

Мельник О.М.

Одеський національний морський університет

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ТА МАНЕВРУВАННЯ СУДНА НА БЕЗПЕКУ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Швидкість судна як і його маневреність має значний вплив на безпеку експлуатації. Оскільки швидкість знаходиться в залежності від часу, це визначає реакцію на можливі небезпеки та здійснення маневрів щодо розходження з іншими суднами, навігаційними небезпеками, тощо. Збільшення швидкості також підвищує ризик зіткнення або пошкодження судна в разі аварії. Маневреність судна має вирішальне значення для безпеки з приводу того, що судно з високими маневреними якостями здатен швидко змінювати напрямок свого руху та уникати небезпечного зближення або загрози зіткнення, тоді як низькі маневрені якості суден обумовлюють труднощі які виникають в процесі ухилення від перешкод або зміни курсу, що може спричинити за собою ризик зіткнення або пошкодження судна. Дослідження чинників, що впливають на параметри руху і маневрування судна є достатньо актуальною темою, Питання, що пов'язані зі зміною ступеня керованості морських суден в різних умовах експлуатації та врахування принципів зміни гідродинамічних реакцій, що діють на корпус судна з боку рідини, її в'язкісної та природи хвилювання завжди потребують певної уваги. Сили які створюють відповідні складові опору на судно, змінюють його ходову осадку і диферент у комплексі мають вирішальне значення для безпечної експлуатації суден. Незалежно від сфери діяльності, будь то проектування і будівництво суден, морська інженерія або судноводіння, поліпшення маневрених характеристик судна має важливе значення для забезпечення його ефективної керованості. У цій статті пропонується обговорення фундаментальних принципів, які регулюють рух судна, включаючи сили і базові основи остійності які на нього впливають. Пропонується аналіз новітніх технологій та розробок сприяючих покращенню керованості та інерційних якостей суден та тенденції розвитку перспективних інновацій в суднопластві.

Ключові слова: морський транспорт, морське перевезення вантажів, безпека суднопластва, швидкісні та маневрені характеристики, керування судном, остійність, системи стабілізації, хита-виця, складові руху судна, попередження зіткнення.

Актуальність роботи. Розуміючи комплекс проблем, які можуть виникнути під час руху судна, штурманський склад може ухвалювати обґрунтовані рішення для забезпечення безпеки та ефективності керування судном, особливо в несприятливих погодних умовах. Вивчення і дослідження динаміки руху водотоннажних об'єктів продовжує розвиватися в процесі розроблення нових технологій і матеріалів, і залишається найважливішим напрямом уваги для проектувальників, інженерів і експлуатантів сучасних суден.

Існує безліч технологій, що покращують маневрені характеристики суден, вони включають в себе використання стабілізаторів, оптимізація баластування та завантаження, планування маршруту, зниження швидкості і, безумовно, шляхом навчання членів екіпажу спеціальним навичкам. Приймаючи до уваги зазначені заходи, підвищується і безпека експлуатації судна, і безпека, і комфорт екіпажу, й пасажирів, а також ефективність транспортних операцій судна.

Матеріал і результати досліджень. Дослідження чинників впливу на маневреність та швидкісні характеристики судна важливі для розуміння його поведінки у воді та пошуку шляхів покращення. Форма корпусу, пропульсивна система та ступінь завантаження судна є основними чинниками, що впливають на ці характеристики. Ці дані можуть бути корисними для розробки та проектування нових суден, а також для покращення експлуатації та безпеки існуючих. Важливі чинники, які впливають на маневреність та швидкість судна, включають форму корпусу, розташування та тип рушії, довжину та ширину судна, глибину води, стан силової установки та технічне її обслуговування, навички екіпажу та погодні умови. Для забезпечення безпеки на водному транспорті, дослідження цих чинників може допомогти виявленню та попередженню можливих проблеми з маневреністю та швидкістю судна та забезпечити безпеку екіпажу, судна та вантажу.

