DOI [https://doi.org/10.15589/znп2020.2\(480\).3](https://doi.org/10.15589/znп2020.2(480).3)
УДК 629.525.3 (629.5.042.21)

THE CURRENT TRENDS IN YACHT DESIGN AND CONSTRUCTION

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ У ПРОЄКТУВАННІ ТА БУДІВНИЦТВІ ЯХТ

Yurii K. Yahlytskyi

yurii.yahlytskyi@nuos.edu.ua

ORCID: 0000-0002-4865-0411

Ю. К. Яглицький,

канд. техн. наук, доцент

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

Abstract. *The study examines current trends in yacht design and construction, both for custom-made projects and for mass-produced small-size vessels. The features of modern design and construction are presented: technologies and innovations, as well as current approaches to design, which can be conditionally grouped into several subcategories: yacht design – a multi – tasking process that includes complex project development; energy efficiency – the optimal energy consumption that is generated on a boat or yacht and spent on the movement of the vessel and the power of onboard equipment; hi-tech – the most new and progressive technologies of modernity, as well as style in design and architecture. Modern trends in yacht construction, both using traditional and innovative optimal materials, are also considered. The purpose of the research is to identify non-traditional design and technological features of yacht manufacturing. The methodological basis of the development was the tasks that are solved during the research and provide for the identification of modern distinctive features of the design, design and technological preparation and construction of original small vessels, analysis of modern foreign experience in designing architecture, planning the design of the appearance and interior of yachts. It is established that modern yacht design and construction is a process of constant approximation to the result, which must meet certain pre-defined requirements. and it is called the design spiral, the essence of which consists in repeated passage of several stages (starting with the specification or technical task) to ensure the set conditions – parameters and aesthetic qualities at the same time, using computer-aided design systems. Integrated software products allow you to automate the process of creating floating objects and provide higher quality design and construction documentation, as well as help to optimize production costs and financial resources. It is clarified that each specific yacht concept has its own priority of qualities, and must have not only aesthetic and all operational qualities, but also an approximate price segment of the final product. The use of innovative design, the latest achievements in yacht architecture, optimal materials and modern technologies for construction and interior design, technical equipment, configuration and installation of equipment on the yacht helps to ensure safety, independence and comfort on Board the yacht and transfers yacht construction to a new era of elegance and efficiency.*

Key words: architecture; interior and exterior of yachts; spiral design; computer-aided design systems; construction technologies.

Анотація. У дослідженні розглянуто сучасні тенденції проєктування та побудови яхт, як для проєктів, зроблених на замовлення, так і для серійних маломірних суден. Наведено особливості сучасного проєктування і конструювання: технології і нововведення, а також поточні підходи до проєктування, які можна умовно об'єднати в декілька підкатегорій: дизайн яхт – багатозадачний процес, який включає комплексну розробку проєкту; енергоефективність – оптимальна витрата енергії, що виробляється на катері або яхті, витрачається на рух судна і на живлення бортового устаткування; хай-тек – найбільш нові і прогресивні технології сучасності, а також стиль у дизайні й архітектурі. Розглянуті також сучасні напрями в будівництві яхт із використанням як традиційних, так і інноваційних оптимальних матеріалів.

Мета дослідження полягає у виявленні нетрадиційних проєктно-конструкторських і технологічних особливостей виготовлення яхт. Методичною основою розробок стали завдання, які вирішуються під час дослідження та передбачають виявлення сучасних відмінних рис проєктування, конструкторсько-технологічної підготовки і будівництва оригінальних малих суден, проведення аналізу сучасного закордонного досвіду проєктування архітектури, планування дизайну зовнішнього вигляду й інтер'єру яхт. Установлено, що сучасне проєктування і конструювання яхт – це процес постійного наближення до результату, який має задовольняти певним, заздалегідь заданим вимогам, і дістав назву дизайн-спіралі, сутність якої полягає в повторному проходженні декількох етапів (починаючи зі специфікації або технічного завдання) для дотримання поставлених умов – параметрів і естетичних якостей водночас, з використанням систем автоматизованого проєктування.

Комплексні програмні продукти дозволяють автоматизувати процеси створення плавучих об'єктів і забезпечують більш високу якість проєктної та побудованої документації, а також допомагають оптимізувати виробничі витрати і фінансові кошти. Уточнено, що кожний конкретний концепт яхти має свій пріоритет якостей, повинен мати не лише естетичні й усі експлуатаційні якості, а також приблизний ціновий сегмент кінцевого продукту. Застосування інноваційного дизайну, новітніх досягнень в архітектурі яхт, оптимальних матеріалів і сучасних технологій побудови й оформлення інтер'єрів, технічного оснащення, комплектації й установки обладнання на яхті допомагає гарантувати безпеку, незалежність і комфорт на борту яхти, переносить будівництво яхт в нову еру елегантності й ефективності.

