

А. А. Пустовгаров

ПУСКОВЕ СУДНО МОРСЬКОГО РАКЕТНО-КОСМІЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Одним з напрямів еволюції ракетно-космічних комплексів є перенесення точок старту ракет космічного призначення в різні райони Світового океану. По-перше, це дає можливість отримати власний доступ до космічних послуг тим країнам, які мають складнощі з вибором місць розташування космодрому на суходолі. По-друге, це дозволяє збільшити кількість азимутів пуску ракет. По-третє, допомагає підвищити енергетичні можливості ракет у випадках наближення точок пуску до екватора. Коротко розглянуто сучасний стан робіт у світі з використання пускових суден у складі морських ракетно-космічних комплексів. Показано, що все більше країн світу приділяють увагу розробленню та створенню морських ракетно-космічних комплексів. ДП «КБ «Південне», як одне з провідних підприємств ракетно-космічної галузі, проводить відповідні розроблення, у результаті яких створено концептуальний проєкт такого комплексу для ракети космічного призначення легкого класу «Циклон-1К». Засобом запуску для неї було обрано спеціальне, відповідним чином споряджене, морське судно. Наведено вихідні дані, які було обрано для проєктування комплексу в цілому та пускового судна зокрема. Під час пророблень було використано сучасні програмні комплекси для 3D-моделювання та кінцево-елементних розрахунків. Подано концептуальний вигляд пускового судна та його основні характеристики, отримані в результаті проєктування. Описано основні судові системи. Показано особливості розміщення технологічного обладнання, яке забезпечує підготовку пуску ракети та його проведення, а також вплив цього розміщення на вигляд і внутрішню будову пускового судна. Зазначено, що результати роботи матимуть цінність при переході до практичної реалізації проєкту морського ракетно-космічного комплексу. При цьому пускове судно є найважливішим елементом комплексу, тому що на ньому зосереджено все необхідне для запуску з поверхні моря. Завдяки універсальності пускового судна з'являється можливість сформувати його вигляд і характеристики залежно від стратегії на ринку пускових послуг.

Ключові слова: морський старт, морський ракетно-космічний комплекс, ракета космічного призначення, пускове судно.

One of the courses in the evolution of space rocket complexes is the relocation of launch sites for space launchers to the World Ocean. Firstly, it provides the opportunity to render space services for countries that encounter complications in finding locations for spaceports on land. Secondly, it allows for a larger number of launch azimuths. Thirdly, it helps to increase the payload capabilities of space launchers lifting from launch sites closer to the equator. The article reviews the current global progress in utilizing ships as part of sea-based space launch sites. It notes that more and more countries are becoming interested in the development and construction of maritime space launch sites. As one of the leading enterprises in the rocket and space industry, Yuzhnoye State Design Office also conducts relevant research and development, which has already yielded a conceptual design for such a launch site for the Cyclone-1K lightweight space launcher. A specifically equipped naval vessel was selected as the launch platform for this rocket. The article outlines initial data applied for the overall design of the launch facility and the launch platform in particular. The design process involved modern software for 3D modeling and finite element analysis. A conceptual view and the primary characteristics of the launch platform, obtained through the design, are presented. The platform's primary systems are described. The specificity of equipment arrangement to support launch vehicle preparation and ensure the liftoff, as well as the relation between such arrangement and the launch platform's appearance and internal structure, are demonstrated. The results of this work will be valuable for the practical implementation of the sea-based space launch site project. A floating launch platform is the essential element of a sea-based space launch facility, as it accommodates everything necessary for launching space rockets from the sea surface. Thanks to the versatility of the floating launch platform, it is possible to outline its appearance and characteristics according to the strategy for the launch services market.

Keywords: sea launch, sea-based space launch site, space launcher, floating launch platform.

Вступ

З початку XXI сторіччя спостерігається значне активізування ринку космічних по-

слуг. Відбуваються зміни не лише в складі гравців на цьому ринку (приватні все більше відтісняють державних), а й у географії розміщення космодромів (від Аляски до Нової

Зеландії), їх просторовому положенні (усе більше запусків космічних ракет здійснюються з морських або повітряних носіїв).

Інтерес до морських ракетно-космічних комплексів (МРКК) виник ще в 1960-ті рр., причому спочатку не через їхні переваги, які тоді були ще неочевидні, а завдяки системному підходу до проектування взагалі РКК, коли розглядали можливості, наприклад, і авіаційного старту ракет. І лише через кілька десятиріч років поступово вдалося довести роботи над морськими комплексами до стадії експлуатації.

Однією з найважливіших переваг МРКК є мобільність пускового судна, що дає можливість обирати різні точки запуску ракет залежно від тих параметрів навколоземних орбіт, які потрібні для того чи іншого корисного вантажу.