Вплив параметрів руху та маневрування судна на безпеку його експлуатації включає такі аспекти (табл. 1):

Вплив параметрів руху судна на безпеку експлуатації

Параметри	Вплив на безпеку експлуатації
Швидкість судна	Висока швидкість може збільшити ризик аварій та ускладнити контроль над судном. Неправильне використання великої швидкості може спричинити зіткнення з іншими суднами, затонування, пошкодження структури судна та інші небезпеки
Керованість судна	Ефективна керованість судна є критичною для безпеки його експлуатації. Погана маневреність може ускладнити уникнення перешкод, виконання маневрів у вузькостях, реагування на непередбачувані ситуації та уникнення аварій.
Діаметр циркуляції	Надмірне значення може обмежувати можливості маневрування судна, особливо в умовах обмеженого простору, портових акваторій або при виконанні маневрів по розходженню з іншими суднами. Обмежена маневреність може призвести до зіткнень та інших аварійних ситуацій.
Час реакції на небезпеки	Швидка реакція екіпажу на зміну ситуації є важливою для безпеки судна. Довгий реакційний час може спричинити затримку в виконанні маневрів, неправильну реакцію на загрозу або неспроможність уникнути аварійної ситуації.
Остійність судна	Недостатня остійність судна може призвести до виникнення небезпечного крену, загрози перекидання, що в підсумку загрожуватиме безпеці екіпажу, судна та вантажу.
Інерційні якості судна	Інерційні властивості судна є важливим фактором в експлуатації судна. Аварії суден часто є наслідком поганого знання та врахування судоводіями інерційних якостей суден.
Дистанція до інших суден та перешкод	Відстань між суднами та іншими перешкодами має велике значення для безпеки. Недотримання безпечної дистанції може призвести до зіткнень, посадки на міліну, контакт з іншими перешкодами, а також до ускладнення маневрування та реагування на небезпеку.
Вплив погодних умов	Погодні умови, такі як сильний вітер, хвилі або туман, можуть значно погіршити безпеку експлуатації судна. Вони можуть впливати на маневреність, видимість, остійність та інші аспекти безпеки

Аналіз впливу цих параметрів руху та маневрування судна на безпеку його експлуатації є важливим для розробки ефективних стратегій безпеки та покращення процесів морської логістики.

Розуміння принципів руху судна є важливим завданням з точки зору аналізу та контролю маневреності та безпеки експлуатації судна. Кожен вид хитавиці відповідає певному рухові судна, що може виникати під час плавання. Це дає можливість детально вивчати та аналізувати рухи судна в різних площинах та напрямках та дозволяє розуміти, які рухи можуть виникати під час маневрування та впливати на безпеку судна допомагає вживати відповідних заходів безпеки для забезпечення надійності та ефективності процесу перевезень.

Судно, у загальному випадку, має шість ступенів свободи. Відповідно, розрізняють шість видів хитавиці: три обертальних – бортова, кільова і рискання, і три зворотно-поступальних – вертикальна, поздовжня, поперечна. Вертикальну хитавицю або вертикальний рух судна (heave), тоді як хитавиця (sway) – це бічний рух з боку в бік. Поздовжній рух судна (surge), а крен (pitch) – рух навколо поздовжньої осі. Рух навколо поперечної осі (roll) та рискання судна тобто рух навколо вертикальної осі (yaw).

Існує кілька сил, які впливають на рух судна, зокрема сила тяжіння, сила плавучості, гідродинамічна сила і сила вітру. Сила тяжіння – це вага

судна, що діє вертикально вниз. Сила плавучості – це висхідна сила, що діє на судно через витіснену воду. Гідродинамічна сила – це сила, яку чинить вода на корпус судна внаслідок його руху, а сила вітру – сила, яку чинить вітер на надбудову судна.

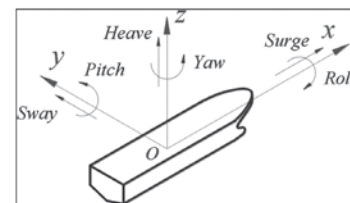


Рис. 1. Системи відліку руху судна

За допомогою кількох виразів можна описати вплив гідродинаміки на корпус судна, наприклад обчислити опір судна, в момент руху, що зумовлений силою тертя води об корпус судна та хвильовим опором, що створюється при русі судна:

$$R = k V^2 \times S \tag{1}$$

де: R – опір (тс), k – коефіцієнт, який залежить від форми корпусу, V – швидкість судна (вуз.), S – площа змоченої поверхні корпусу (м²).