Ключові слова: архітектура; інтер'єр і екстер'єр яхт; дизайн-спіраль; системи автоматизованого проєктування; технології побудови.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Сучасна суднобудівна промисловість перебуває на високому рівні виробництва таких плавальних засобів, як вітрильні і моторні судна. Виробництво яхт – це енерговитратний і трудомісткий процес, що вимагає великих фінансових вкладень [1; 2]. В основному плавальні засоби будуються на основі базових проєктів. Типові проєкти моторних і вітрильних яхт мають прості рішення, що не вирізняються від загальної маси яхт. Однак виробництво яхт може виконуватися і за індивідуальним замовленням клієнта. Такий підхід вважається найбільш престижним у яхтовому світі. Яхти за індивідуальними проєктами – це вже свій вид яхти [3; 4].

Створення яхти – це багатоплановий процес, що включає виконання проєктно-дослідницьких робіт, розробку дизайну й інтер'єру яхти [13], створення документації, що складається із креслень, інструкцій і специфікацій, виконання розрахунків за допомогою спеціальних комп'ютерних технологій [11], використання високотехнологічних матеріалів і методів побудови за інноваційними технологіями. Недостатність вивчення проблеми, що розглядається, спричиняє необхідність розгляду цього процесу поетапно для створення вичерпного і компетентного уявлення про предмет.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Теоретичною базою дослідження можуть служити наукові роботи в галузі проєктування та конструювання яхт і малих суден, нормативно-правова база Регістру судноплавства України (Правила класифікації і побудови малих суден), а також дослідження можливих аспектів вибору відповідного дизайну, використання різноманітних матеріалів для побудови корпусу яхти [1–3]. Питання побудови корпусу яхти з використанням сталі, склопластику і деревини висвітлені також у праці Roberts-Goodson Bruce [4].

У дослідженні взято до уваги розробки Robert H. Perry, John Teale, Jeff Toghil, у яких детально розкриваються основні питання проєктно-конструкторської підготовки, вибору матеріалів для корпусу й оснащення, а також питання випробувань яхт [5–7].

Перевагам використання CAD-систем для автоматизованого проєктування малотоннажних суден присвячені наукові праці S. Hollister і A. Назарова [9–11].

Питання архітектурно-дизайнерського проєктування екстер'єру й інтер'єру висвітлені у працях Н. Софієвої і В. Шимко [12–13].

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Усе це є ознакою *своєчасності й важливості* даного дослідження та визначає *мету*, яка полягає у виявленні проєктно-конструкторських особливостей і технологій виготовлення яхт.

Відповідно до поставленої мети необхідно вирішити такі, засновані на наукових принципах, *завдання*:

- виявити сучасні тенденції проєктування (дизайн, енергоефективність, високі технології тощо) та побудови (матеріали для корпусу, методи виготовлення корпусу, добудовні роботи) яхт;
- провести аналіз комплексних програмних продуктів, які дозволяють автоматизувати процеси створення плавучих об'єктів;
- зробити оцінку сучасних і зарубіжних компетенцій застосування новітніх напрямів в екстер'єрі й інтер'єрі яхт.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Конструкторське і дизайнерське мислення із часом змінюється і перевтілюється в нові стилі в архітектурі. Дуже часто ініціаторами змін стають виробники матеріалів або виробники засобів технологічного оснащення для виготовлення корпусів яхт, а також вимоги екології. У сучасних умовах дуже багато чинників впливають на повсюдне втілення в реальність найсміливіших тенденцій проєктування і будівництва. Це стосується не лише малих суден і яхт, але і великотоннажного суднобудування. Але саме під час проєктування та будівництва яхт нові тренди використовуються набагато частіше. Такі поняття для класифікації типів яхт, як: яхта із центральним кокпітом, кормовим кокпітом, дексаломом, перформанс-круїзер, спортивний люкс-круїзер, дейсейлер, свідчать про різноманітні яхтові концепції щодо дизайну, комфорту, управління та якості будівництва.

Спрощено процес замовлення яхт, який відбувається в кілька етапів: *консультація замовника*

з виконавцем про технічні характеристики і дизайн; проектування яхти; узгодження із замовником; вибір верфі й укладення контракту; технічне випробування судна; здача яхти замовнику. Кожен етап – це великий обсяг робіт, який включає в себе безліч підетапів.

ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНОГО ПРОЄКТУВАННЯ І КОНСТРУЮВАННЯ

Технології. У наш час створення яхт класичними методами відходить у минуле. В останнє десятиліття всі конструктори й архітектори перейшли на використання комп'ютерних програм, які дозволяють втілити в реальність будь-які побажання замовника, застосовувати нові напрями в екстер'єрі й інтер'єрі яхт.

Хоча наявність паперових креслень залишається обов'язковою умовою отримання дозволу на будівництво й оформлення сертифіката плавучого об'єкта, але для клієнта створюється просторова тривимірна модель, що відбиває всі особливості майбутньої яхти.