Залежно (не в останню чергу) від фінансових можливостей під пускові судна можуть бути переобладнані напівзанурювані бурові або нафтовидобувні платформи, несамохідні або самохідні баржі-площадки, вантажні судна з горизонтальним обробленням вантажів тощо. Але найкращим варіантом, звичайно, буде побудова пускового судна за спеціальним проектом.

Пускове судно може бути універсальним, оскільки існує технічна можливість запусків з нього ракет різних розмірів.

Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне» почало працювати над МРКК в 1970–1980-х рр. (тема «Плавучість»), продовжило в 1990-ті рр. (у 1992 р. було заплановано переобладнати важкий авіанесучий крейсер проекту 11435 у пускове судно, а пізніше було реалізовано проєкт Sea Launch). Зараз ДП «КБ «Південне» продовжує діяльність у цьому напрямі.

В інших країнах, зокрема в США, Німеччині, Китаї, зараз проводять роботи над МРКК.

Найамбіциозніші плани, звичайно, походять зі США. Корпорація SpaceX планувала використати для запуску космічних кораблів Starship дві переобладнані нафтовидобувні платформи, які були придбані ще у 2020 р. й отримали назви *Phobos* і *Deimos* [1]. Однак незабаром з'ясувалося, що поки не буде відпрацьовано сам об'єкт запуску, проводити якісь роботи з платформами передчасно. Тому у 2023 р. платформи продали.

У Німеччині створено консорціум German Offshore Spaceport Alliance GmbH (GOSA), що планує використовувати судно **Combi Dock I** (класу Ro-Ro) для запуску різних ракет космічного призначення (РКП) легкого та середнього класів [2]. Але ці плани поки що не реалізовано.

Найбільших практичних успіхів у створенні МРКК досягнуто в Китаї, де з 2019 р. проводять запуски в космос твердопаливних РКП з різних суден. Спочатку було використано несамохідну баржу **Tai Rui** (за деякими даними це була основа плавучого доку), з якої було запущено РКП Chang Zhen 11 (Long March 11) [3]. Потім для запуску іншої РКП Jeilong-3 (Smart Dragon 3) – уже самохідну баржу-площадку для перевезення важких вантажів **De Bo 3** [4]. Для РКП обох типів використовували мінометний старт, що не потребував значних змін у конструкціях барж. У 2025 р. запуски проводили вже за класичною схемою: РКП Yinli-1 (Gravity-1) – з переобладнаної самохідної баржі-площадки **Dong Fang Hang Tian Gang**, у корпус якої інтегровано газохід [5]. Це перша РКП МРКК, створена за багатоблочною схемою (один центральний і чотири бічних).

Не викликає жодних сумнівів доцільність розроблень морських ракетно-космічних комплексів, основними складовими елементами яких будуть пускові судна.

Поставлення завдання

Мета проведеної роботи, результати якої викладено у цій статті, – формування концепції пускового судна як складової частини МРКК.

До складу морського РКК розроблення ДП «КБ «Південне» входять такі основні елементи:

- РКП легкого класу;
- пускове судно;
- береговий комплекс у базовому порті;
- об'єкти місцевої інфраструктури базового порту;
- засоби доставлення складових частин РКП, компонентів ракетного палива й ін.

У ході роботи над проектом пускового судна необхідно було враховувати те, що його конструкція повинна забезпечувати підготовку РКП до запуску з такими операціями, які зазвичай проводять на різних

об'єктах наземної інфраструктури – технічному та стартовому комплексах.

При визначенні вигляду та компонування судна, обчисленні його характеристик було взято до уваги різні чинники, зокрема:

- безпека екіпажу та персоналу пускової місії під час запуску;
- вимоги Регістру судноплавства України;
- вимоги стандарту Раматах (Міжнародний стандарт, що встановлює граничні розміри суден для їх проходження Панамським каналом);
- тип РКП;
- інтенсивність запусків РКП;
- кількість РКП на борту;
- габарити та маса РКП у цілому та її окремих частин;
- габарити та маса технологічного обладнання на борту судна;
- особливості взаємного розміщення обладнання та приміщень;
- технологія робіт з РКП;
- взаємне розташування можливих базових портів і точок запуску;
- наявність інфраструктури для ремонту судна.

Одним із чинників є тип РКП. Ракета має двигуни на рідкому паливі, і це впливає на склад і розміщення технологічного обладнання.

Отже, пускове судно, як об'єкт техніки, має свої особливості, про які й буде далі йтися.

Вихідні дані

На пусковому судні повинно бути розміщено:

- технологічне обладнання для підготовки РКП;
- приміщення для складання РКП;
- приміщення для складання космічної головної частини (КГЧ);
- станція заправлення орбітального ступеня та КА;
- вимірювальний комплекс;
- приміщення фізико-хімічної лабораторії;
- засоби перевірки електромагнітної сумісності;
- робочі місця операторів;
- технічні системи.