Формула числа Фруда як безрозмірного числа, описує відносну важливість сил інерції до сил гравітації в потоці рідини. У разі досягнення судном швидкості, що дорівнює критичній швидкості поширення хвилі, число Фруда дорівнює одиниці, чим інтенсивніше хвилюєтворення, тим більше число Фруда:

$$Fr = V / \sqrt{gL} \quad (2)$$

де Fr – число Фруда, V – швидкість судна (вуз.), g – прискорення під дією сили тяжіння (m/c^2), L – довжина ватерлінії судна (м).

Формула числа Рейнольдса, також безрозмірне число, яке описує відносну важливість сил в'язкості до сил інерції в потоці рідини. Для судна воно задається формулою:

$$Re = \rho \times V \times L / \mu \quad (3)$$

де Re – число Рейнольдса, ρ – густина рідини (kg/m^3), V – швидкість судна (вуз.), L – довжина корпусу (μ – в'язкість рідини).

До речі хвилеутворююча формула Кельвіна також описує хвильову картину, що створюється судном під час руху у воді, задається наступним:

$$h = (B/2p) \times \sqrt{(L/2p)} \times (1/2) \times (V/\sqrt{g}) \quad (4)$$

де h – висота хвиль, що створюються судном (м), B – ширина судна (м), L – довжина ватерлінії судна (м), V – швидкість руху судна (вуз.), g – прискорення під дією сили тяжіння (m/c^2).

Одна з можливих узагальнюючих формул впливу гідродинамічних сил на корпус судна виглядає наступним чином:

$$Fh = \rho_v \times \oint S (v_n - v_s) \times (v_n - v_s) \times dS \quad (5)$$

де F_h – гідродинамічна сила, що діє на корпус, ρ_v – густина рідини (наприклад, морської води), $\oint S$ – поверхневий інтеграл за площею змоченої поверхні корпусу, v_n – швидкість рідини відносно корпусу по нормалі до поверхні, v_s – швидкість рідини відносно корпусу по дотичній до поверхні і v_r – швидкість корпусу відносно рідини.

Фізичні аспекти руху судна враховують складну взаємодію між рідиною і корпусом судна, включаючи вплив форми і орієнтації корпусу, в'язкість і густину рідини, а також відносний рух корпусу і рідини тому інтеграл по площі змоченої поверхні враховує той факт, що потік рідини навколо корпусу судна є нерівномірним, а доданок $(v_n - v_s) \times (v_n - v_s)$ фіксує сили зсуву і тиску, які сприяють гідродинамічному опору судна.

Аналіз різних параметрів, пов'язаних з рухом судна дозволяє обчислити опір руху судна у воді, враховуючи форму корпусу, швидкість та площу змоченої поверхні та допомагає визначити режим руху рідини навколо судна і враховувати його вплив на опір та поведінку судна, обчислення швидкості поширення хвиль у воді і допомагає аналізувати хвильові процеси та їх вплив на судно.

Остійність судна – важливий аспект, що передбачає здатність судна зберігати рівновагу оскільки коли воно рухається, на нього діє низка сил, таких як вітер, хвилі та течії, які можуть спричинити

крен, диферент або рискання. Підтримка остійності має вирішальне значення для безпеки судна тому окрему увагу в процесі його руху тобто здатності судна залишатися у вертикальному положенні і протистояти перекиданню після припинення дії зовнішніх сил. На остійність судна впливають кілька факторів, зокрема центр ваги судна (G), центр плавучості (B) і метацентр (M). Коли судно нахилиється, центр плавучості рухається по дузі, продовжуючи таким чином нібито шукати геометричний центр підводної частини корпусу. Ця дуга описує метацентричний радіус. Коли центр плавучості переміщується вгору, метацентр переміщується вниз. І навпаки коли центр плавучості рухається вниз, метацентр рухається вгору. Точка (G) – це точка, де вага судна вважається зосередженою, в той час як точка (B) – це точка, де діє сила плавучості. Точка, в якій перетинаються центр ваги і центр плавучості судна називається метацентром. Центр плавучості рухається в тому ж напрямку, що і ватерлінія судна тому положення точки (G) відносно точки (B) і метацентру має вирішальне значення для визначення остійності судна.

