

Цей винахід в цілому стосується морських суден і зокрема швидкісного гібридного корпусу на підводних крилах, що складається з вузького центрального елемента корпусу та двох чи більше бокових елементів, а саме судно в цілому діє у нормальному високошвидкісному режимі як надвузьке однокорпусне судно, стабілізоване підводними крилами.

Серед сучасних швидкісних суден катамарани протягом двох останніх десятиліть займали більш вигідну ринкову позицію, ніж монокорпусні судна, особливо з довжиною менше 100 метрів. Катамаранам властиві простота в керуванні, висока остійність і порівняно високі швидкісні та мореплавні характеристики, особливо в діапазоні швидкостей 30-35 вузлів. Однак, все зростаючі вимоги до швидкісних характеристик суден призвели до появи кількох катамаранів, які можуть розвивати швидкість 45 вузлів і навіть більше 50 вузлів. Мореплавні характеристики є також одними з найважливіших для сучасного високошвидкісного морського транспорту. Необхідність задовільнити такі вимоги призвела до появи більших головних енергетичних установок та введення систем гасіння хитавиці, таких як Т-подібні підводні крила в носовій частині судна та тримери або інтерцептори в кормовій, що дозволило забезпечити підвищений комфорт під час руху. Введення Т-подібних крил, що, по суті, являють собою тимчасові піднімальні пристрої, пов'язане з помітним гідродинамічним опором, який зменшує швидкість 40-45-вузлового катамарана на 2-3 вузли.

Незважаючи на підвищення швидкісних вимог на певних маршрутах, більшість операторів швидких паромів все ще не наважується підтримувати таку тенденцію розвитку морського транспорту, оскільки це означатиме значне збільшення витрат палива. Найімовірніше, катамаранна технологія, комерційний розвиток якої почався на початку семидесятих, досягла сьогодні оптимальної стадії свого розвитку з точки зору гідродинаміки. Подальше зменшення гідродинамічного опору у значній мірі стримується тим, що головною складовою такого опору є гідродинамічне приповерхневе тертя. Для його подолання потрібно або зменшувати площу змочуваної поверхні, або ж зменшувати приповерхневе тертя шляхом застосування нової технології, типу повітряного змащування.

Відсутність випробуваних методів розв'язування таких технологічних задач вказує на те, що ідея катамарана у сьогоднішньому нашому розумінні вже неспроможна повністю задовольняти потреби, що виникатимуть у майбутньому. Ця теза також підтверджується підвищеною увагою до екологічних аспектів мореплавства з боку громадськості та владних структур, що, скоріш за все, матиме своїм наслідком розвиток якихось новітніх ідей. До того ж, вплив хвильових збурень, породжуваних швидкісними судами, на стан навколишнього середовища стає останнім часом все серйознішою регіональною проблемою.

Судна на підводних крилах, що перетинають поверхню води, були розроблені в середині п'ятидесятих років і випускалися серійно італійською фірмою "Rodriquez". Як відомо, вони являли собою однокорпусне судно, оснащене розташованими у носовій та кормовій частинах корпусу системою підводних крил, що перетинають поверхню води, поперечний переріз якої має V-подібну форму. Таким чином частини системи крил виступають над ватерлінією з обох боків і забезпечують поперечний відновлювальний момент при крені судна, який супроводжується зануренням підводних крил, що перетинають водну поверхню. Судно залишається повністю піднятим над водою при більших швидкостях, а схема розміщення підводних крил, що перетинають водну поверхню, забезпечує самостабілізацію по крену й тангажу. Судно приводиться в дію повністю зануреними гребними гвинтами, змонтованими на похилих валах. Перевагами такої принципової конструкції над традиційними однокорпусними суднами подібного розміру були покращені мореплавні властивості та коефіцієнт корисної дії енергетичної установки при робочій швидкості близько 35 вузлів. Недоліками були складність конструкції, більша собівартість побудови, обмеження за вагою та швидкістю. Тому повна довжина такої конструкції, як правило, не перевищує 40м, а максимальна водотоннажність - 150т. Судно такої конструкції стало дуже популярним як пасажирські паромі і навіть зараз багато таких суден експлуатується по всьому світі, особливо в країнах колишнього СРСР, в Японії, країнах Середземномор'я. На думку винахідника, на сьогоднішній день, імовірно, немає іншого типу швидкісного судна, яке б перевезло таку кількість пасажирів. Однак порівняння з сучасними типами високошвидкісних суден, таких як катамарани й однокорпусники, свідчить не на користь вищезгаданого судна, яке вже не витримує конкуренції в плані швидкісних характеристик і пасажирського комфорту, хоча ще й досі не поступається коефіцієнтом корисної дії енергетичної установки (коефіцієнтом швидкохідності).

Один з найважливіших кроків у розвитку високошвидкісної морської технології було зроблено в середині семидесятих, коли компанія "Boeing" (США) розробила судно на підводних крилах з водометним рушієм "Jetfoil". Як і у випадку суден фірми "Rodriquez", основою нової конструкції є монокорпус, який піднімається вище рівня ватерлінії при зростанні швидкості. Однак, система підводних крил відрізняється до повністю зануреного типу і складається з однієї плоскої повністю зануреної системи підводних крил, яка підтримується трьома вертикальними стояками. На відміну від системи крил, що перетинають поверхню води, нова система крил не забезпечує самостабілізації і тому її положення може регулюватися керованими закрилками, змонтованими на задньому краю такої системи. Первинна система крил, розмах якої сягає повної ширини судна, розташовується в його кормовій частині і забезпечує первинну стабілізацію по тангажу і крену. Менша система крил (Т-подібна) розташовується на осовій лінії попереду і підтримується вертикальним стояком. Вона забезпечує вторинну підйомну силу та необхідний момент для регулювання тангажу. Обидві системи крил можуть бути нахилені вгору, коли судно завантажене до величини його водотоннажності. Нормальна робоча швидкість судна "Jetfoil" довжиною 27,4м і водотоннажністю 117т із зануреними крилами становить 45 вузлів. Перевагами такої конструкції є відмінні мореплавні характеристики та високий коефіцієнт корисної дії енергетичної установки. Недоліками, на жаль, є висока вартість побудови, технічна складність конструкції, обмеження на повну вагу та вагу корисного вантажу.