Для мінімізації збурень під час старту РКП, викликаних хитами судна та зне-

сненням судна течією, хвилями та вітром від точки старту, пускове судно повинне бути оснащено:

- універсальним двигунно-рушійним комплексом;
- системою активного заспокоєння хитами;
- динамічною системою точного позиціонування;
- носовими підрулювальними пристроями;
- баластною системою;
- системою пасивного заспокоєння хитами.

Характеристики пускового судна, його конструкція й обладнання повинні:

- забезпечити розміщення всього технологічного обладнання й усіх систем, необхідних для підготовки та проведення запуску РКП у морі;
- допускати одночасне розміщення на ньому та послідовну підготовку до запуску двох РКП «Циклон-1К» протягом одного виходу в точку старту;
- забезпечувати остаточне складання РКП (з установленням космічної головної частини) під час перебування в морі.

Характеристики пускового судна повинні відповідати вимогам Раматах.

Окремими вихідними даними є характеристики РКП (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристики РКП

Характеристика	Значення
Стартова маса, кг	64 832
Маса компонентів палива, кг	48 480
Маса корисного вантажу, кг	1 000
Тяга двигуна першого ступеня на рівні моря, кгс	79 751
Масова витрата компонентів, кг/с	263
Довжина, мм	29 990
Діаметр, мм	2 250

РКП «Циклон-1К» – ракета легкого класу з рідинними двигунами (двигуни першого та другого ступенів працюють на рідкому кисні та гасі, третій – на азотному тетроксиді та несиметричному диметилгідразині). Крім трьох ступенів, до складу РКП входить (КГЧ).

З урахуванням прийнятої практики заправлення РКП компонентами палива передбачено, що їхній об'єм на борту пускового судна повинен забезпечувати по два заправлення кожної РКП.

Загальний вигляд пускового судна

На вигляд, компонування та характеристики пускового судна в першу чергу істотно впливають розміри та взаємне розміщення приміщень для складання РКП (45×30 м)

і зони технічного комплексу КА та КГЧ (40×30 м), а також розміщення пускового стола. Впливає також технологія робіт (доставлення складових частин РКП на судно через бортовий лацпорт, підняття їх на верхню палубу, застосування транспортно-установлювального агрегату (ТУА) для вивезення РКП до пускового стола).

Пускове судно (рис. 1 і 2) – однокорпусне, будують його за типом великотоннажних цивільних суден [6].