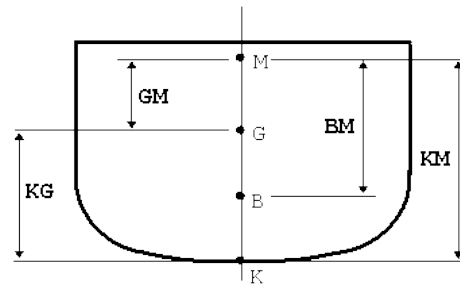


Рис. 2. Лінійні вимірювання остійності

Деякі базові лінійні вимірювання такі як висота центру ваги (KG) судна над кілем міститься в розділі буклету остійності судна що обов'язково повинен бути борту кожного судна для декількох умов завантаження. Наприклад щоб знайти "KG" для умов завантаження, відмінних від тих, що вказані в буклеті остійності, необхідно виконати розрахунки висоти метацентру над кілем (KM) який знаходять за допомогою гідростатичних таблиць і кривої водотоннажності та елементів теоретичного креслення, розташованих в даних про остійність судна. Метацентрична висота (GM) обчислюється шляхом віднімання KG від KM тобто $(GM = KM - KG)$, і є мірою початкової остійності судна. Відстань між центром плавучості і метацентром є метацентричним радіусом (BM) і є фактично радіусом кола для рухів "B" при малих кутах нахилу.

Не менш важливим фактором, що впливає на остійність судна, є ефект вільної поверхні. Коли рідина може вільно рухатися у відсіку, наприклад, у баластній цистерні або вантажному трюмі, вона може зміщуватися і впливати на остійність судна. Щоб протидіяти цьому ефекту, судна обладнують перегородками та резервуарами, що запобігають перекиданню.

Вочевидь що рух судна це складне і динамічне явище, яке може спричинити низку проблем, що впливають на продуктивність і безпеку судна тому слід обумовити деякі з найпоширеніших проблем, які можуть виникнути під час руху судна, і способи їх вирішення. Надмірний крен також серед поширених проблем, яка може спричинити небезпеку та напруження у корпусі судна, пошкодити вантаж і порушити остійність судна. Зазвичай таке явище спричиняється хвильовим впливом, який може виникнути під час руху судна в складних погодних умовах. Небезпечною є повздожня хитавиця яка виникає, коли носова і кормова частини судна по черзі піднімаються і опускаються, внаслідок хвилювання. Для вирішення даної проблеми судна можуть бути обладнані пристроями, тобто стабілізаторами, які являють собою плавники або ротори, встановлені нижче ватерлінії, змонтовані на корпусі або системами активного демпфування.

Синхронна хитавиця також небезпечне явище для судна, яке може виникнути, коли власна частота руху судна синхронізується з частотою хвиль. Це може призвести до значного збільшення амплітуди хитавиці, що в свою чергу може поставити під загрозу остійність судна і спричинити пошкодження вантажу. Для вирішення цієї проблеми судна можуть бути обладнані пасивними або активними пристроями, які можуть зменшити амплітуду хитавиці судна.

Параметрична хитавиця – специфічний тип, який може виникати на суднах з певною формою корпусу і високою швидкістю руху. Він виникає, коли крен судна поєднується з позовжнім рухом судна і може призвести до швидкого збільшення амплітуди крену. Під загрозою опиняється остійність судна і цілісність вантажу. Для вирішення цієї проблеми судна можуть бути обладнані активними пристроями проти хитавиці, такими як плавники або баластні системи, які можуть протидіяти такому явищу.

Повільний дрейф може виникнути, коли судно рухається проти течії або зустрічного вітру. Він може призвести до відхилення судна від наміченого курсу, так зване рискання. Для вирішення цієї

проблеми судна можуть бути обладнані рушіями або системами динамічного позиціонування, які можуть утримувати місцеположення і курс судна.

Існує кілька негативних факторів, які можуть вплинути на рух судна, зокрема жорстке хвилювання що може викликати розгойдування судна, що призводить до потенційної небезпеки для екіпажу, судна та вантажу. Поривчатий вітер також може спричинити розгойдування або навіть перекидання судна, залежно від напрямку та інтенсивності вітру. Сильні течії можуть спричинювати знос судна, ускладнюючи процес керування і контроль за його утриманням на курсі. У холодному кліматі на корпусі судна може утворюватися лід, що також впливає на його швидкість і маневреність та остійність. Будь-яка механічна поломка або несправність в технічних системах, головному двигуні або рульових системах судна може призвести до непередбачуваних і небезпечних наслідків. Окрім цього некоректне завантаження судна та баластування має свої негативні наслідки. Якщо баластні цистерни судна не заповнені повністю або більш ніж 95%, це може вплинути на остійність судна і сприяти його схильності до надмірної хитавиці.

