

## НОВА КОНЦЕПЦІЯ РОЗВИТКУ СУДНОВИХ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

*Настасенко В.О.,*

*ВНЗ «Херсонський державний морський інститут»*

*Робота присвячена пошуку можливостей використання нетрадиційних енергетичних систем і палив на флоті. За підсумками проведеного аналізу відомих розробок показано, що всі вони не можуть забезпечити перехід до нетрадиційних видів енергетики і палив, однак комплекс, що включає новий вид гідрохвильових генераторів, забезпечуючих виробництво дешевої електроенергії, дозволяє використати електроліз для виробництва водню, який буде основним паливом майбутніх суднових двигунів внутрішнього згоряння, в т.ч. – ракетного типу.*

*Ключові слова: нетрадиційні види палив і енергетики, двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ), водній, як паливо для ДВЗ, перспективні суднові двигуни.*

### **Вступ. Зв'язок проблеми з основними науковими напрямками.**

Одними з найбільш поширених двигунів сьогодення є двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ), які експлуатуються на всіх видах транспорту – автомобільному, залізничному, морському та у малій авіації. Основними видами палива, що вони використовують, є бензини та дизельне паливо, які є продуктами переробки нафти. Однак під час згоряння палива ці продукти безповоротно втрачаються, оскільки високомолекулярні вуглеводні, що їх складають, перетворюються на вуглекислий газ та воду, і ці процеси є незворотними. Тому нафтопродукти є невідновлюваними, і їх запаси у світі постійно зменшуються. За прогнозами ЮНЕСКО запаси розвіданої нафти будуть вичерпані до 2050 року, а з урахуванням удосконалення розвідки нових та інтенсифікації видобутку занедбаних родовищ – до 2070 року. Перехід на газове паливо теж не дозволяє розв'язати цю проблему, оскільки запаси газу також невідворотно зменшуються, хоч і дозволяють подовжити строки до повної його витрати відповідно до 2070 і до 2100 років.

Вичерпність традиційних видів палива призвела до пошуку шляхів його заміни. Оскільки ця потреба є неминучою і визначена лише періодом часу у кілька десятків років, тому така робота є актуальною та важливою і ведеться в усьому світі. В Україні вона також ведеться, але потребує інтенсифікації, оскільки значних результатів в цій сфері, окрім вирощування ріпака та виробництва з нього палива, все ще не отримано. Тому головною метою виконуваної роботи є аналіз можливостей розвитку нетрадиційної енергетики, в т.ч. у судноплавстві, та її впливу на розробку майбутніх поколінь двигунів внутрішнього згоряння, оскільки у судноплавстві є свої особливості і обмеження. Вони обумовлені великими потужностями (до 100 тис. кВт/год), великими витратами палива (до 150 тонн на добу), жорсткими умовами експлуатації суден (спека, холод, сильний вітер і шторм, солоня вода з її випаровуваннями), корисною тоннажністю судна (яку слід витратити на перевозку вантажу), габаритами судна та наявністю вільного місця на його палубі і рубках.

Наукову новизну виконуваної роботи складає пошук найбільш перспективних шляхів розвитку двигунобудування в умовах вичерпності традиційних і переходу до нетрадиційних видів палива. Дані задачі мають велике практичне значення, оскільки потреби їх вирішення безперервно зростають.

**Аналіз шляхів розв'язання поставленої проблеми.** Подолати безперервно зростаючу загрозу вичерпності джерел нафтових енергоносіїв можна трьома основними шляхами:

1) створенням високоефективних і економічних хіміко-фізичних процесів синтезу високомолекулярних вуглеводнів з простих вихідних продуктів – вуглецю і водню, подібних природному процесу фотосинтезу;

2) поступовим зменшенням витрат нафтового і газового палива та заміною їх іншими видами, з яких найбільш перспективними вважаються відновлювані палива;

3) переходом до інших (нетрадиційних) відновлюваних джерел енергії.