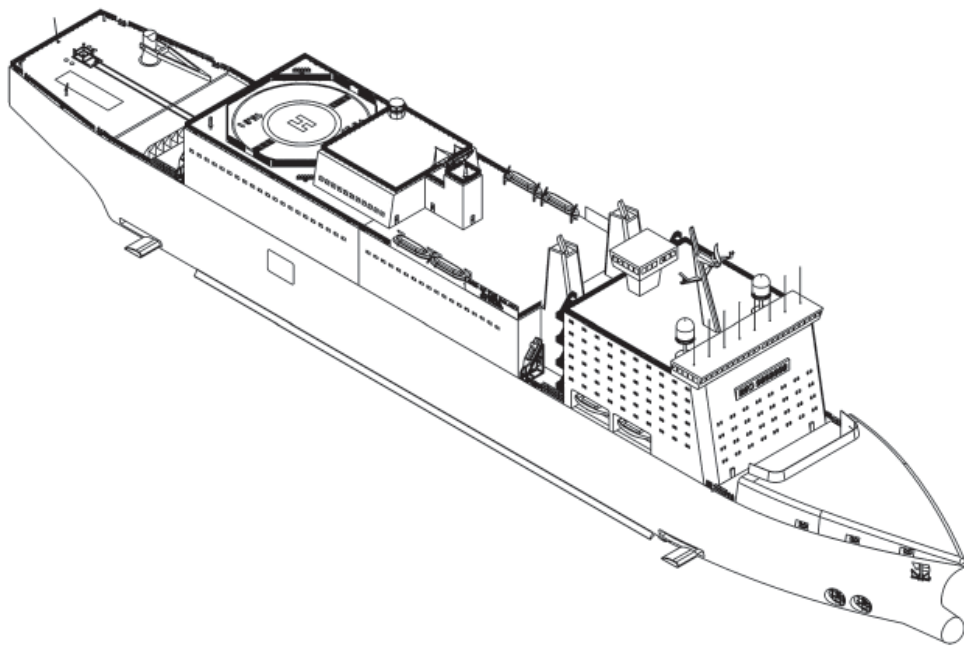


Рис. 1. Пускове судно. Загальний вигляд

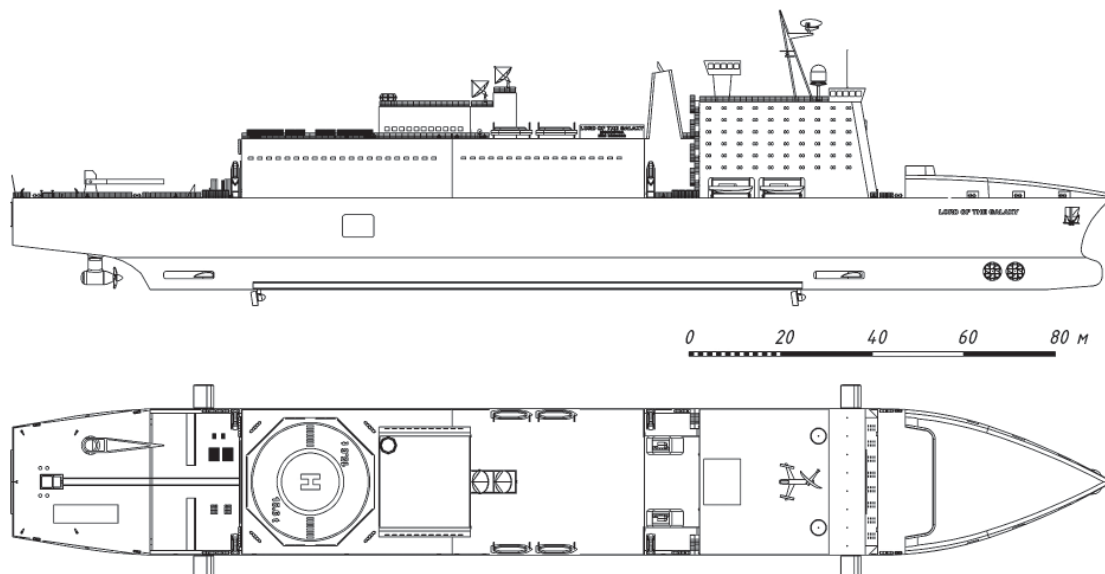


Рис. 2. Пускове судно. Вигляд з правого борту та зверху

Носова частина корпусу має нижче ватерлінії бульб. Кормова частина – транцева, з глибоким підзором для двигунно-рушійного комплексу. Судно має надлишковий надводний борт.

У кормовій частині судна розміщено пусковий стіл для РКП і газохід. Відведення продуктів згоряння передбачено вздовж діаметральної площини судна через транець.

Надбудова – розвинена, у її носовій частині розміщують судові містки та рубки, житлові приміщення, у середній – зона технічного комплексу КА та КГЧ, у кормовій – приміщення для складання РКП, зверху – вертолітна площадка й ангар.

Довжина надбудови становить 139 м, ширина – 32 м (дорівнює ширині корпусу судна), висота від верхньої палуби до даху приміщення складання РКП – 13 м, від верхньої палуби до даху ходового містка – 24 м.

За попередніми оцінками, екіпаж пускового судна може становити приблизно 60 осіб, персонал пускових місій – 120.

Також на судні повинні бути передбачені місця для представників замовників пускових місій.

Автономність судна за запасами – 120 діб.

Основні характеристики пускового судна наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Основні характеристики пускового судна

Характеристика	Значення
Водотоннажність порожнім, т	36 000
Водотоннажність повна, т	39 600
Довжина найбільша (габаритна), м	240,00
Довжина по ватерлінії, м	218,00
Ширина по ватерлінії, м	32,00
Осадка порожнім, м	6,00
Осадка в повному вантажі, м	7,00
Осадка перед запуском РКП, м	8,00
Потужність головної енергетичної установки, кВт	24 000
Швидкість ходу, вузли	18
Дальність плавання, миль (за швидкості, вузлів)	10 800 (18)

Опис судна

Загальне уявлення про внутрішню будову пускового судна, розміщення приміщень, технологічного обладнання та судових систем дає поздовжній переріз по діаметральній площині (рис. 3).

У деяких випадках по ширині корпусу судна розміщено кілька систем технологічного обладнання в різних приміщеннях (у межах одного відсіку), у площину перерізу при цьому потрапляє тільки одна з них.

Технологічне обладнання на судні розміщено в корпусі й у надбудовах. Частина надбудов судна призначена для розміщення тільки технологічного обладнання, тоді як у відсіках корпусу ще знаходяться судові системи, яким теж потрібно достатньо місця, тому в деяких випадках використано принцип «одна система в одному відсіку», щоб залишилося місце для судових систем.

Під час проектування пускового судна враховували вимоги Регістру судноплавства України [7].

Розрахунки характеристик судна та проєктування розміщення обладнання та систем було проведено згідно з рекомендаціями та настановами з теорії корабля, викладеними в спеціальній літературі – українській [8–10] і американській [11].

Для пускового судна обрано дизель-електричну схему головної енергетичної установки, у якій двигунами, що забезпечують хід судна, є дизель-генератори. Оскільки необхідна потужність досить велика (32 000 к. с.), доцільно застосувати чотири дизель-генератори по 6 000 кВт (8 000 к. с.). Вони розміщені в машинному відділенні.