На початку дев'яностих норвежці Квернер Фьельстранд (Kvaerner Fjellstrand) і Вестамарін (Westamarin) запропонували ідею "кота на підводних крилах" (Foilecat). Це катамаран з системою повністю занурених підводних крил, що піднімає судно вище ватерлінії, який розвиває робочу швидкість близько 45 вузлів. Найбільше судно такого типу має довжину 35 метрів і водотоннажність близько 175 тонн. Конструкція описана в патенті Норвегії № 175199 і має, по суті, ті ж переваги й недоліки, що й судна типу "Jetfoil". Останні й

обмежують її застосування.

На шляху зменшення великого фрикційного опору, що виникає під час руху катамаранів зі швидкостями близько 45 вузлів, нещодавно виникла одна ідея катамарана з підводними крилами, оснащеного системою повністю занурених крил, призначеною для часткового піднімання судна з води. У той же час, така система крил дозволяє керувати тангажем і, в меншій мірі, креном і підйомним зусиллям. Дві конструкції такого типу описані в патентах США № US 4606291 та US 4665853. Оскільки останні працюють в режимі неповного завантаження і самі по собі мають ще й два корпуси, занурені у воду, то їх застосування обмежене великим гідродинамічним опором руху.

Конструкція тримарана набуває останнім часом все більшого визнання серед фахівців морського транспорту завдяки його високим швидкісним та мореплавним характеристикам. Як відомо, тримаран складається з трьох повністю занурених елементів корпусу, що включають довгий і вузький центральний корпус та пару коротших аутрігерів або бокових корпусів, з'єднаних з нижньою частиною поперечної надбудови містка, розташованої в середній або кормовій частинах судна. Однак, така конструкція ще не зайняла належного місця на ринку високошвидкісних паромів. Пізні варіанти згаданої конструкції описані в різних патентах і патентних заявках, таких як US 4348972, US 5178085, US 5529009, JP 63130492, WO 93/07046, WO 94/20359, WO 97/10988 та EP455605. Деякі з цих конструкцій включають піднімальні пристрої у вигляді Т-подібних крил, змонтованих на бокових корпусах і центральному корпусі для гасіння бортової та кільової хитавиці. Однак, усі вони працюють лише в режимі сталого водотоннажу і мають зануреними усі три корпуси.

Гібридне морське судно на підводних крилах описане в патенті США № 5503100. Однак, здається, що цей конкретний винахід зіпсований численними непрактичними деталями, що, скоріш за все, робитиме його непридатним для застосування як високошвидкісного судна. Причиною цього є поєднання складної геометрії корпусу, нетрадиційне розміщення енергетичної установки та системи крил, що врешті решт призведе до надмірної повної ваги і гідродинамічного опору.

Ця нова конструкція, у своїй кращій версії, являє собою гібрид між монокорпусом і тримараном. Як відомо, так зване число Фруда, яке визначається за формулою

$$F_n = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L}},$$

де v - швидкість (м/с), g - прискорення вільного падіння, L - довжина судна вздовж ватерлінії (м), визначає хвилетвірний опір судна. Традиційні тримарани з повністю зануреними боковими корпусами мають тенденцію рухатися в режимі глісірування, коли довжина бокових корпусів мала, а швидкість досить висока. Через необхідність забезпечення остійності, яка вимагає того, щоб висота метacentру була позитивною (+GM), виникає необхідність забезпечення відносно глибокого занурення бокового корпусу порівняно з його довжиною, що в цілому веде до ризику суттєвого зростання гідродинамічного опору, зумовленого збудженням хвиль, на великих швидкостях та збільшення числа Фруда.

Даний винахід базується на застосуванні геометрії гібридного корпусу, що складається з комбінації удосконаленого різновиду вищезгаданих тримаранів і монокорпусу, а саме з глибокого тонкого центрального елемента корпусу і щонайменше з двох тонких і мілких бокових елементів корпусу, приєднаних до судна за допомогою жорсткої палубної конструкції, що з'єднує бокові елементи з центральним елементом корпусу і може діяти у двох принципово різних режимах, а саме в гідростатичне стійкому низькошвидкісному режимі, у якому висота метacentра є позитивною (+GM), а центральний і як мінімум один з бокових елементів корпусу занурені у воду, та гідростатичне нестійкому високошвидкісному режимі, у якому центральний елемент корпусу частково піднятий і частково занурений, а висота метacentра є негативною (-GM), у той час як бокові елементи корпусу розташовуються частково або повністю над ватерлінією, причому перехід від одного режиму до іншого відбувається при гідродинамічному підйомі, за допомогою гідродинамічних або підводних крил для регулювання крену, підйомного зусилля і тангажу. Судно має наступні особливості:

- форма центрального елемента корпусу забезпечує велике відношення довжини судна вздовж ватерлінії до його ширини вздовж ватерлінії, а також велике відношення ширини головної палуби до ширини судна вздовж ватерлінії;

- можливі форми поперечного перерізу центрального елемента корпусу нижче рівня занурення палуби в межах більшої частини довжини останньої зображені на Фіг.4а-d і 4е-m (можлива також їх комбінація);

- бокові елементи корпусу мають висоту меншу (або значно меншу), ніж висота центрального елемента корпусу, можуть мати регульовану висоту і розміщуються у поздовжньому напрямку симетрично до осової лінії судна таким чином, що їх більша частина розташована ближче до корми відносно положення центра ваги по довжині або ж поблизу цього положення;

- принаймні одна первинна система гідродинамічних або підводних крил розташована між центральним і боковими елементами корпусу нижче їх рівня і з'єднується з ними за допомогою вертикальних стояків, а також з конструкцією занурюваної частини палуби за допомогою щонайменше одного вертикального стояка з кожного боку осової лінії судна;

- принаймні одна вторинна система гідродинамічних або підводних крил розташована в кормовій і/або носовій частинах центрального елемента корпусу і з'єднується з судном за допомогою принаймні одного вертикального стояка для кожної системи підводних крил, а також до розташованої між центральним і боковими елементами корпусу занурюваної частини палуби;

- гідродинамічні або підводні крила розміщуються так, що центр гідродинамічного підйому розташовується безпосередньо в або поблизу положення центра ваги по довжині;

- величина гідродинамічної підйомної сили, що створюється системою підводних крил при максимальній швидкості руху становить не менше 20% найменшої ваги судна;

- бокові елементи корпусу складаються зі структурно інтегрованих або незалежно під'єднаних елементів, розташованих нижче занурюваної частини палуби, виготовлених з матеріалу для жорстких конструкцій або з

гнучкого ударопоглинального пружного матеріалу по всій довжині палуби або ж по більшій її частині;

- бокові елементи корпусу мають у своєму складі флотаційні елементи, висота яких може регулюватися по всій довжині бокових елементів або ж по більшій її частині;

- центральний елемент корпусу, головним чином великого судна, комплектується баком водяного баласту з постійно відкритим отвором, розташованим в нижній обшивці вищезазначеного елемента на певній відстані від його транця, для забезпечення швидкого самозаповнення та спорожнення; бак також може бути оснащений засобами дистанційно керованого заповнення та спорожнення.