Перший шлях поки що занадто складний і дорогий, хоча вже розроблені досить прості технічні способи перетворення на бензин різних відходів з високомолекулярних вуглеводнів, в т.ч. гумових автомобільних покришок, пластикових бляшанок та їм подібних відходів. Однак початкові продукти цих відходів теж створені з нафти чи газу, тому цей шлях веде лише до їх економії, а головне – до поліпшення екології, що робить його перспективним за будь-яких умов, але оновлюваного обертю цих продуктів недостатньо навіть для поновлення випуску початкових виробів з нафти чи газу, оскільки потреби суспільства в них теж постійно зростають.

Виходячи з цього, потенційна можливість високоекономічної технічної реалізації синтезу високоорганічних палив з простих вихідних продуктів – вуглецю та водню, існує і розробляється як перспектива, хоч поки що досить віддаленого майбутнього, а на сучасному етапі вона дуже складна і витратна.

Другий шлях активно розвивається за рахунок:

1. Удосконалення бензинових та дизельних двигунів, в першу чергу камер згоряння і циліндрів, систем спалювання і впорскування палива. Але вони вже підійшли до меж своїх можливостей, тому потребують великих економічних витрат і копіткої інженерної праці. Поліпшити їх може лише розвиток науково-технічного прогресу і прогресивні наукові відкриття та винаходи (що є складнопередбачуваним розумовим процесом створення нового науково-технічного продукту). Однак цей шлях не дозволяє повністю відмовитися від використання нафти і газу, що не дає змоги розв'язати дану проблему у повному обсязі, тому в даній роботі він не розглядається.

2. Переходу на інші види палива, в т.ч. газове [1], водно-вугільне [2] та їм подібні. Якщо перехід на газове паливо здійснюється вже довгий час і є досить успішним [1], то використання вугілля – ще тільки в початковій фазі [2]. Однак запаси газу і вугілля теж є вичерпними, хоч вугілля вистачить на значно більший строк (200-300 років) ніж газу (до 100 років), але його видобуток значно складніший і небезпечніший, ніж видобуток нафти чи газу,

і, в міру вичерпності вугільних копалин, ця небезпечність буде зростати. Окрім цього недоліку, двигуни і системи подачі вугільно-водної паливної суміші є складнішими, ніж під час використання газу і палива з нафти – можливе випадіння вугілля в осад при зберіганні палива. Таким чином, потрібен пошук можливостей використання інших видів палива, що є завданням даної роботи.

3. Переходу на поновлювані види палива, що отримані з рослин (насіння ріпаку, соняшнику, сої та інших маслянистих культур, або цукрового очерету, буряків та інших продуктів, що перероблюються у спирти) чи з їх відходів (соломи, стовбурів рослин, деревини), або з відходів тваринництва і його життєдіяльності (біологічні гази, та ін. [3, 4]).

Однак можливості даних шляхів обмежені площинами і родючістю земель. Наприклад, при родючості ріпаку у 70 центнерів з гектару, з нього можна виробити не більше 3 тонн дизельного палива, тому для судна з добовою нормою витрат у 150 тонн, потрібні 50 га земель, а для річної – близько 1600 га, або ділянка 4x4 км<sup>2</sup>. Ці землі треба або виводити з обігу під продукти харчування, нестачу яких вже відчуває чверть населення Землі, яке постійно зростає, або додатково вводити, наприклад, за рахунок освоєння пустель чи інших малоприсаєдбаних зон, що потребує значного часу і додаткових витрат.

Аналогічні проблеми родючості земель виникають для біопалив, отримуваних з продуктів і відходів тваринництва, оскільки його теж треба вигодовувати за рахунок родючості земель. При цьому виробництво біологічного газу є вторинним продуктом для тваринництва, що потребує більших витрат, ніж пряме отримання палива з продукції рослинництва, тому цей шлях є менш перспективним, хоч і важливим з огляду екології.