У цілому така схема допускає розміщення складових частин енергетичної установки в різних відсіках судна, що досить зручно. При цьому відсутні такі критичні з погляду габаритів елементи, як гребні вали та їхні коридори, що дозволяє встановлювати дизель-генератори досить далеко від гребних гвинтів. Завдяки цьому машинне відділення можна змістити ближче до носової частини пускового судна, вивільнивши корму та середню частину для приміщень для роботи з РКП та для технологічного обладнання. При класичній дизельній або дизель-редукторній енергетичній установці зробити це було б значно складніше.

За результатами розрахунків ходовості пускового судна, проведених згідно з рекомендаціями [12], засобами руху пускового судна обрано двигунно-рушійні комплекси, що поєднують у собі, як видно з їхньої назви, і двигун, і рушій. У цьому випадку це так звані азиподи, у яких двигуном є електромотор великої потужності, а рушієм – гребний гвинт. Азипод – це безредукторна система, у якій електромотор розміщено в гондолі поза корпусом судна. Гондола може обертатися навколо своєї вертикальної осі на 360° , забезпечуючи судну кращу маневреність, аніж звичайні гребні гвинти на валах. Азиподи набувають усе більшого поширення в суднобудуванні [13]. Пускове судно має два азиподи в кормовій частині. Можливість повороту на будь-який потрібний кут дозволяє задіяти їх, крім руху судна, ще й для його точного позиціонування в точці старту. Діаметр гвинтів азиподів пускового судна прийнято таким, що дорівнює 4 700 мм. Потужність кожного електромотора (за по-

передньою оцінкою) становить 13 000 к. с. (9 600 кВт).

Для підвищення маневреності пускового судна воно повинне бути оснащено двома спеціальними носовими підрулювальними пристроями (що являють собою електромотори з гребними гвинтами, розміщені в тунелях поперек корпусу судна). Такі пристрої отримали назву «тунельні трастери». Їх дуже часто встановлюють на великотоннажні судна [14]. Потужність електромотора кожного трастера становить 2 000 к. с. (1 500 кВт).

Для зменшення хитавиці на ходу судна передбачено пасивні й активні засоби. До пасивних належать скулові кілі, до активних – активні стерни.

Скулові кілі дозволяють зменшити амплітуду коливань бортової хитавиці. Їхня довжина становить 60 % довжини корпусу, вони закріплені в підводній частині судна перпендикулярно до скулового пояса зовнішньої обшивки. Скулові кілі ефективні лише на ходу судна.

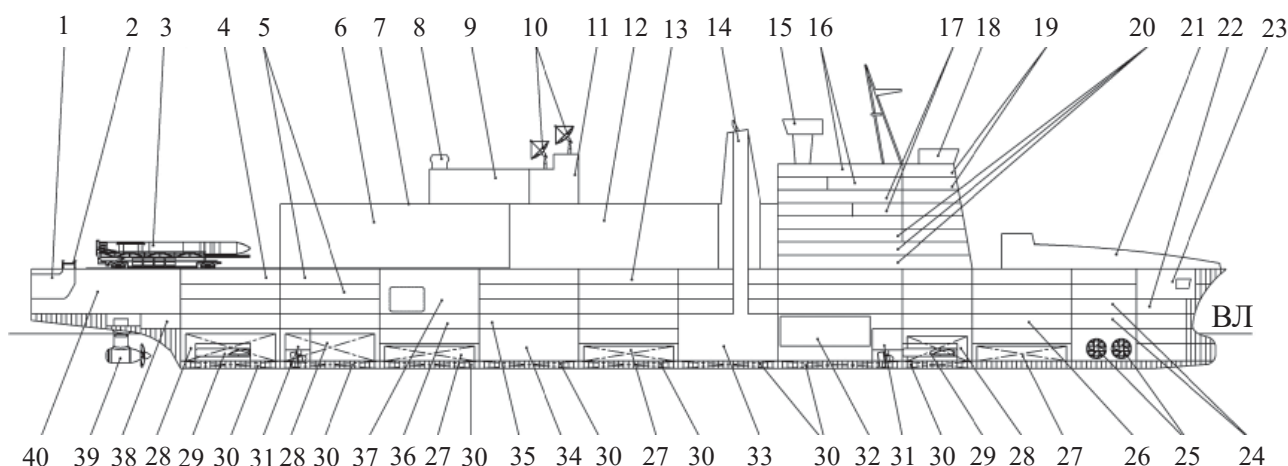


Рис. 3. Пускове судно. Поздовжній переріз:

- 1 – газохід; 2 – пусковий стіл; 3 – ТУА з РКП; 4 – приміщення систем заправлення гасом, киснем, забезпечення стисненим азотом; 5 – приміщення системи подачі стиснених газів; 6 – приміщення для складання РКП;
- 7 – вертолітна площадка; 8 – пост керування злітно-посадочними операціями; 9 – вертолітний ангар;
- 10 – антена приймання телеметричної інформації; 11 – обладнання станції приймання телеметричної інформації; 12 – приміщення зони технічного комплексу КА й КГЧ; 13 – приміщення заправно-нейтралізаційної станції; 14 – димохід головної енергетичної установки судна; 15 – пост візуального спостереження за запуском РКП; 16 – службові суднові приміщення; 17 – житлові приміщення екіпажу; 18 – ходовий місток;
- 19 – приміщення керування судном; 20 – житлові приміщення персоналу пускової місії та представників замовників; 21 – перекриття бака; 22 – ланцюговий ящик; 23 – якірний пристрій; 24 – комора судових запасів;
- 25 – відсік тунельних трастерів; 26 – приміщення стоянкових дизель-генераторів; 27 – диптанк дизельного палива; 28 – баластний диптанк; 29 – вигородка активного стерня; 30 – баластний танк у міждонному просторі;
- 31 – відсік висувної гвинто-стернної колонки; 32 – відсік-сховище та командний пункт пускової місії;
- 33 – відсік головної енергетичної установки; 34 – головні розподільні щити; 35 – приміщення аварійних дизель-генераторів; 36 – приміщення системи енергопостачання; 37 – приміщення з лацпортом для навантаження ступенів РКП на борт судна; 38 – приміщення допоміжних механізмів азипода;
- 39 – азипод; 40 – приміщення систем термостатування, контролю температур та ін.

Активними є висувні стерна (дві пари в носовій і кормовій частинах корпусу). Активне стерно гідродинамічно подібне до крила літака. Площа кожного – 22 м², кут перекладки – 10°. Стерна висуваються під час руху судна на повному ході. На малих ходах, у тому числі за маневрів, швартування й подібних операцій, такі стерна не ефективні, тому вони прибираються всередину корпусу.

Утримання пускового судна на місці в точці старту забезпечує система динамічного позиціонування. Її найважливішими елементами є висувні гвинто-стернові колонки. За принципом дії вони схожі з азіподами, але на звичайних режимах ходу судна їх не використовують, вони постійно прибрані в корпус.

Коли виникає потреба в точному позиціонуванні в точці старту (або в точному маневруванні, наприклад, під час швартування) гвинто-стернові колонки висуваються з корпусу й, створюючи необхідний упор своїми гребними гвинтами, утримують судно на місці, компенсуючи дію течії, вітру та хвиль.

В аварійних ситуаціях (у випадку виходу з ладу одного або обох азіподів) гвинто-стернові колонки можуть бути використані як резервні засоби руху судна, забезпечивши його перехід у найближчий порт із невеликою швидкістю. Для пускового судна попередньо обрані чотири колонки (характеристики кожної: потужність електромотора – 2 400 кВт; маса – 51 т; діаметр гвинта 2 800 мм; вертикальний хід при висуванні – 3 580 мм).

Для поліпшення умов запуску РКП (у тому числі за параметрами хитами) передбачено оснащення пускового судна баластною системою, що використовує забортну воду. Ця система може бути задіяна в точці старту. Її загальна місткість не менше 8 000 м³ (з них 4 000 м³ – у міждонному просторі та 4 000 м³ – у спеціальних цистернах-диптанках усередині корпусу). Вона має насоси продуктивністю не менше 1 000 м³/год, арматуру та системи керування.

Один з варіантів концепції МРКК передбачає перебування всього екіпажу судна й

персоналу пускових місій під час запуску РКП у спеціальному відсіку-сховищі. Конструктивно такий відсік є дворівневою ізолюваною капсулою з подвійними стінками з броньової сталі (ширина 26 м, довжина 18 м, висота 6 м, маса до 2 200 т). Там встановлено все необхідне обладнання для керування пуском. Відсік оснащено відповідною апаратурою, яка дозволяє керувати судном у надзвичайних ситуаціях. Передбачено обладнання та запаси, що забезпечують перебування людей протягом декількох діб.

Згідно з вимогами Конвенції про охорону людського життя на морі місткість рятувальних засобів одного борту із запасом забезпечує розміщення всіх людей, що перебувають на судні. Передбачено різні рятувальні засоби: чергові моторні шлюпки та робочі катери; вогнезахисні шлюпки (у тому числі вільного падіння), рятувальні плоти, жилети та круги.

На судні змонтовано злітно-посадочну площадку для вертольотів масою до 15,6 т, ангар для розміщення й обслуговування двох таких вертольотів, танк для пального (100 м³) і відповідне обладнання.

Судно в момент пуску РКП показано на рис. 4 та 5.

Результати

У статті розглянуто сучасний стан робіт у світі з використання пускових суден у складі морських ракетно-космічних комплексів. Коротко описано МРКК, розроблений на ДП «КБ «Південне». Наведено вихідні дані, які було обрано для проєктування МРКК у цілому та пускового судна зокрема. Подано концептуальний вигляд пускового судна та його основні характеристики, отримані в результаті проєктування. Описано основні судові системи. Показано особливості розміщення технологічного обладнання, яке забезпечує підготовку запуску РКП і його проведення, а також вплив цього розміщення на вигляд і внутрішню будову пускового судна.