В рекомендованому виконанні винаходу судно оснащується: 1) первинною системою повністю занурених підводних крил, призначеною для створення підйомної сили, стабілізації бортової хитами та гасіння вертикальної хитами, яка розміщується під і між центральним та боковими елементами корпусу поблизу положення центра ваги по довжині (LCG) і під'єднується до центрального і бокових елементів корпусу та розташованої між ними конструкції занурюваної частини палуби за допомогою вертикальних, можливо також похилих, стояків та 2) системи вторинних підводних крил, призначеної для створення підйомної сили та керування тангажем, яка розміщується в кормовій частині судна, можливо також у носовій частині або носовій і кормовій частинах одночасно, і з'єднується за допомогою вертикальних стояків з центральним елементом корпусу та, в залежності від поперечних розмірів системи підводних крил, з конструкцією занурюваної частини палуби.

В іншому рекомендованому виконанні винаходу, особливо придатному для суден з довжиною понад 100м, судно оснащується двома первинними системами підводних крил з великим відносним видовженням, призначених для створення підйомної сили, стабілізації бортової хитами та контролювання тангажу. Оскільки судна таких розмірів звичайно матимуть водотоннажність з повним грузом, що перевищує 1000 метричних тонн, то для оптимізації повного гідродинамічного опору руху можна зробити ширину підводного крила більшою за нормальну ширину судна, що дозволить досягти відношення величини підйомної сили до водотоннажності близько 50% при швидкості 40-45 вузлів. Така конструкція зображена на фіг.8. На фігурі показано частини конструкції палуби, виступають у поперечному напрямку за межі нормальної ширини судна, для того щоб забезпечити опору для зовнішніх стояків підводних крил. Такі мостові конструкції можуть використовуватися також на постах швартування, а також на станціях посадки і висадки пасажирів.

Для більших за розміром виконань винаходу, наприклад, довжиною 200м чи більше, можна запропонувати три первинні системи підводних крил для створення потрібної підйомної сили. У такому випадку їх слід розміщувати в кормовій, носовій та центральній частинах судна.

Згідно з цим винаходом, високошвидкісне гібридне морське судно має гідродинамічні або підводні крила, які забезпечують створення гідродинамічної підйомної сили та контролювання крену, вертикального зусилля та тангажу, і може працювати у двох принципово різних режимах, а саме в гідростатичне стійкому низькошвидкісному режимі, у якому висота метacentра є позитивною (+GM), із зануреними у воду центральним і як мінімум одним з бокових елементів корпусу, та гідростатичне нестійкому високошвидкісному режимі, у якому висота метacentра є негативною (-GM), а тонкий центральний елемент корпусу частково піднятий і частково занурений, у той час як бокові елементи корпусу підняті частково або повністю над водою, коли вищезазначене судно динамічно стабілізується системою підводних крил, що складається з:

- центрального елемента корпусу, який є частиною суцільної жорсткої палубної конструкції, яка у поперечному напрямку виступає за межі ширини центрального елемента корпусу і де нижня поверхня згаданої палубної конструкції, означена як занурювана частина палуби, розташовується вище ватерлінії, коли судно нерухоме в неушкодженому стані, і на все більшій висоті над середньою ватерлінією при значному зростанні швидкості переднього ходу судна;

- відношення найбільшої ширини набору корпусу судна над ватерлінією до найбільшої ширини набору центрального елемента корпусу на рівні ватерлінії для будь-яких умов плавання прямостоячого судна в неушкодженому стані не менше 2;

- відношення найбільшої довжини центрального елемента корпусу вздовж ватерлінії до найбільшої ширини вздовж ватерлінії в режимі плавання прямостоячого неушкодженого судна не менше 6;

- центральний елемент корпусу має прямокутний або трапецієподібний поперечний переріз нижче рівня занурення палуби в кормовій її частині, який поступово переходить в U-, V- та Y-подібний у носовій частині;

- судно має щонайменше один набір бокових елементів корпусу, розміщених так, що один набір складається з одного бокового елемента, розташованого на кожному з боків поздовжньої осової лінії судна і з'єданого нижче занурюваної частини палуби, а висота цього бокового елемента менша (або значно менша) за висоту центрального елемента корпусу, так що відповідне відношення не перевищує 0,7, причому висота вимірюється від найнижчої суцільної частини палуби, починаючи від корми до носа, до найнижчої частини днищ зазначених бокових елементів корпусу;

- бокові елементи корпусу в рекомендованому виконанні винаходу розташовуються повністю або частково в межах ширини вищезазначеної найнижчої суцільної частини палуби;

- бокові елементи корпусу в рекомендованому виконанні винаходу розміщуються так, що їх більша частина лежить в кормовій частині відносно поздовжнього центра ваги судна;

- бокові елементи корпусу в рекомендованому виконанні винаходу розміщуються так, що в поздовжньому напрямку їх транці розташовуються ближче до корми відносно транця центрального елемента корпусу;

- бокові елементи корпусу в рекомендованому виконанні винаходу розташовуються паралельно поздовжній осової лінії судна або під невеликим кутом в напрямку до або від цієї лінії і орієнтовані симетрично відносно осової лінії судна з обох боків;

- бокові елементи корпусу можуть розміщуватися, головним чином це стосується суден великих розмірів, один за одним з обох боків у поздовжньому напрямку, так що поздовжній центр ваги судна розміщуватиметься між транцем кормових бокових елементів корпусу і носом передніх бокових елементів;

- занурювана частина палуби у поздовжньому напрямку поширюється від верхньої і найдовшої частини носів бокових елементів корпусу до транця центрального елемента корпусу і має у поздовжньому напрямку

форму дуги з кінцями, розташованими вище будь-яких точок на самій дузі, або ж лежить повністю чи частково у площині, що збігається з горизонтальною чи лежить під деяким кутом до неї, причому кормовий край розташовується вище точок площини занурюваної частини палуби, що лежать між кормою та носом судна, або ж вона може мати форму дуги у своїй середній частині і розташованих під кутом до горизонту ліній у кормовій та носовій частинах судна;

- вищезгадана занурювана частина палуби у поперечному напрямку орієнтована горизонтально або під деяким кутом, так що точка на ній, розташована далі від осьової лінії судна, лежить на тій же висоті або вище, ніж точка, розташована ближче до осьової лінії.