Інший можливий варіант – отримання біологічного газу з відходів життєдіяльності людей зі звалищ сміття – поки ще недосконалий, але при його удосконаленні він в першу чергу буде використовуватися для потреб міста, а не судноплавства. Для нього будуть потрібні свої розробки. Однак виконаний в 2008 році дипломний проект [5] показав, що добування біогазу з відходів життєдіяльності на транспортному судні з екіпажем 10-15 чоловік, становить 1-1,5 м<sup>3</sup> на добу, тому навіть на пасажирських судах з тисячами пасажирів – не перевищує 5% від його добових потреб у паливі. Але й цей показник значно зменшують миючі засоби, які можуть попадати у систему створення біогазу і пригнічувати роботу корисних бактерій. Тому покриття біопаливом потреб флоту та інших галузей виробництва і побуту людства у повній мірі неможливе. Оскільки мета даної роботи – пошук шляхів, які дозволять повністю задовольнити потреби у новому виді палива, то цей шлях далі не розглядається, але, як засіб очистки фекальних вод на судні, він є ефективним і повинен впроваджуватися.

Для деревини пряме використання у якості палива обмежене зручністю подачі її у камеру згоряння і зручностями її зберігання, а перегонка деревини у спирт або у інший вид рідкого палива веде до додаткових витрат. Оскільки цей шлях теж не дозволяє повністю задовольнити потреби майбутнього

двигунобудування, то він далі не розглядається, Додатковими проблемами також є обмеження площин лісів та їх хижацьке знищення.

Таким чином, для судноплавства відновлювані палива рослинного і тваринного походження не дають змоги у 100% заміні традиційних видів палив, у кращому разі – забезпечать 20...30% економії, тому вони можуть бути використані, лише як допоміжні.

Більш перспективним паливом для ДВЗ може бути водній [6, 7], в першу чергу, отримуваний найбільш простим і технічно доступним шляхом – електролізом з води. Однак сьогоднішні затрати електроенергії на електроліз дуже великі, а отримувана при спалюванні водню енергія значно менша тієї, що витрачена за 2 етапи: 1) вироблення електроенергії, 2) електроліз. На кожному з них є свої втрати, що знижують ККД системи, тому це економічно недоцільно – паливо для електростанцій, що іде на вироблення електроенергії для електролізу, доцільніше використати спалюванням напряму у двигунах.

Окрім цього, для всіх перелічених видів палива, необхідно створення відповідних їм судових двигунів, що потребує значних витрат коштів і часу на їх створення, тому, чим раніше буде розроблена відповідна концепція удосконалення ДВЗ, тим меншими будуть ці витрати.

До поки що нетрадиційних видів палива у громадянському флоті слід віднести ядерне. І хоч суднова ядерна енергетика існує (криголами) і може забезпечити заміну традиційних видів палив, але тільки на великих судах і небезпечна, як екологічно, так і в умовах міжнародного тероризму і піратства, тому цей шлях визнаний в даній роботі неперспективним і не розглядається.

Третій шлях – перехід до інших нетрадиційних відновлюваних джерел енергії – пов'язаний з використанням сонячної енергетики, вітроенергетики, гідроенергетики, як енергії хвиль, та сполучення усіх перелічених вище видів енергетики.

Аналіз цих видів енергетики показав, що найбільші питомі потужності дає гідрохвильова енергетика на основі використання механічної енергії руху хвиль. Такі гідрохвильові генератори можуть встановлюватися на судні або опускатися зовні. Перший варіант більш доцільний, оскільки менш затратний у порівнянні з другим варіантом, де потрібен спуск пристроїв, які створюють додатковий опір руху судна і схильні до поломок сильними хвилями. Однак перший варіант для океанських суден 3-го і наступних поколінь, розміри яких вже перевищують 250 м у довжину та 35 м у ширину, неідеальний, оскільки їх хитається хвилями неістотно навіть при хвилюванні моря у 5-7 балів, а при хвилюванні моря більше 6 балів експлуатація суден недоцільна, зони таких штормів усім суднам рекомендовано обходити. Таким чином, гідрохвильова енергетика може бути лише частково рекомендована для суден невеликих розмірів – до 150 м довжини та до 20 м ширини і водотоннажності до 15 тис. тонн.