Як зазначено на рух судна впливають хвилі, вітер, течії та інші зовнішні чинники тому важливо вживати заходів для поліпшення його руху, які можна вжити для зменшення хитавиці і підвищення безпеки наприклад стабілізатори, які можуть бути встановлені на судні для зменшення хитавиці. Існує два типи стабілізаторів: пасивні та активні. Пасивні стабілізатори працюють за рахунок збільшення опору щодо хитавиці судна, тоді як активні стабілізатори, використовуються гідравлічні або пневматичні системи, для протидії хитавиці судна. До пасивних стабілізаторів відносяться так звані заспокоювачі, які являють собою довгі пластини, прикріплені до корпусу судна, і плавники, які схожі на крила літака і встановлені на бортах судна. Активні стабілізатори включають гіроскопічні стабілізатори, для створення протидіючої сили, і гідравлічні стабілізатори, які використовують гідравлічні насоси для встановлення плавників або інших пристроїв для протидії хитавиці. Гіроскопічні заспокоювачі це потужні гіроскопи, які обертаються в спеціальній рамі, а під час бортових хитавиць відбувається поворот осі гіроскопа, внаслідок чого виникає так званий «гіроскопічний момент», що допомагає стабілізувати судно та усунути бортову хитавицю навіть до 95%. Вони знайшли своє поширення як на маломірних суднах, так і на крупнотоннажних

однак і вартість такого обладнання дуже висока. Робота заспокоювача повністю автоматизована й автономна, потрібно тільки ввімкнути або вимкнути пристрій, а також ознайомитися з графічним інтерфейсом дисплея, який розроблений зрозуміло і просто. Під час руху судна, на відміну від пасивних стабілізаторів, гіроскопічний заспокоювач хитавиці працює в постійному режимі за будь-якої швидкості руху судна, автоматично адаптуючись під амплітуду хитавиці.

Серед заходів що сприяють поліпшенню руху судна та покращенню його маневрених та швидкісних характеристик є коректне баластування судна що також здатне покращення його остійності. Коли судно порожнє, воно має тенденцію бути легким, з надлишковою парусністю та нестійким на заданому курсі. Оптимальне баластування знижує центр ваги судна, покращуючи його посадку та стабільність курсової стійкості. Ефективне планування маршруту має значний вплив на якість його руху. Штурманський склад повинен прокладати маршрут таким чином, щоб уникати зон з несприятливими погодними умовами або сильними течіями. Плануючи маршрут, з використанням сприятливих умов можна забезпечити фрахтову швидкість руху судна. Нарешті, підготовка екіпажу має важливе значення для покращення маневрених характеристик судна. Судноводії повинні мати відповідні компетенції та навички, як правильно експлуатувати суднове навігаційне обладнання та технічні системи, таке як стабілізатори та баласт, щоб оптимізувати остійність судна. Вони також повинні бути навчені тому, як реагувати на мінливі погодні умови і стан моря щоб уникнути непотрібних ризиків.

Судноплавна індустрія є життєво важливою частиною глобальної торгівлі, з'єднуючи країни і забезпечуючи транспортування товарів через океани. З розвитком технологій і мінливими вимогами галузі, майбутнє судноплавства є сферою постійних досліджень і розробок тому розглянемо деякі з останніх тенденцій і прогнозів щодо поліпшення швидкості руху суден у майбутньому. Однією з останніх тенденцій в дизайні суден є використання хвилепроникнених корпусів. Такі корпуси призначені для розсікання хвиль, зменшуючи опір води та покращуючи паливну ефективність. Форма цих корпусів схожа на форму торпеди, з вузьким носом, що звужується до корми. Така конструкція дозволяє судну більш плавно рухатися по воді, зменшуючи вібрації і роблячи морський перехід більш комфортним особливо для круїзних суден. Хвилепроникні

корпуси зменшують значення K , що призводить до меншого хвильового опору і кращої паливної ефективності. Формула для розрахунку хвильового опору (R_w) виглядає наступним чином:

$$R_w = K \times \rho \times V^2 \times S \quad (6)$$

де: K – константа, яка залежить від форми корпусу, ρ – густина води (кг/м^3), V – швидкість судна (вуз.), S – площа змоченої поверхні корпусу (м^2).