В рекомендованому виконанні винаходу гібридне морське судно, крім вже згаданих елементів, має ще й сукупність повністю занурених первинних гідродинамічних або підводних крил, повний розмах яких складає не менше 50% (а рекомендується навіть до 100%) найбільшої загальної ширини судна, причому зазначене підводне крило розташовується поблизу поздовжнього центра ваги судна або, точніше, дещо попереду від цієї точки, і з'єднується з центральним елементом корпусу, занурюваною частиною палуби і боковими елементами корпусу, при цьому занурювана частина палуби або палуба загалом може в поперечному напрямку сягати або виступати за згадані бокові елементи корпусу в залежності від поперечного розміру системи підводних крил, за допомогою двох і більше вертикальних і/або похилих стояків, які передають судну гідродинамічну підйомну силу, звичайно направлену вгору, і де розміщується один, краще декілька, дистанційно керований закрилок з кожного боку від осьової лінії судна, під'єднаний до задньої кромки підводного крила, який забезпечує потрібну гідродинамічну остійність, надаючи керований поперечний відновлювальний момент відносно осьової лінії судна під час поступального руху судна на підвищеній швидкості, при якому бокові елементи корпусу частково занурені або повністю підняті над ватерлінією.

У наступному рекомендованому виконанні винаходу, гібридне морське судно містить конструкцію, яку утворює щонайменше одне повністю занурене вторинне гідродинамічне або підводне крило, повний поперечний розмах якої менше 50% найбільшої повної ширини судна, а один з наборів згаданої конструкції вторинного підводного крила розташований на значній відстані у бік корми від поздовжнього центра ваги судна і з'єднаний з центральним елементом корпусу і/або занурюваною частиною палуби за допомогою щонайменше одного стояка на кожен з наборів підводних крил, який передає судну гідродинамічну підйомну силу, і на якій (конструкції) як мінімум один дистанційно керований закрилок на кожен з наборів підводних крил під'єднується до задньої кромки крила для забезпечення необхідного моменту для регулювання тангажу відносно поздовжньої точки повороту, створюючи керований поздовжній відновлювальний момент під час руху судна вперед зі збільшеною швидкістю.

Фігури

Цей винахід буде розглянуто нижче з використанням наступних рисунків:

- на Фіг.1 зображено вид збоку гібридного морського судна;
- на Фіг.2 представлено судно, зображене на Фіг.1, з поперечним перерізом, проведеним посередині судна через первинне підводне крило, а також через центральний елемент корпусу, занурювана частина палуби та бокові елементи корпусу;
- на Фіг.3 зображено кормовий переріз судна, на якому показано ватерлінію (WL-1) у високошвидкісному режимі, ватерлінію при малій швидкості судна (WL-2), положення центра ваги по ширині (VCG) і метacentра в режимі малої (M) та великої (M2) швидкостей судна;
- на Фіг.4а-4d показано можливі форми поперечного перерізу кормової частини центрального елемента корпусу нижче рівня занурення палуби;
- на Фіг.4е-4m показано можливі форми поперечного перерізу носової частини центрального елемента корпусу нижче рівня головної палуби;
- на Фіг.5 зображено вид судна винаходу ззаду та показано регульовані бокові елементи корпусу;
- на Фіг.6 зображено поперечний переріз деталей елементів плавучості з регульованою висотою, об'єднаних у бокові елементи корпусу судна винаходу із поясненням принципу дії;
- Фіг.7а-7g ілюструють принцип дії системи водяного баласту;
- Фіг.8 являє собою схему судна великих розмірів з двома наборами первинних підводних крил і подвійними наборами бокових елементів корпусу;
- на Фіг.9 подано поперечний переріз судна з первинним підводним крилом, що перетинає водну поверхню;
- Фіг.10 являє собою схему повністю зануреного первинного підводного крила, на якій зображено передню і задню кромки, довжину хорди (CL) та керовані закрилки.

На Фіг.1 зображено профіль гібридного морського судна (1) з центральним (2) та боковими (3) елементами корпусу. Під судном зображено систему первинних підводних крил (4) і вертикальні стояки (11), а також систему вторинних підводних крил (5).

Як уже зазначалося, конструкція, що складається з первинної системи гідродинамічних або підводних крил (4), розташовується між центральним (2) і боковими (3) елементами корпусу, які створюють головну гідродинамічну підйомну силу, в результаті чого зменшується осадка і площа зануреної частини корпусу, а також забезпечується динамічна остійність завдяки використанню системи підводних крил, що перетинають водну поверхню (6), як це показано на Фіг.9, або, ще краще, системи повністю занурених крил (4), підтримуваних вертикальними стояками (11), як це показано на Фіг.2, що мають повністю керовану систему підводних крил, або, ще краще, керовані закрилки (27), з'єднані вздовж задньої кромки (29) згаданого підводного крила (4). При швидкості 45 вузлів гідродинамічна підйомна сила, створювана системою підводних крил, може сягати величин, що відповідають 20-90% водотоннажності ненавантаженого судна в залежності від розмірів системи крил та водотоннажності судна. В результаті судно під час руху піднімається з води настільки, що бокові елементи корпусу будуть частково або повністю підняті над ватерлінією.

Це надає судну головну перевагу за величиною гідродинамічного опору над традиційним катамараном, який піднімається аналогічним чином під час руху. Головною причиною такого прогресу є те, що, згідно з цим

винаходом, площа зануреної частини центрального елемента корпусу менша за сумарну площу обох корпусів катамарана при одній і тій же повній водотоннажності. Цей факт, разом з ефектами, зумовленими створенням підйомної сили підводними крилами, призводить до суттєвого зменшення площі зануреної поверхні. А це, в свою чергу, веде до суттєвого зменшення приповерхневого тертя, що є особливо привабливим для створення високошвидкісних транспортних засобів.