Проектування яхти – це складний процес, що відбувається спільно з дизайнерами й іншими інженерами і супроводжується розробкою ескізних проєктів і технічного дизайну, створенням 3D-моделі, розрахунками, рендерингом (англ. *rendering* – «візуалізація»), друком на 3D-принтері або макетуванням, розробкою конструкторської документації, документації щодо трубопроводів, електроніки тощо, безлічно узгоджень.

Сучасне проектування яхт – це ітеративний процес, процес постійного наближення до результату, який повинен задовольняти певним, заздалегідь заданим вимогам. Щоб досягти цього, дизайнер повинен розпочати з деяких передумов і перевірити, наскільки

вони задовольняють поставленим умовам. Імовірно, це не вийде з першого разу, тому доведеться змінити деякі початкові умови і повторити процедуру, зазвичай кілька разів.

Такий процес, що дістав назву *дизайн-спіраль* (рис. 1), полягає в повторному проходженні декількох етапів до отримання бажаного результату. Зазвичай *спіраль проектування* складається з таких кроків: *моделювання корпусу, гідростатичні розрахунки, розрахунки розподілу ваги і силової установки, проектування елементів конструкції та загального розташування.*

Кроки *спіралі* можуть мінятися залежно від того, який тип яхти проєктується, і повторюються на етапі ескізного проектування, первинного проєкту і детального робочого проєкту.

На першому етапі в дизайнера є тільки специфікація яхти або технічне завдання. Технічне завдання є метою роботи над проєктом, тому його параметри постійно уточнюються.

На етапі ескізного (концептуального) проектування, яке є найбільш продуктивним, уже застосовується *дизайн-спіраль*. Ця стадія також характерна тим, що для вирішення часто пропонуються завдання, які важко реалізуються або взагалі нереальні, але вони дозволяють оцінити можливості проєктанта, а також методи і способи побудови яхти.

Досвід проєктувальника і дані щодо аналогічних суден допомагають задати і розрахувати основні параметри корпусу яхти: відношення довжини до ширини корпусу, відношення площі вітрильності до площі змоченої поверхні корпусу, вирівнюючий момент і метацентричну висоту. Зазвичай спочатку

Рис. 1. Дизайн-спіраль проектування [1]

створюються декілька варіантів форми корпусу і надбудови для оцінки їхніх параметрів і естетичних якостей водночас.

Після ескізного проєктування створюється тривимірна модель яхти, проводиться кольорова візуалізація моделі й отримані зображення пропонуються замовнику для схвалення. На етапі первинного проєктування виконується розробка конструкцій корпусу, кіля, керма і вітрил, а також вибирається приблизне загальне розташування (усередині та зовні яхти) для визначення вагових навантажень для початкового розрахунку остійності.

Метою цього етапу є виконання попередніх розрахунків (вони будуть уточнюватися на наступному етапі) із гідростатики, остійності, швидкості й інших параметрів для перевірки їхньої відповідності технічному завданню. Основним результатом первинного проєктування є отримання теоретичного креслення – воно характеризує дійсну форму яхти та її властивості. Результати розрахунків цього етапу передаються суднобудівникам для оцінки можливої вартості яхти.

На етапі детального проєктування визначають конструктивні елементи набору й обшивки корпусу, проводять розрахунок такелажу і вибір двигуна. Саме на цьому етапі вже можна зробити більш точний розрахунок остійності з урахуванням вагових навантажень. І, нарешті, можна провести детальніший розрахунок ходових і експлуатаційних параметрів яхти. Результатом останнього етапу проєктування і конструювання є робочі креслення для суднобудівників, аналітичне деталювання конструкцій і окремих вузлів, розкрій деталей і управляючі програми для їх вирізки.

Проведення розрахунків у процесі виконання етапів *спіралі* – дуже трудомістке завдання, яке в наш час вирішується за допомогою систем автоматизованого проєктування.

Нововведення. Нині архітектори і конструктори малих суден і яхт застосовують комплексні програмні продукти, які дозволяють в основному автоматизувати процеси створення плавучих об'єктів. Ці технології здатні синхронізуватися з існуючими CAD/CAM-системами і розрахунковими програмами і забезпечують ще більш високу якість проєктної і побудовної документації.

Відмітна риса програмного забезпечення полягає в тому, що воно забезпечує проєктувальника і конструктора ще більшою кількістю інструментів для роботи. Водночас розробка креслень і супутньої технічної документації може проводитися автоматично, що дозволяє оптимізувати виробничі витрати і фінансові кошти.