Сонячна енергетика знайшла широке застосування на суходолі, однак має невеликі питомі потужності у теплообмінному варіанті, що обумовлено

низьким ККД (<6%) але пряме використання нагрітого сонцем теплоносія для СЕУ мало можливе, а тільки для побуту. У фотодіодному електричному виконанні – ККД зростає до 15%, але такі установки дуже дорогі і недоцільні для суден, оскільки вразливі від дії морської води і повітря. Окрім того, обмеження їх використання пов'язані з темною частиною доби, в той час, як для хвиль та вітру вони менш дійові. Таким чином, сонячна енергетика не може повністю задовольнити вимоги флоту, тому далі не розглядається в даній роботі, але вона може бути рекомендована для суден, як додатковий вид енергетики у комбінації з хвильовою чи вітровою.

Вітровій енергетиці в сучасних умовах приділяється велика увага, оскільки цей напрямок вважається найбільш прогресивним на суходолі, де вітрові енергетичні установки знайшли широке використання.

Найпростішим варіантом для суден є система «SkySails» [8] (рис. 1), з надувним вітрилом типу летючого крила, яке встановлене в носовій частині судна і при попутному вітрі у секторі  $\pm 50^\circ$  до напрямку його руху збільшує тягову силу до 20%. В 2009 році ця система пройшла масштабні іспити. Додатковою її перевагою над системою вітрил традиційного (щоглового) типу є менше кренування судна від дії вітру, але вузький сектор ефективної дії вітру значно обмежує можливості її використання, окрім цього, воно можливе тільки на магістральному шляху і неможливе у вузкістьях плавання. Недоліком також є потреба у кваліфікованому контролі керування вітрилом, особливо при його запуску і спуску, та можливість його пошкодження в момент згортання, особливо під час падіння вітрила у воду. Але одного такого вітрила замало для повної заміни головного двигуна, і хоч під час використання великої їх кількості даний недолік значно зменшується, однак при цьому суттєво зростає складність управління вітрилами, особливо, потреби уникнення їх зіткнення, перехрещення та перекручування від дії вітру, як під час ходу судна, так і при їх підйомі та спуску.

Іншим традиційним, але більш складним напрямком, є застосування щоглових вітрил, оскільки до другої половини ХІХ століття весь флот був вітрильним. Однак він мав істотні недоліки:

1) потреба у значній вітрильності ( $> 1000\text{м}^2$ ) для великотоннажних суден, що веде до використання великої кількості занадто високих сильно навантажених щогл і фактично обмежує водотоннажність оснащуваних суден до 10 тис. тонн.

2) складна систему такелажу для кріплення вітрил;

3) потреба у великій кількості екіпажу для упорядкування вітрилами;

4) значний крен та хитавицю при сильних поривах вітру;

5) велика залежність від штормової обстановки;

6) складність маневрування у вузкістьях, особливо у каналах (тому введення в експлуатацію Суецького каналу наприкінці ХІХ століття привело до остаточної відмови від парусного флоту).

Однак потреби економії палива спонукали вчених в ХХ столітті до використання вітрил, тому були запропоновані спрощені системи прямих і косих щоглових вітрил з одного гнучкого полотна на всю висоту щогли, що

полегшує їх використання в автоматичному режимі за рахунок згортання і розгортання в ролон, як у переносного кіноекрану [9] (рисунок 2).