В протилежність традиційним катамаранам, які характеризуються великою висотою метacentра (GM), що забезпечує високу гідростатичну стійкість або остійність до бортового крену, судно, згідно з цим винаходом, спочатку має меншу гідростатичну остійність при малих кутах нахилу (відхилення від вертикалі), коли судно перебуває нерухомим на воді. При зростанні швидкості і появи підйомної сили, створюваної системою підводних крил, гідростатична стійкість ще зменшується. При достатньо великій швидкості і підйомній силі бокові елементи корпусу піднімаються на рівень води і судно переходить у гідростатичне повністю нестійкий стан. Такий стан характеризується негативною висотою метacentра (-GM), яка звичайно визначається як відстань між положенням центра ваги по ширині судна (VCG) та уявним метacentром (M) вздовж вертикальної прямої, що перетинає осову лінію судна. При малих кутах відхилення від вертикалі згадана вертикальна пряма перетинатиме сама себе в певній точці, звичайно вище положення центра ваги по ширині (VCG). Чим вище метacentр розташовується над цією точкою, тим вищою буде гідростатична стійкість і може бути досягнуто позитивної висоти метacentра (+GM). Нестійке судно, таким чином, звичайно асоціюється з малою позитивною або ж від'ємною висотою метacentра (-GM), яка означає, що він розташовується нижче положення центра ваги по ширині (VCG).

На Фіг.4, як зазначалося вище, зображено різні геометричні форми центрального елемента корпусу, що є лабільними або гідростатичне нестійкими форми корпусу для вказаного положення ватерлінії (WL-1).

На Фіг.4a-4d зображено чотири можливі форми поперечного перерізу корпусу в кормовій частині центрального елемента корпусу нижче рівня занурення палуби. Як показано на рисунку, поперечний переріз корпусу може мати чітко окреслену прямокутну, U-подібну або трапецієподібну форми, що поступово переходять в U-, V- та Y-подібні форми в носовій частині корпусу. Праворуч на рисунку показано різні опорні рівні, а саме, ватерлінія (WL-1), рівень зануреної частини палуби (8) і рівень головної палуби (7).

Нарешті на Фіг.4e-4m зображені можливі форми поперечного перерізу носової частини центрального елемента корпусу нижче рівня головної палуби (7). Як показано на рисунках, поперечний переріз може мати чітко окреслену V-, U- або Y-подібну форму, або ж форму, що є комбінацією останніх.

Принцип забезпечення динамічної остійності гібридного морського судна цього винаходу є в цілому подібним до тих, що використовуються на сучасних реактивних винищувачах. Як відомо, літаки такого типу є аеродинамічне нестійкими і не можуть керуватися вручну, на відміну від традиційних стійких літаків, які можуть керуватися пілотами. Тому керування ними здійснюється за допомогою комп'ютерів, аналогічно тому, як це відбувається для судна цього винаходу. Не має потреби говорити, що вони (літаки) є статично стійкими, коли спираються на колеса на землі, аналогічно тому, як це має місце для даного гібридного судна, коли воно нерухоме або рухається з малою швидкістю. Більш наочним прикладом може слугувати велосипед, який є статично нестійким і якого не можна зрівноважити без надання йому відновлювального моменту.

Умова відсутності статичної остійності є дуже корисною для досягнення високого комфорту під час руху шляхом використання ефекту активної динамічної стабілізації, який забезпечується керованими закрилками підводного крила. Дія зовнішніх збурювальних сил, представлених ударами хвиль об корпус, буде при цьому значно меншою, оскільки судно винаходу характеризується негативною висотою метacentра (-GM), на відміну від традиційного катамаранного судна, яке характеризується позитивною висотою метacentра (+GM). Це особливо яскраво проявляється у випадку дії поперечних хвиль, що викликають бортову хитацію. Це проявляється у тому, що судно цього винаходу буде зазнавати бортову хитацію незначної амплітуди або ж не зазнаватиме її зовсім в залежності від висоти хвиль, у той час як досягти цього на катамарані неможливо, навіть якщо останній буде оснащено системою підводних крил такої ж потужності.

Оскільки зануреним у воду є лише центральний елемент корпусу, причому площа зануреної поверхні є, як правило, значно меншою, ніж у катамарана або традиційного монокорпусного судна, то це дозволяє значно зменшити вертикальну хитацію, їх вдається зменшити й далі завдяки поєднанню пасивного й активного вертикального демпфірування за допомогою порівняно великого первинного підводного крила, розташованого поблизу положення центра ваги по довжині (LCG), як це показано на Фіг.1.

В нормальному робочому режимі, коли швидкість судна звичайно становить величину 40-50 вузлів, судно матиме певний запас динамічної стійкості по відношенню до бортової хитації, спричиненої поперечними хвилями, який може бути таким, як і у суден "Foilcat", що повністю піднімаються над водою під час руху. Це зумовлено тим, що бокові елементи корпусу мають значно меншу водотоннажність, ніж бокові елементи корпусу суден типу "Foilcat". Що ж стосується кільової хитації, то вторинне підводне крило, або балансувальне крило, розташоване в кормовій або носовій частинах центрального елемента корпусу, буде найбільше гасити кільову хитацію. Це забезпечує судну, згідно з цим винаходом, унікальні мореплавні характеристики.

При проектуванні такого судна потрібно приділяти особливу увагу таким параметрам як висота і плавучість центрального та бокових елементів корпусу, положення центра ваги по ширині (VCG), положення центра ваги по довжині (LCG) та центра підйомної сили системи крил. Створення судна з оптимальними експлуатаційними характеристиками вимагає дотримання тонкої рівноваги та компромісу між описаними вище факторами.

Коли судно рухається вперед на незначній швидкості або є нерухомим на водній поверхні, тоді створювана підводними крилами підйомна сила є незначною або взагалі відсутня. Отже, осадка зростає і обидва бокові елементи корпусу (3) будуть занурені у воду до рівня ватерлінії (WL-2), показаного на Фіг.1 і 3. Бокові елементи корпусу забезпечуватимуть таким чином необхідну гідростатичну остійність.

Метод регулювання бокових елементів корпусу проілюстровано на Фіг. 5 і 6. В принципі, регулювання бокових елементів корпусу (3) може проводитися за допомогою будь-яких технічно можливих прийомів,

наприклад, за допомогою відповідного елемента плавучості (21), який виштовхується зі свого відсіку (22), розташованого всередині бокового елемента корпусу поршнем, що приводиться в дію вприскуваною в поршневий пристрій рідиною, який рухає вказаний елемент вниз до тих пір, поки він не зануриться у воду на значну глибину, як це показано на Фіг.5. Таким чином можна забезпечити остійність гідростатичне нестійкого центрального елемента корпусу. Глибину занурення елементів плавучості можна плавно регулювати, навіть тоді, коли відсутня стабілізувальна система підводних крил.