Сьогодні робоче місце проєктувальника і конструктора вже не можна представити без персонального комп'ютера і застосування CAD-систем (Computer Aided Design). Проєктування форми корпусу яхти з використанням CAD-систем має вагомий переваги і дозволяє вирішувати такі завдання:

- формування теоретичної та конструктивної тривимірної моделі (рис. 2) і згладжування поверхні корпусу. Формування поверхні корпусу яхти відбувається на основі єдиного математичного апарату B-сплайн кривих і B-сплайн поверхней – NURB (Non Uniform Rational B-spline);
- формування теоретичного креслення (рис. 3), таблиці ординат і плазових шаблонів; розрахунок (трасування) конструктивних ліній корпусу;
- прецизійна розгортка неплоских корпусних деталей (листів зовнішньої обшивки) без обмеження за складністю форми об'єктів, що розгортаються;
- розрахунок даних і випуск документації для складання секцій (для металевих корпусів);
- розробка проєктно-конструкторської документації зі спеціальною додатковою інформацією;
- 3D-макетування корпусних конструкцій та насичених приміщень;
- розрахунок плавучості й остійності яхти завдяки вбудованим можливостям системи;
- візуалізація – наочне представлення форми корпусу;
- обмін даними з іншими CAD/CAM-системами і розрахунковими програмами: LPP (*Lines Processing Program*) – програмою розрахунку елементів теоретичного креслення з визначенням усіх гідростатичних характеристик корпусу; CFD (*Computer Fluid Dynamics*) – групою методів розрахунку гідро- і аеродинамічних характеристик, які ґрунтуються на комп'ютерному моделюванні властивостей рідини; FEM (*Finite Elements Method*) – методом кінцевих елементів.

Рис. 2. Тривимірна модель корпусу яхти [11]

Рис. 3. Проекції теоретичного креслення яхти

Аналіз світового досвіду дозволяє виділити найбільш популярні суднобудівні та запозичені з інших галузей CAD-системи, що знайшли застосування для проектування корпусів яхт: AutoSHIP, Maxsurf, MultiSurf, Prolines 98, ProSurf, ShipShape, FastShip, Catia V5 і деякі інші. Спеціально для проектування гостроскулих фанерних і металевих корпусів призначені системи Plyboat, BtDzn, Carene 40/50, Carlson Design та ін. Існують окремі програми для проектування форми яхтових кілів: LOFT97, FOIL97, WINGS. Успішно використовуються CAD-системи загального призначення: AutoCAD (з додатками Baseline II, Atalanta), Pro/Engineer, Solid Edge, 3D Eye тощо.

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ПРОЄКТУВАННЯ: НАПРЯМИ

Як згадувалося вище, багато чинників визначальні у виникненні нових тенденцій у проектуванні та будівництві яхт. Тепер замовити проектування і будівництво яхти можна із застосуванням будь-яких технологій, які доступні на ринку. Замовники стали звертати більше уваги на авторські розробки, дотримуватися певних напрямів у дизайні і цінувати витрачені гроші. Сучасні тенденції проектування можна умовно об'єднати в декілька підкатегорій. На практиці вони завжди переплітаються і створюють особливий симбіоз, що визначає внутрішній стрижень замовника.

Дизайн. Дизайн яхт – це багатозадачний і поетапний процес, який включає комплексну розробку проєкту. Концепт яхти повинен мати не лише естетичні, але й усі експлуатаційні якості – розраховується морехідність, керуваність, комфортабельність, безпека, а також приблизний ціновий сегмент кінцевого продукту. Для кожного конкретного проєкту яхти є свій пріоритет якостей (рис. 4).

Рис. 4. «Квітка дизайну» – аспекти, які варто враховувати під час розробки проєкту яхти

Робота яхтового дизайнера повна професійних складнощів. Насамперед це обов'язкова увага до найдрібніших деталей і досить серйозна відповідальність за працездатність судна. Крім того, важливу роль

відіграють побажання замовника і призначення майбутньої яхти. Для спортивних катерів пріоритетною є здатність розвивати високу швидкість, отже, їхні форми мають бути більше обтічними і лаконічними. Сучасні технології проектування дозволяють створити точність ліній і суворість архітектурного образу з максимальним наближенням до природних форм. А під час проектування прогулянкового судна більша увага традиційно звертається на комфортабельність.

Початковою стадією процесу дизайну яхт є планування простору. Основна мета роботи на цьому етапі – досягти максимально ефективного розподілу внутрішнього простору. Планування інтер'єру яхт не може існувати окремо від дизайну зовнішнього вигляду судна (рис. 5). Розмір внутрішніх приміщень визначається строго відповідно до загальних габаритів яхти. У такому разі перед дизайнером стоїть завдання максимально раціонального використання внутрішнього об'єму судна. Прив'язувати вже існуючі ескізи інтер'єру й екстер'єру один до одного не можна: усі стадії проектування повинні йти паралельно.

На етапі розроблення дизайну судна питання ергономіки вирішуються шляхом наслідування габаритних схем для екстер'єрів та інтер'єрів. Детальніша оцінка всіх нюансів можлива тільки на основі повнорозмірного макетування елементів судна.