Додатково на рух судна впливає багато факторів, зокрема хвилі, вітер і течії. Тому актуальними буде дати характеристику системам активної стабілізації, які використовують датчики і системи управління для регулювання стабільності руху судна і підвищення його стійкості на курсі. Ці системи можуть зменшити крен і хитавицю судна, покращуючи перехід судна в несприятливих погодних умовах більш небезпечним і знижуючи ризик пошкодження вантажу. Системи активної стабілізації працюють, контролюючи крен судна, регулюючи амплітуду і частоту крену, зменшуючи його значення. Нижче наведена формула описує рух судна відносно горизонтальної площини, зокрема кут крену. Вона використовується для моделювання і аналізу коливань судна та дозволяє оцінити рух судна та враховувати його вплив на остійність та безпеку плавання.

$$\theta = A \times \sin(\omega \times t + \varphi) \quad (6)$$

де: θ – кут крену (град.), A – амплітуда руху бортового хитання (м), ω – частота руху бортового хитання (м/с), t – час (с), φ – початковий фазовий кут (град).

Досягнення в галузі пропульсивних технологій також впливають на майбутні технології підвищення якості руху суден. Розробляється кілька інноваційних рушійних систем, таких як системи повітряного змащення, які створюють шар повітряних бульбашок навколо корпусу, щоб зменшити опір і підвищити ефективність використання палива. Інші рушійні системи, такі як магнітогідродинамічні рушії і осцилюючі плівки, також досліджуються на предмет їхнього потенціалу для підвищення ефективності руху суден. Однією з останніх тенденцій є використання електричних пропульсивних систем, які використовують електродвигуни для приводу гребних гвинтів. Ці системи є більш ефективними, ніж традиційні дизельні двигуни, і спричиняють менше забруднення. Вони також можуть поєднуватися з відновлюваними джерелами енергії, такими як сонячні панелі і вітрогенератори, щоб ще більше зменшити шкідливий вплив судноплавства на навко-

лише середовище. Удосконалені пропульсивні системи можуть зменшити опір судна і підвищити ефективність руху, що призводить до зниження енергоспоживання та зменшення споживання палива, де потужність (P), необхідна для руху судна, виглядає наступним чином:

$$P = (D \times V) / \eta \quad (7)$$

де: D – опір корпусу судна (H), V – швидкість судна (вуз), η – коефіцієнт корисної дії рушія.

Існує ще декілька майбутніх тенденцій у покращенні якості руху суден, які зараз досліджуються і розробляються морською індустрією це діджиталізація. Очікується, що використання передових цифрових технологій в майбутньому зробить революцію в методах управління суднами адже системи, які інтегрують штучний інтелект в управління системами і комплексами використовуючи мережу сучасних датчиків, можуть допомогти підвищити точність навігації, оптимізувати споживання палива і підвищити загальну ефективність. Автономне судноплавство швидко стає реальністю,

і кілька компаній вже тестують і розгортають автономні технології судноплавства. Ці судна використовують передові алгоритми автоматизації для навігації та прийняття рішень, зменшуючи потребу у втручанні людини та підвищуючи безпеку.

Висновки. Результати отримані в даній статті підтверджують, що параметри руху та маневреність судна мають визначальний вплив на безпеку його експлуатації та ефективність перевезення вантажів. Аналіз взаємодії судна з рідиною дозволив розкрити значення інерційних сил на опір корпусу та маневреність судна. Дослідження факторів, що впливають на остійність судна, дозволяють моделювати рух з урахуванням амплітуди, частоти та початкового фазового кута що в підсумку підкреслює важливість врахування цих аспектів для забезпечення безпеки плавання, ефективного перевезення вантажів та оптимальної експлуатації судна. Подальше дослідження цієї теми може сприяти вдосконаленню технологій та стратегій управління судном з метою забезпечення його безпеки та ефективності експлуатації.