Інший метод полягає в тому, що елементи плавучості, з'єднані з боковими елементами корпусу, підтримуються у нижньому положенні з певною глибиною або водотоннажністю, коли судно рухається вперед з малою швидкістю або стоїть у воді нерухоме. Коли швидкість зростає і система підводних крил забезпечує потрібну динамічну остійність, зазначені елементи плавучості тимчасово піднімаються на задану висоту над рівнем води. Таке положення елементів плавучості (21) можна забезпечити, якщо вони приєднані до розташованої над ними змочуваної частини палуби (8) за допомогою сукупності пневматичних або гідравлічних приводів (23), розташованих між ними (8, 21), а також за допомогою герметичної, наповненої повітрям еластичної мембрани (24), з'єднаної з регульованими елементами плавучості та з розташованою над ними змочуваною частиною палуби. Приводи (23) можуть під'єднуватися до спільного або індивідуальних акумуляторів тиску, які забезпечують потрібну величину постійного тиску, так що приводи і регульовані елементи підтримуються у постійному нижньому положенні, підтримувані еластичною мембраною (24), яка оточує з усіх боків вищезгадані елементи і розташовані всередині приводи. Піднімання елементів плавучості забезпечується подачею негативного тиску до внутрішнього об'єму (22) всередині еластичної мембрани за допомогою електричних вакуумних насосів. Завдяки цьому відносно велика площа внутрішньої поверхні буде створювати достатню силу вертикального підйому, що перевищуватиме протилежні їй вертикальні сили, створювані гідравлічними або пневматичними приводами (23) під тиском, так що зазначені приводи перебуватимуть під тиском, що призводитиме до тимчасового піднімання елементів плавучості у верхнє положення. Електричні вакуумні насоси можуть запускатися вручну з судового містка, у той час як сигнал контролера, який їх відключатиме, може генеруватися постійно діючою електронною системою зворотного зв'язку судна, елементами якої є гідродинамічний лаг та індикатор бортової хитаєвості. Це забезпечуватиме автоматичне відключення вакуумних насосів за певних умов або в певних ситуаціях, наприклад, при заданому максимальному куті бортового крену або при мінімальній швидкості руху. Елементи плавучості при цьому будуть автоматично понижатися у своє звичайне занурене положення.

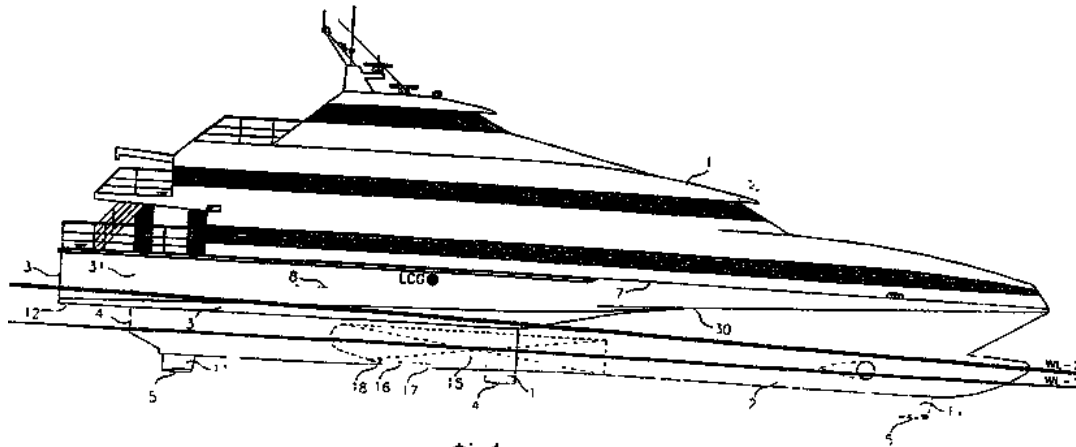
Недоліком описаного вище методу є його відносна складність і дороговизна. Оснащення такою системою судна невеликих розмірів (30-60м) призведе до відносно значного зростання його ваги. Для судна ж великих розмірів цього може і не відбуватися, оскільки вагу можна буде фактично зменшити, в залежності від повного розміру судна і фактичного рівня зануреної частини палуби відносно ватерлінії. Позитивним моментом є те, що такий метод дозволяє зменшити осадку бокових елементів корпусу, коли судно перебуває у високошвидкісному режимі, в результаті чого зменшиться імовірність взаємодії бокових елементів корпусу з хвилями. Порівняно з методом водяного баласту, який буде описано нижче, даний метод дозволяє зменшити максимальну осадку, а також опір руху на малій швидкості, оскільки не відбуватиметься зростання водотоннажності при малих швидкостях.

Інший метод полягає в тому, що судно оснащується окремим баком водяного баласту (15), зображеного на Фіг.1 і 7, з'єданого з днищем центрального елемента корпусу (2) і розташованого на деякій відстані попереду транца судна, переважно ближче до корми від положення центра ваги по довжині (LCG). В кормовій частині бака розташовується отвір певної форми (16) на заданій відстані назад від вертикального виступу (17) на нижній обшивці. Коли судно нерухоме чи рухається вперед зі швидкістю, що не перевищує заданого значення, у бак потраплятиме вода, як показано на Фіг.7b. Максимальна швидкість, при якій це відбуватиметься, визначається поздовжньою довжиною отвору (16) і відстанню по вертикалі між розташованим попереду виступом (17) і розташованою позаду підшовою (18), а також гідростатичним водяним напором. Коли швидкість перевищує це значення, тоді водяний потік розділятиметься вертикальним виступом (17). При зростанні швидкості напрям водяного потоку буде все більше і більше наближатися до вертикальної площини до тих пір, поки при певному значенні швидкості вода вже перестане потрапляти на підшову нахиленої кормової частини отвору, а почне проходити під нею, як показано на Фіг.7a. За таких умов баластний бак вже не буде зачерпувати воду, а буде поступово спорожнюватися за так званим ежекторним принципом, поки не стане зовсім порожнім. При певній меншій швидкості руху судна водяний потік знову почне потрапляти на підшову, розділятися і наповнювати бак до повного заповнення останнього. Бак оснащений повітряною трубою (25) для атмосферної вентиляції з метою уникнення внутрішньої вакуумізації та створення в баку надлишкового тиску.