На комп'ютерній 3D-моделі можна відпрацювати лише 70–80% рішень з інтер'єру і планування палуби, салону і кокпіту, інші 20–30% – тільки за результатами повнорозмірного макетування і/або випробуванням прототипу. На суднах невеликих розмірів питання макетування стоять найгостріше. Тому не варто вимагати від дизайнерів неможливого: вирішення всіх питань на папері/екрані комп'ютера (хоча за наявності досвіду об'єм удосконалень після випробувань прототипу буде істотно меншим).

Перелічені вище якості концепту яхти (естетичні, експлуатаційні й ергономічні) дуже часто суперечливі, і будь-яке судно – залежно від поставлених під час проектування пріоритетів – є компромісом цих якостей. Гарне судно – це завжди вдалий компроміс.

Енергоефективність

Енергія, що виробляється на катері або яхті, витрачається на рух судна і на живлення бортового устаткування. На віддалі від берегової мережі основне джерело енергії – це викопне паливо, що спалюється двигуном внутрішнього згоряння, а додаткові джерела – сонячна енергія й енергія вітру. Для зниження енерговитрат необхідно навантажувати двигун до оптимального рівня в будь-який час його роботи. Із практичного погляду це можна зробити за допомогою використання як енергетичного буфера акумуляторів з високою швидкістю прийому заряду.

Втрати енергії на яхті можуть бути відновлені зарядкою акумуляторних батарей із використанням: головного двигуна з генератором, зарядного

Рис. 5. Ескізи екстер'єру

пристрою, що живиться від берегової електромережі, бензинового генератора, вітрогенератора, сонячних батарей, гідрогенератора, дизельного генератора і метанолових морських паливних батарей. Робити ставку на вітрогенератори і сонячні батареї не варто, у разі їх використання завжди треба мати про запас ще один прилад для зарядки акумуляторів.

У недалекому майбутньому можна буде користуватися портативними генераторами електрики на основі водневих паливних елементів, які є безшумним, екологічно чистим і надійним джерелом енергії.

Енергоефективність – це один із ключових напрямів, якими відрізняються сучасні тенденції проєктування. Коли замовник бачить порівняння витрат і майбутньої вигоди, він однозначно вибирає можливість поліпшити свою майбутню яхту.

Хай-тек

Хай-тек (англ. *high technology, high tech, hi-tech*) – високі технології – найбільш нові і прогресивні технології сучасності, а також стиль у дизайні й архітектурі, тенденції якого – переважання техніки, металу і пластика (рис. 6).

Основними рисами використання високих технологій у проєктуванні, будівництві й інженерії яхт є: *використання прямих ліній і форм; широке застосування скла, пластика і металу; децентроване освітлення, що створює ефект просторого, добре освітленого приміщення; широке використання сріблясто-металевого кольору; високий прагматизм у пла-*

нуванні простору; жертвування функціональністю на користь дизайну (як виняток).

Рис. 6. Хай-тек – стиль у дизайні й архітектурі яхт, який класифікується поєднанням легкості, спортивних ліній, інтер'єру і матеріалів

Застосування інноваційного дизайну і новітніх технологічних досягнень стилю *хай-тек* в архітектурі яхт (футуристичні форми, поєднання легкості, спортивних ліній, динамічного простору, інтер'єру і матеріалів) допомагає забезпечувати максимальний рівень комфорту на борту яхти, безпеку, незалежність і переносить будівництво яхт у нову еру елегантності й ефективності.

Сучасні тенденції в будівництві яхт

Будівництво яhti, особливо якщо це *custom-проект* (англ. *custom* – «зроблений на замовлення»), для власника є своєрідним викликом і творчим

процесом. Але важливо розуміти, що замовник все-таки платить не за процес, а за результат, тому залучати до роботи над проектом необхідно як генераторів ідей, так і фахівців, які мислять реальними категоріями і вміють доводити проекти до завершення.

У процесі будівництва також існують свої власні напрями, які обов'язково враховуються архітекторами, проєктувальниками і конструкторами.

Незважаючи на стрімкий розвиток нових конструкцій і матеріалів для будівництва яхт, які є запорукою їхньої довговічності та надійності під час експлуатації, популярними залишаються класичні тенденції будівництва яхт.

Матеріали для корпусу

Традиційні матеріали, які використовуються в будівництві малих і середніх яхт, такі: *склопластик – синтетична смола, що посилена скляними нитками або волокнами; дерево і метал (сталь або алюміній)*. Кожен із цих матеріалів має свої позитивні і негативні якості, але зараз склопластик – найпопулярніший матеріал, що використовується для промислового будівництва яхт.