Список література:

1. de Winter, Roy. (2018). Designing Ships using Constrained Multi-Objective Efficient Global Optimization. 10.13140/RG.2.2.21395.12328.
2. Мельник О.М. Розвиток дистанційних технологій керування судном як фактор забезпечення безпеки судноплавства / О.А. Онищенко, А.О. Волошин, Н.В. Васалатій, О.В. Логінов, К.С. Корякін // Розвиток транспорту. – 2022. – № 3 (14) – С.179- 191. DOI <https://doi.org/10.33082/td.2022.3-14.13>.
3. Мельник О.М., Волошин А.О., Онищенко О.А., Щербина О.В., Васалатій Н.В., Никитюк П.В. Організація забезпечення інформаційної безпеки морського судна. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2022. – №201. – С. 69–78. DOI: 10.18664/1994-7852.201.2022.267758
4. Мельник О.М. Супутникові компаси у системі забезпечення безпеки навігації суден / О.М. Мельник, К.С. Корякін, О.В. Логінов // Розвиток транспорту. – 2022. – № 1 (12) – С.54- 63. <https://doi.org/10.33082/td.2022.1-12.05>.
5. Lian, Jijian & Wang, Haijun & Guo, Yaohua & Pengwen, Wang. (2023). Effects of damping plate on the motion response of transport ships under waves. Applied Ocean Research. 134. 10.1016/j.apor.2023.103507.
6. Li, Gaocai & Liu, Mingzheng & Zhang, Xinyu & Wang, Chengbo & Lai, Kee-hung & Qian, Weihua. (2022). Semantic Recognition of Ship Motion Patterns Entering and Leaving Port Based on Topic Model. Journal of Marine Science and Engineering. 10. 2012. 10.3390/jmse10122012.
7. Meyers, W. & Baitis, A.. (1985). SMP84: Improvements to Capability and Prediction Accuracy of the Standard Ship Motion Program SMP81. 100.
8. Suzuki, Ryosuke & Ueno, Michio & Tsukada, Yoshiaki. (2021). Numerical simulation of 6-degrees-of-freedom motions for a manoeuvring ship in regular waves. Applied Ocean Research. 113. 102732. 10.1016/j.apor.2021.102732.
9. Melnyk, O. Onyshchenko, S. (2022) Navigational safety assessment based on Markov-model approach. Scientific Journal of Maritime Research, 36 (2), 328-337. <https://doi.org/10.31217/p.36.2.16>
10. Мельник О.М., Онищенко О.А., Корякін К.С., Бурлаченко Д.А., Чеча О.П., Щенявський Г.С. (2023). Безекіпажне судноплавство як розвиток технологічних інновацій в морській галузі. Вчені записки ТНУ ім. Вернадського. Технічні науки. – 33 (72) № 5 – С. 299-304.

Melnyk O.M. ANALYSIS OF THE SHIP'S MOVEMENT AND MANEUVERING PARAMETERS INFLUENCE ON THE OPERATIONAL SAFETY

The speed of a vessel, like its maneuverability, has a significant impact on operational safety. Since speed is time-dependent, it determines the reaction to possible obstacles such as ships, floating objects, navigational

hazards, etc., so an increase in speed also increases the risk of collision and damage to the vessel in the event of an accident. Vessel maneuverability is also crucial for safety in that a vessel with good maneuverability can quickly change her course and avoid a collision, while poor maneuverability causes difficulties in evasive maneuvers or changing course, which can lead to a risk of collision or damage to the vessel. The study of the factors affecting the parameters of ship movement and maneuvering is a rather relevant topic, Issues related to changes in ship controllability in various operating conditions and understanding the principles of hydrodynamic reactions acting on the ship's hull from the fluid, its viscous and wave nature, as well as the forces that form the corresponding components of resistance in the direction of ship movement and change the running draft and trim in combination, are crucial for the safe operation of ships. Regardless of the field of activity, whether it is ship design and construction, marine engineering or ship navigation, improving the maneuvering characteristics of a ship is essential to ensure its efficient handling. This article offers a discussion of the fundamental principles that govern ship motion, including the forces and basic principles of stability that affect it. The article also analyzes the latest technologies and developments that contribute to the improvement of ship handling and inertial performance, as well as trends in the development of promising innovations in shipping.

Key words: maritime transport, safety of transportation, safety of navigation, speed and maneuverability characteristics, ship control, stability, stabilization systems, pitching, ship hull, ship motion, collision prevention.