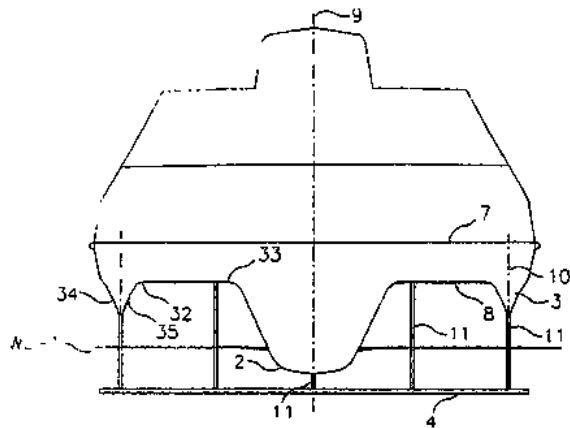
Реалізація вищеописаного методу вимагає певної ідеалізації, а саме, потрібно, щоб гідростатичний водяний напір, що визначається тягою судна, був приблизно сталим. Звичайно, це не завжди може мати місце, оскільки він залежить від навантаження судна, тангажу, величини створюваної підводними крилами підйомної сили та хвиль. Щоб уникнути цієї проблеми, пропонується установити в кормовій частині вищезгаданого отвору керований клиноподібний лоток (19), як показано на Фіг.7b. Він закріплюється на шарнірі (27) в кормовій частині отвору, так що його кутове положення може вільно регулюватися вгору і вниз. Бажано, щоб нижня поверхня лотка мала дугоподібну форму у поздовжньому напрямку. Передня кромка лотка має клиноподібну форму з тим, щоб спростити розділення водяного потоку. Коли судно нерухоме або рухається вперед зі швидкістю, меншою певного значення, лоток буде нахилений вниз у вертикальній площині, як показано пунктирними лініями на Фіг.7d, так що кромка лотка досить сильно виступатиме відносно нижнього краю виступу (17) з тим, щоб забезпечити зачерпування води в бак. В залежності від вертикального положення кромки лотка відносно нижнього краю виступу кут нахилу закріпленого на шарнірі лотка при певній швидкості руху судна зміниться сам по собі, якщо на кромку лотка не буде потрапляти водяний потік. При цьому зачерпування води зменшиться і бак поступово почне спорожнюватися. За таких умов лоток буде глісірувати по поверхні водяного потоку під дією сил, що виникають при ковзанні по водянній поверхні, і

вертикального моменту відносно осі шарніра лотка, якщо останній не закріплено. Як тільки швидкість перевищить задану величину, кут нахилу лотка зміниться сам собою і підлаштується під незначні зміни поверхні водяного потоку, викликані креном і хвилями. При цьому кромка лотка не буде торкатися водної поверхні. Коли швидкість руху вперед знову зменшиться нижче певного значення, то тоді водяний потік потраплятиме на кромку лотка, розділятиметься і знову наповнюватиме бак. Якщо з'єднати лоток з дистанційно керованим гідравлічним приводом, то можна в більшій мірі керувати кутовим положенням лотка і таким чином наповнювати і спорожнювати бак більш незалежно від швидкості руху судна вперед (V).

Кращою альтернативою вищеописаному методу є метод, проілюстрований на Фіг.7f-g. Тут шарнірне закріплення лотка замінено постійною підшвою, як це було в першому методі, а перед отвором розміщується закріплена на шарнірі плита (20). Плита з'єднана з приводом (26), дистанційно керованим з судового містка, так що вона може нахилитися у вертикальному напрямку відносно осі розташованого попереду шарніра (27). Коли плита перебуває у нижньому положенні, водяний потік розділяється на кормовій частині плити і проходить під підшвою при певних швидкостях руху вперед і кутах нахилу плити. Якщо плиту трохи піднято вгору, то водяний потік приставатиме до плити при певних кутах її нахилу та швидкостях руху вперед (v) і потраплятиме в бак. Цей метод безпечніший і привабливіший з точки зору керування порівняно з описаним вище методом з використанням лотка. Як і у випадку дистанційно керованого лотка, заповнення і спорожнення бака може контролюватися більш незалежно від швидкості руху судна і крену, однак останній метод, скоріш за все, менш підвладний аварійним ситуаціям. В залежності від об'єму бака і його поздовжнього розташування, описана вище швидкодійна система водяного баласту може використовуватися для забезпечення потрібного ступеня занурення бокових елементів корпусу судна, що у свою чергу означає швидкий перехід судна від динамічної до статичної остійності. Звичайно, такий перехід можна прискорити (полегшити) шляхом використання балансувального підводного крила. Перевагою цього методу є простота в експлуатації.