Люксові яхти (супер'яхти) мають довжину від 24 м і довше, а мегаяхти – понад 40 м. Такі плаваючі засоби проєктуються і складаються суднобудівними компаніями за ексклюзивним дизайном, із застосуванням новітніх матеріалів і технологій оформлення внутрішніх інтер'єрів і технічного оснащення.

Натепер оптимальними матеріалами для виготовлення корпусу яхти на замовлення можна вважати такі:

- алюмінієвий морський сплав 5083 або дорожчий Alustar – для виготовлення зварних корпусів із круглими обводами (не шарпі і не з радіусною скульою); виготовлення таких корпусів вимагає високого професіоналізму працівників верфі;
- пінопласти високої щільності з вінілестеровою або епоксидною смолою (з посиленнями кевларом або карбоном), які використовуються для виготовлення композитних корпусів (сендвічева конструкція) з використанням технології вакуумної інфузії;
- кедр (канадський червоний) із просоченням і обклеюванням склотканиною з використанням епоксидної смоли – для виготовлення обшивки корпусів із дерев'яного композита (wood/epoxy);
- карбон – для виготовлення корпусів сендвічевої конструкції для забезпечення малої ваги і більшої швидкості.

Сталь як матеріал для корпусу розглядається нечасто, якщо тільки немає особливих вимог у замовника щодо призначення яхти. Алюмінієвий сплав – найбільш практичний матеріал для будь-яких проєктів, як варіант, корпус може бути виготовлений з алюмінієвого сплаву, а палуба або тільки надбудова бути композитною.

Методи виготовлення корпусу яхти

Для серійного виробництва маломірних суден (будівництво, складання корпусу і ремонт) викорис-

товуються суднобудівні комплексні споруди (стапелі) з можливістю фіксації елементів складання і забезпеченням їх взаємного розташування у процесі складальних робіт. Зазвичай суднобудівні споруди є двома окремими сталевими конструкціями: *стапель-кондуктор* і *стапель-постіль*. Ці об'єкти призначені для виконання серійних складальних робіт у суднобудуванні, і є набором поздовжніх і поперечних жорстких рам із лекалами, конфігурації яких відповідають обводам корпусу маломірного судна, і включають в себе робочі майданчики-підстави з установленими на них упорами-фіксаторами (для закріплення кіля, планширей).

Суднобудівний комплекс становить дві окремі сталеві конструкції:

1. *Стапель-кондуктор* – для зварювання листів зовнішньої обшивки корпусу судна (рис. 7).
2. *Стапель-постіль* – для зварювання набору корпусу судна (рис. 8).

Рис. 7. Стапель-кондуктор

Рис. 8. Стапель-постіль

Для будівництва супер- і мегаяхт використовуються в основному тільки передові технології, що забезпечують створення плаваючого засобу високої надійності, підвищеного комфорту й елегантності.

На початковому етапі будівництва яхт усі деталі набору, обшивки, палуби і керма вирізуються

з використанням управляючих програм для машин термічного різання.

Послідовність вирізки деталей і проходу ліній розмітки виконується в автоматичному режимі (рис. 9). Усі деталі маркуються лазером ще на стадії вирізування, тому складання вузлів і секцій робиться швидко і якісно.

Гнуття деталей зовнішньої обшивки і надбудови із 3D-вигином виконується на спеціальних верстаках. Після цього корпус яхти складається кілем вгору і надалі виконуються всі зварювальні роботи за схемами, які передбачені складальними кресленнями проєкту.

Палуби під час будівництва малих суден іноді роблять заздалегідь у вигляді плоских секцій. Під час будівництва корпусу кілем вгору попереднє складання палуби необхідне з метою створення своєрідного стапеля для подальшої побудови корпусу. Іноді будують яхту і кілем униз, але це характерно для дуже великих корпусів, які перевертати в цеху проблематично. Далі корпус перевертається, до нього доварюються палуба і надбудова. Якщо палуба і надбудова композитні, вони виготовляються окремо і можуть бути змонтовані пізніше, що значно полегшує встановлення устаткування й інтер'єру в корпус яхти.

Досягнення гарної жорсткості та міцності корпусу – це, урешті-решт, мета кожної верфі, бо ці показники впливають на ходові якості яхти і визнаються істотними індикаторами для оцінки якості корпусу.

Добудовні роботи

Теплоізоляція. Перед установкою ізоляції корпус яхти ретельно зачищається, а іноді й обробляється складами типу льоду або хімічними реагентами. Потім поверхня корпусу ґрунтується спеціальними ґрунтами в декілька шарів і фарбується, що забезпечує практично необмежений термін служби яхти.

Теплоізоляція корпусу і палуби зазвичай виконується поліуретановою піною або іншими ізоляційними матеріалами, крім того, в окремих місцях встановлюється додаткова звукоізоляція (наприклад, на підлозі рубки для гасіння високих частот звуку від роботи двигуна). Також для ізоляції використовуються плити з кам'яної вати, покриті алюмінієвою фольгою;

ця ізоляція дещо краща за піну, але її встановлення потребує більше трудовитрат, отже, коштує дорожче.

