовления наружных стенок судовых надстроек и решена задача выбора оптимального сечения гофра, удовлетворяющая всем предъявляемым требованиям к таким конструкциям. Разработана программа расчета прочностных характеристик гофра оптимального сечения и впервые разработана методика замены наружных стенок судовых надстроек в виде плоских полотнищ с приваренным набором на гофрированные конструкции, проанализированы их вибрационная стойкость и эксплуатационная прочность.

Для строительства наружных стенок надстроек морских транспортных судов предложена и разработана технология изготовления тонкостенных гофрированных модуль-панелей, сформулированы технические требования к оборудованию и спроектирован участок штамповки таких модуль-панелей.

Проанализированы возможности изготовления крупногабаритных листов металлургическими комбинатами Украины, а также мощности непосредственно судостроительных предприятий, позволяющие обрабатывать подобные листы как для использования в строительстве корпусов морских транспортных судов, так и для плавучих доков.

Разработанные методические рекомендации по выбору размеров листового проката позволяют проектировать новые более технологичные корпуса судов, имеющие высокую конкурентоспособность на отечественном и мировом судостроительных рынках.

Получены зависимости определения длины сварных соединений для корпусов судов и плавучих доков при использовании листового проката разных размеров, что позволяет еще на проектной стадии оценить технологичность разрабатываемых проектов.

Возможный экономический эффект показывает целесообразность использования результатов исследований в судостроительном производстве.

Ключевые слова: технология, крупногабаритный листовой прокат, гофрированные конструкции, оптимизация, корпус судна, судовая надстройка.

THE SUMMARY

Tsikalo N.V. Constructive-technological perfection of superstructures and hulls of marine transport vessels on the basis of the corrugated elements and large-sized sheets. – the Manuscript.

The dissertation for the scientific degree of Candslate of Technikal Sciences on speciality 05.08.03. – «Design and building of vessels». – National university of shipbuilding named after the admiral Makarov, Nikolaev, 2011.

The purpose of researches is improvements of building technology with use of corrugated constructions for external walls of ship superstructures and large-sized sheet for the vessel cases.

According to analysis the modern shipbuilding tendencies of development technological features of manufacturing of cases and ship superstructures is considered and the formulated primary goals of researches.

Technological features of corrugated designs use for manufacturing of ship superstructures external walls are analysed and the problem of the optimum corrugated section choice is solved. The program for calculations of durability characteristics of optimum corrugated section is developed and for the first time the technique of replacement of ship superstructures external walls from the flat panels with the welded set to the corrugated designs is developed. The manufacturing techniques of the thin-walled corrugated modules-panels are offered and developed, technical requirements to the equipment are formulated and the site of stamping of such modules-panels is designed.

The possibilities of manufacturing and processing of large-sized sheets by the metallurgical and ship-building enterprises is analysed. The methodical recommendations for the choice of the sheet sizes allow to project new technological vessel cases which have high competitiveness in the ukrainian and world ship-building markets. The dependences of ship and floating docks welding courts length definition at use of the different sizes sheet is received.

Key words: technology, large-sized sheet, corrugated designs, optimization, vessel case, ship superstructure.