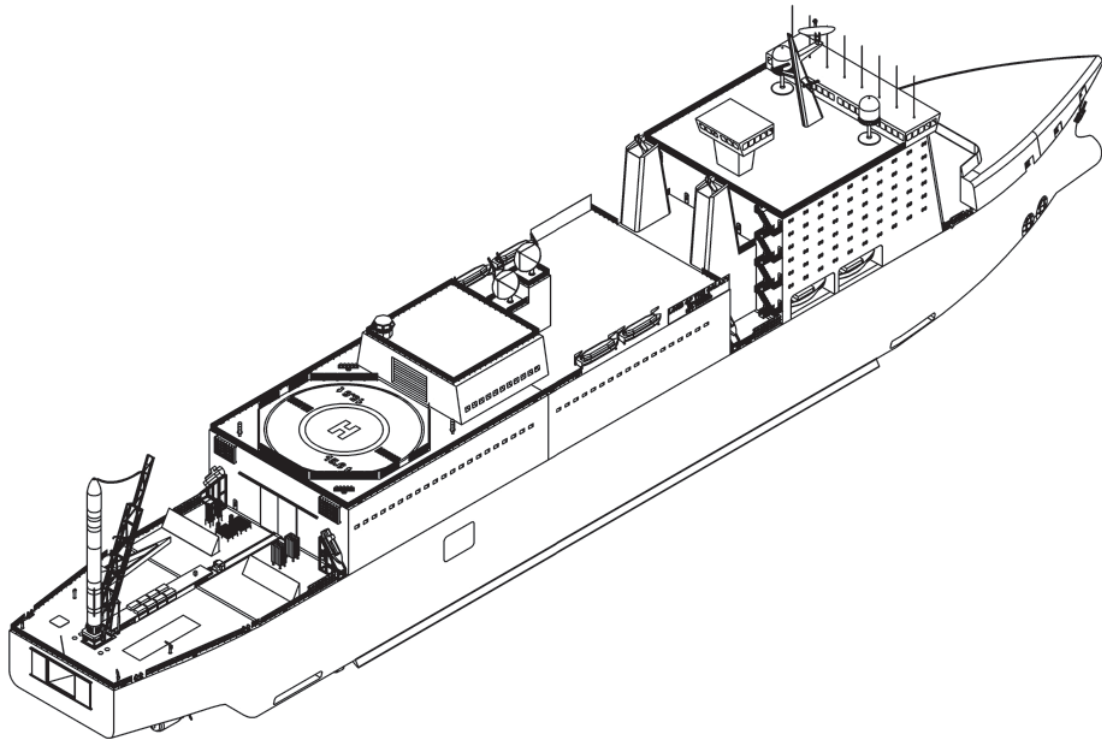


Рис. 4. Пускове судно. Вигляд на момент пуску РКП

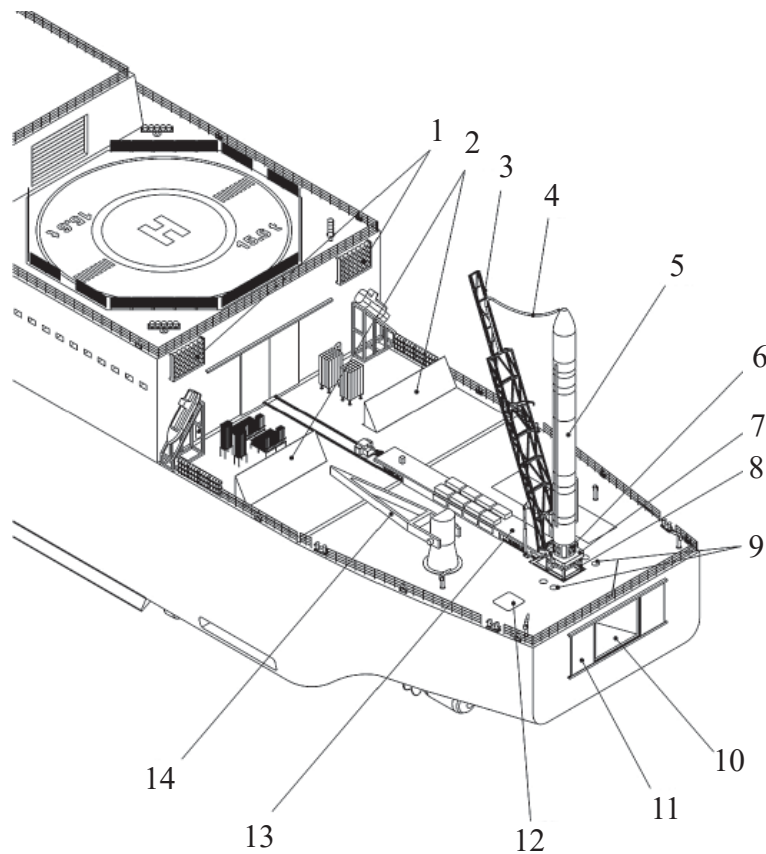


Рис. 5. Пускове судно. Кормова частина. Технологічне обладнання та РКП на момент пуску:

- 1 – прожекторна батарея; 2 – газовідбивальний щит; 3 – стріла ТУА;
 4 – рукав термостатування КГЧ РКП; 5 – РКП; 6 – відсік утримання РКП; 7 – паркувальна опора РКП;
 8 – пусковий стіл; 9 – люк для виведення на верхню палубу комунікацій від технологічного обладнання до РКП
 (комунікації не показано); 10 – вихідний розтруб газоходу; 11 – стулка воріт лацпорту газоходу;
 12 – заслінка вогневого прорізу газоходу в зсунутому положенні; 13 – ТУА; 14 – підймальний кран

Висновки

Створення й експлуатація МРКК – це перспективний напрям розвитку космонавтики. МРКК матимуть важливе значення для космічних програм країн, що не можуть розташовувати об'єкти ракетно-космічної інфраструктури на своїх територіях. На підставі розрахунків можна зробити висновки про можливість створення спеціалізованого пускового судна. Разом з тим існують певні обмеження та різні чинники, які впливатимуть на успішність старту РКП і які треба враховувати під час практичної реалізації проєкту МРКК, зокрема під час проєктування та створення пускового судна.

Ці роботи можуть стати теоретичною основою для подальшого розвитку концепції МРКК.

МРКК мають значний експортний потенціал, оскільки можуть бути пристосовані під потреби того чи іншого замовника. При цьому пускове судно є найважливішим елементом комплексу, що забезпечує здійснення необхідної підготовки РКП до пуску та його проведення. На етапі концептуального проєктування з'являється можливість сформулювати вигляд пускового судна та його характеристики залежно від стратегії на ринку пускових послуг.

Список використаної літератури

1. Jeff Foust, February 14, 2023. SpaceX drops plans to convert oil rigs into launch platforms. URL: <https://spacenews.com/spacex-drops-plans-to-covert-oil-rigs-into-launch-platforms> (дата звернення 25.09.2025).

2. A Spaceport for Germany. The driver for a strong business and aerospace location. URL: <https://www.offshore-spaceport.de/en> (дата звернення 25.09.2025).

3. Andrew Jones, December 9, 2022. China launches 14 satellites with new solid rocket from mobile sea platform. URL: <https://spacenews.com/china-launches-14-satellites-with-new-solid-rocket-from-mobile-sea-platform> (дата звернення 25.09.2025).

4. Andrew Jones, January 13, 2025. Chinese sea launch sends 10 navigation enhancement satellites into orbit. URL: <https://spacenews.com/chinese-sea-launch-sends-10-navigation-enhancement-satellites-into-orbit> (дата звернення 25.09.2025).

5. Andrew Jones, October 11, 2025. Huge commercial Chinese solid rocket launches 3 satellites from barge in the Yellow Sea. URL: <https://spacenews.com/huge-commercial-chinese-solid-rocket-launches-3-satellites-from-barge-in-the-yellow-sea> (дата звернення 12.10.2025).

6. Ларкін Ю. М., Онищенко А. Ф. Особливості проєктування балкерів. *Вісн. Одеського національного морського університету*. 2015. № 3 (45). С. 219–228.

7. Регістр судноплавства України. Правила щодо обладнання морських суден. Т. 2. Частина: II «Корпус»; III «Пристрої, обладнання і забезпечення»; IV «Остійність»; V «Поділ на відсіки»; XVI «Конструкція та міцність корпусів суден із полімерних композиційних матеріалів». *Регістр судноплавства України*. 2020. 792 с.

8. Донцов С. В. Основи теорії судна. Одеса, 2020. 188 с.

9. Новіков А. І., Зіньковський-Горбатенко В. Г., Кот В. П. Вантажна марка морських суден: Навч. посібн. Севастополь, 2006. 160 с.

10. Хурс І. Ф. Практичні розрахунки морехідних якостей судна. Ізмаїльський морський тренажерний центр. Ізмаїл, 2001. 29 с.

11. Eyres D. J., Bruce G. J. Ship construction. 7th edition. Elsevier ltd, 2012. 388 p.

12. Сизов В. Г. Теорія корабля: Навч. посібн. Одеська нац. мор. акад. Одеса: ФЕ-НІКС, 2003. 284 с.

13. Презентація рушіїв Azipod® серії VI. Буклет фірми ABB Oy, Marine. 2010. 36 с.

14. WST-24R Retractable Thruster. Буклет фірми Wärtsilä Corporation. 2017. 2 с.

Стаття надійшла 07.11.2025