Фарбування. Якісно виготовлений корпус (практично без зварювальних деформацій) необхідно зашпаклювати і пофарбувати.

Під час шпаклювання поверхні корпусу під фарбування накладається мінімальна товщина шпаклівки (декілька міліметрів). Корпус після фарбування має бути ідеально гладким, практичним і довговічним. Узагалі фарбування – це окрема тема і специфічний етап спорудження яхти, існує багато нюансів у підготовці поверхні та під час фарбування корпусу, особливо в разі роботи з алюмінієвими сплавами.

Підготувати поверхню корпусу яхти і пофарбувати – це складний процес, якісні характеристики якого залежать від розмірів об'єкта, матеріалів, які використовуються, і особливих вимог, що висувуються до чистоти приміщень і температурного режиму. Саме тому фарбуванням повинна займатися підрядна спеціалізована компанія.

Інтер'єр. Для вибору правильного дизайну інтер'єру яхти (правильний – це привабливий, зручний для власників і гостей) необхідно скористатися послугами професійного дизайнера. Портфоліо фахівця повинно включати гарне поєднання концепцій і пропозицій, а також роботи, які були виконані раніше (рис. 10).

Під час проєктування інтер'єру яхт простір є однією з найбільших проблем, яка не дозволяє досягти оптимального балансу між красою і практичністю. Звичайно, на великих яхтах каюти мають достатню площу для вирішення цієї проблеми, але коли площа кают обмежена, то в сучасному дизайні є багато творчих знахідок, які можуть допомогти із проблемами облаштування інтер'єрів (складні стільці, ліжка в нішах, приховані вбудовані функції, розумне нейтральне опорядження тощо). Усі інші практичні елементи дизайну інтер'єру – електричні проведення й освітлення, також повинні бути цілком приховані у стінах і сховищах яхти.

Уміле проєктування інтер'єру яхти дозволяє також надати оптимальний простір для членів екіпажу, у якому вони можуть добре відпочити (простір кают екіпажу яхти часто набагато менший, ніж гостьових кают).

Рис. 9. Карта розкрою деталей металевої яхти

Рис. 10. Проектування інтер'єру яхти

У наш час широко використовуються такі напрями дизайну інтер'єру яхт: *класика з упровадженням інновацій, поєднання традиційних і сучасних стилів, ретро-футуристична естетика, ультрасучасний дизайн яхт, традиційна класика середини минулого століття.*

У дизайні інтер'єру дуже важлива помірність із відтінками і світлом. Вибір стилю інтер'єру – індивідуальний процес, рекомендації в цьому напрямі мають бути стриманими, оскільки погляди можуть бути різні, не збігатися, усі варіанти продумуються проєктувальником і конструктором і узгоджуються із замовником.

Зазвичай основу яхтових меблів роблять із легкої морської фанери – бажання поліпшити інтер'єр використанням більш прийнятних матеріалів оздоблення не має бути причиною надмірної ваги. На великих яхтах, зокрема моторних, широко використовуються різні сендвічеві панелі з наповнювачем зі щільного пінопласту, а іноді й матеріалів типу спіненої гуми для забезпечення додаткової тепло- і звукоізоляції.

Зовнішній шар елементів меблів робиться зі шпони цінних порід дерева (тик, махагон, вишня або інші) залежно від дизайну інтер'єру. Кутові й інші елементи меблів в основному виклеюють із масиву дерева. Зараз досить часто використовують панелі із пластиковим ламінатом або фарбовані поверхні – це більш практично і дешевше за дерево, але клас яхти буде дещо нижчий. Усі меблеві елементи, коли вони зроблені з дерева, покриваються декількома шарами ґрунту і лаку.

Окрім технічної досконалості й красивого зовнішнього вигляду, інтер'єр для справжньої яхти створює

загальну атмосферу комфорту. Але тут потрібний комплексний підхід – якщо яхта сучасна, то й інтер'єр повинен цьому відповідати, щоб не виникла явна диспропорція екстер'єру й інтер'єру.

Устаткування. У процесі побудови корпусу і розробки деталей інтер'єру яхти, механіки й електрики готують матеріали й обладнання для установки на яхту. З урахуванням того, що всі роботи виконуються за деталізованим проєктом і в кооперації із суміжними спеціалізаціями, усі необхідні вирізи, проходи під кабельні канали, місця установки фундаментів і подібні особливості вже враховані й виконані в конструкціях корпусу яхти.

Увесь процес комплектації й установки обладнання на яхті веде окремий менеджер проєкту, тому всі деталі і роботи плануються, замовляються і виконуються за єдиним графіком в онлайн-доступі для всіх учасників проєкту.