Фіг.1



Фіг.2

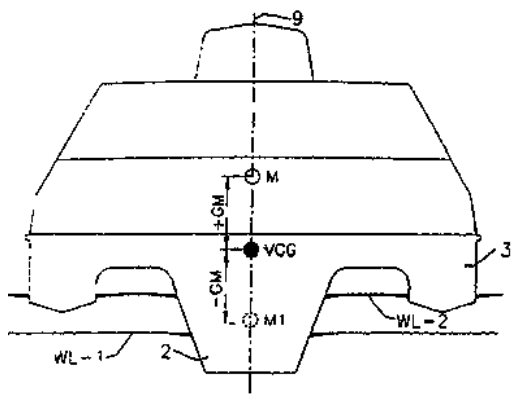


Fig. 3

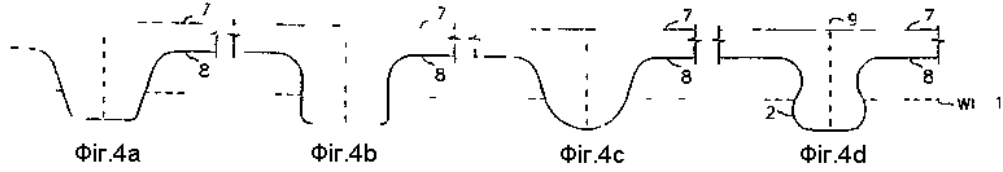


Fig. 4a

Fig. 4b

Fig. 4c

Fig. 4d

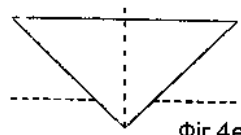


Fig. 4e

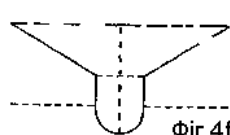


Fig. 4f

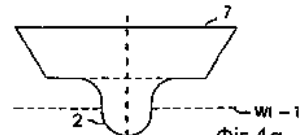


Fig. 4g

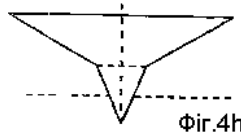


Fig. 4h

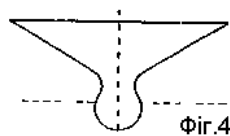


Fig. 4i

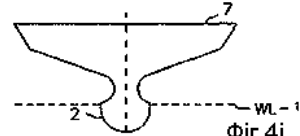


Fig. 4j

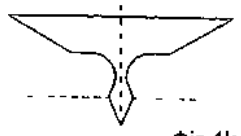


Fig. 4k

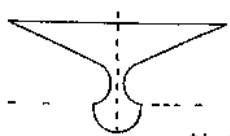


Fig. 4l

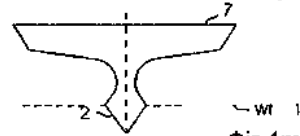


Fig. 4m

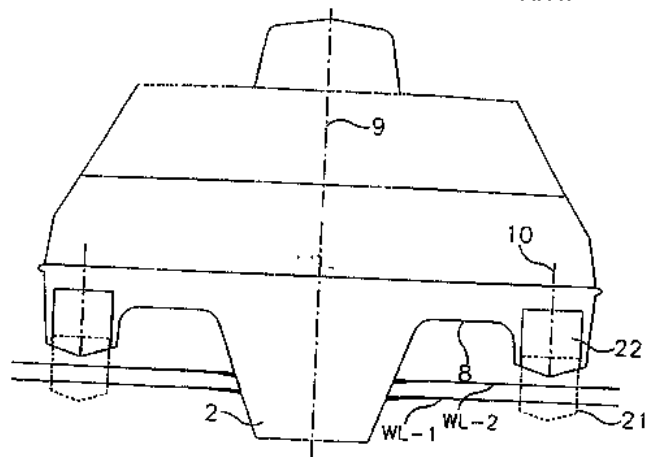


Fig. 5

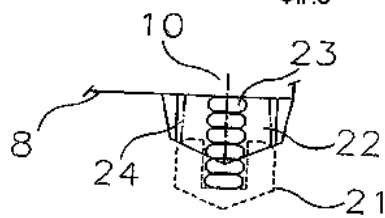


Fig. 6

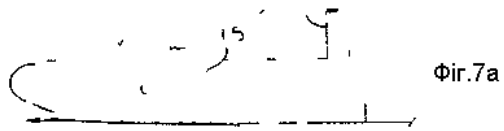


Fig. 7a

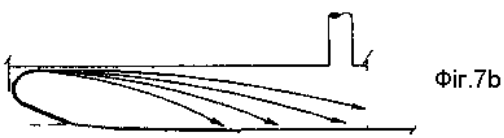


Fig. 7b

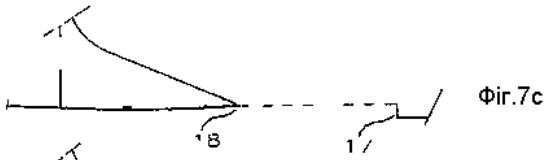


Fig. 7c

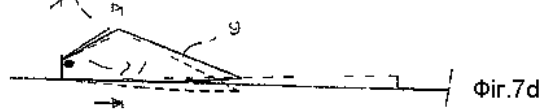


Fig. 7d

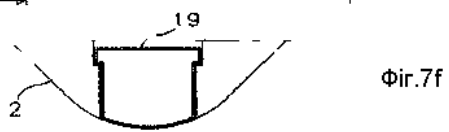


Fig. 7f

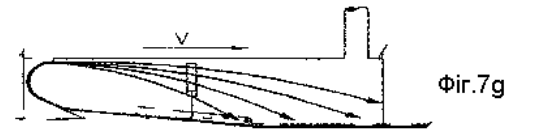


Fig. 7g

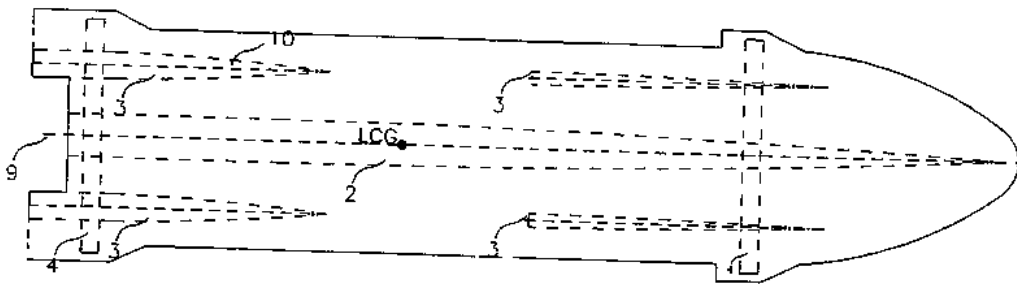


Fig. 8

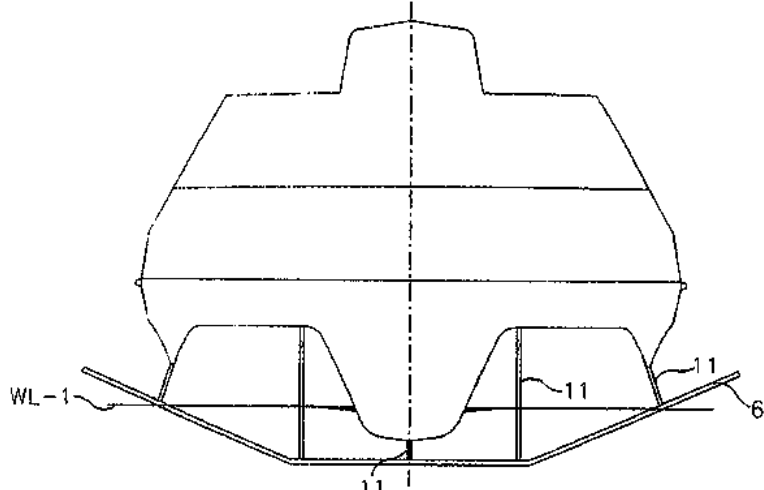


Fig. 9

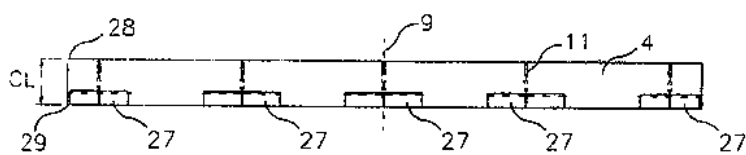


Fig. 10