Під час вибору марок і моделей обладнання варто зважати на рекомендації фахівців – на фірмовій яхті встановлюють тільки краще обладнання, що відповідає класу яхти.

ВИСНОВКИ

З'ясовано, що створення яхти – це багатоплановий процес, який включає проєктно-дослідницькі роботи, розробку дизайну й інтер'єру яхти, створення проєктної та конструкторсько-технологічної документації, виконання розрахунків за допомогою CAD-систем, використання інноваційних матеріалів і методів побудови.

Встановлено, що сучасне проектування і конструювання яхт повинне задовольняти певним, заздалегідь заданим вимогам для дотримання визначених параметрів і естетичних якостей водночас, тому що кожний конкретний концепт яхти має свій пріоритет цінностей.

Зазначимо, що застосування інноваційного дизайну й архітектури яхт, сучасних матеріалів і технологій побудови з використанням систем автоматизованого проектування переносить будівництво яхт у нову еру економічної ефективності.

REFERENCES

- [1] Larsson, L., Eliasson, R.E., & Orych, M. (2019). *Principles of Yacht Design*. London: Adlard Coles Nautical.
- [2] Grgič, M.G. (2015). *Yacht design handbook*. Milano: F. Angeli.
- [3] Roberts-Goodson, R.B. (2017). *Build your own sailboat*. Goodson.
- [4] Roberts-Goodson, R.B. (2009). *Build your own sailboat. Steel. Fiberglass. Timber*. E-book.
- [5] Perry, R.H. (2008). *Yacht design according to Perry: My boats and what shaped them*. Camden, Me.: International Marine/McGraw-Hill.
- [6] Teale, J. (2011). *How to design a boat: Painting, varnishing, antifouling*. London: Adlard Coles Nautical.
- [7] Toghill, D. (2007). *Yachting: Polnoe rukovodstvo. [Yachting: A Complete Guide]*. M.: Izdatelstvo "FAIR".
- [8] *Yakhtennoe delo. Spravochnoe izdanie [Yachting business. Reference Edition]*. (2005). SPb.: Elmor.
- [9] Hollyster, S.M. (1994). *Automatic Hull Variation and Optimization*. Westlawn Institute of Marine Technology.
- [10] Hollyster, S.M. (1994). *The Design Spiral for Computer-Aided Boat Design* // Westlawn Institute of Marine Technology.
- [11] Nazarov, A.G. (2000). *Voprosy adaptatsii i primeneniya CAD-sistem dlya avtomatizirovannogo proektirovaniya malotonnazhnykh sudov. [Adaptation and application of CAD systems for the automated design of small vessels]. Modelirovanie i issledovanie slozhnykh sistem. Trudy mezhduнародnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Tom 1. M.: MGAPI.*
- [12] Sofieva, N. (2012). *Dizayn interera: stili, tendentsii, materialy [Interior design: styles, trends, materials]*. M.: Eksmo.
- [13] Shimko, V.T. (2011). *Arkhitekturno-dizaynerskoe proektirovanie interera [Architectural and design interior design]*. M.: Arkhitektura.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Larsson L., Eliasson R., Orych M. *Principles of Yacht Design*. London : Adlard Coles Nautical, 2019.
- [2] Grgič M. *Yacht design handbook*. Milano : F. Angeli, 2015.
- [3] Roberts-Goodson R. *Build your own sailboat*. 2017.
- [4] Roberts-Goodson R. *Build your own sailboat. Steel. Fiberglass. Timber*. E-book. 2009.
- [5] Perry R. *Yacht design according to Perry: My boats and what shaped them*. Camden, Me. : International Marine/McGraw-Hill, 2008.
- [6] Teale J. *How to design a boat: Painting, varnishing, antifouling*. London : Adlard Coles Nautical, 2011.
- [7] Тогхилл Д. *Яхтинг : Полное руководство*. Москва : Издательство «ФАИР», 2007.
- [8] *Яхтенное дело : справочное издание*. Санкт-Петербург : Элмор, 2005.
- [9] Hollyster S. *Automatic Hull Variation and Optimization*. Westlawn Institute of Marine Technology. 1994.
- [10] Hollyster S. *The Design Spiral for Computer-Aided Boat Design*. Westlawn Institute of Marine Technology. 1994.
- [11] Назаров А. Г. *Вопросы адаптации и применения CAD-систем для автоматизированного проектирования малотоннажных судов. Моделирование и исследование сложных систем : труды Международной научно-технической конференции. Т. 1. Москва : МГАПИ, 2000.*
- [12] Софиева Н. *Дизайн интерьера: стили, тенденции, материалы*. Москва : Эксмо, 2012.
- [13] Шимко В. *Архитектурно-дизайнерское проектирование интерьера*. Москва : Архитектура, 2011.

© Ю. К. Яглицький

Дата надходження статті до редакції: 10.06.2020

Дата затвердження статті до друку: 10.07.2020