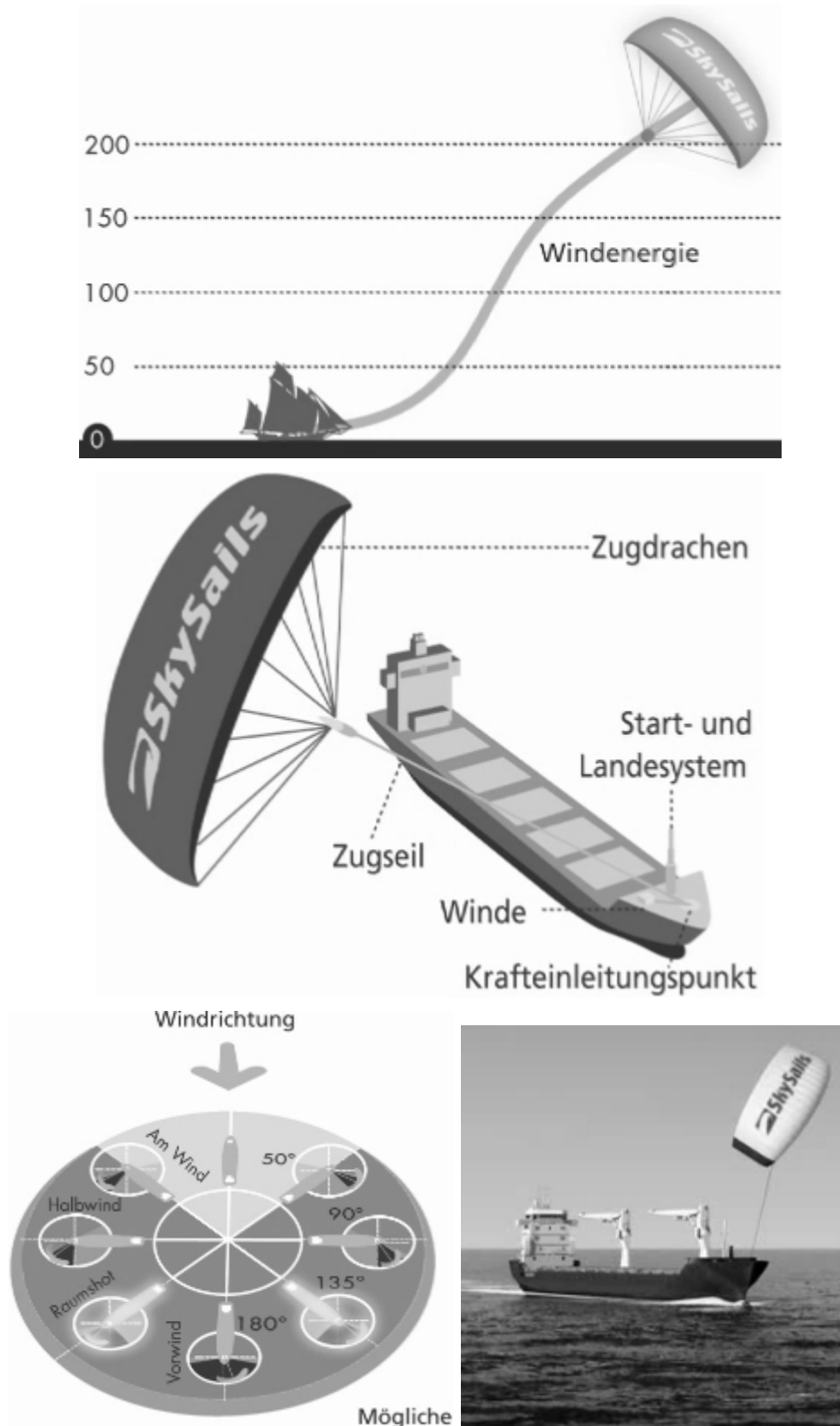


Рисунок 1 – Суднова парусна система SkySails (Германія) з парашаном.

Барки

Шхуни

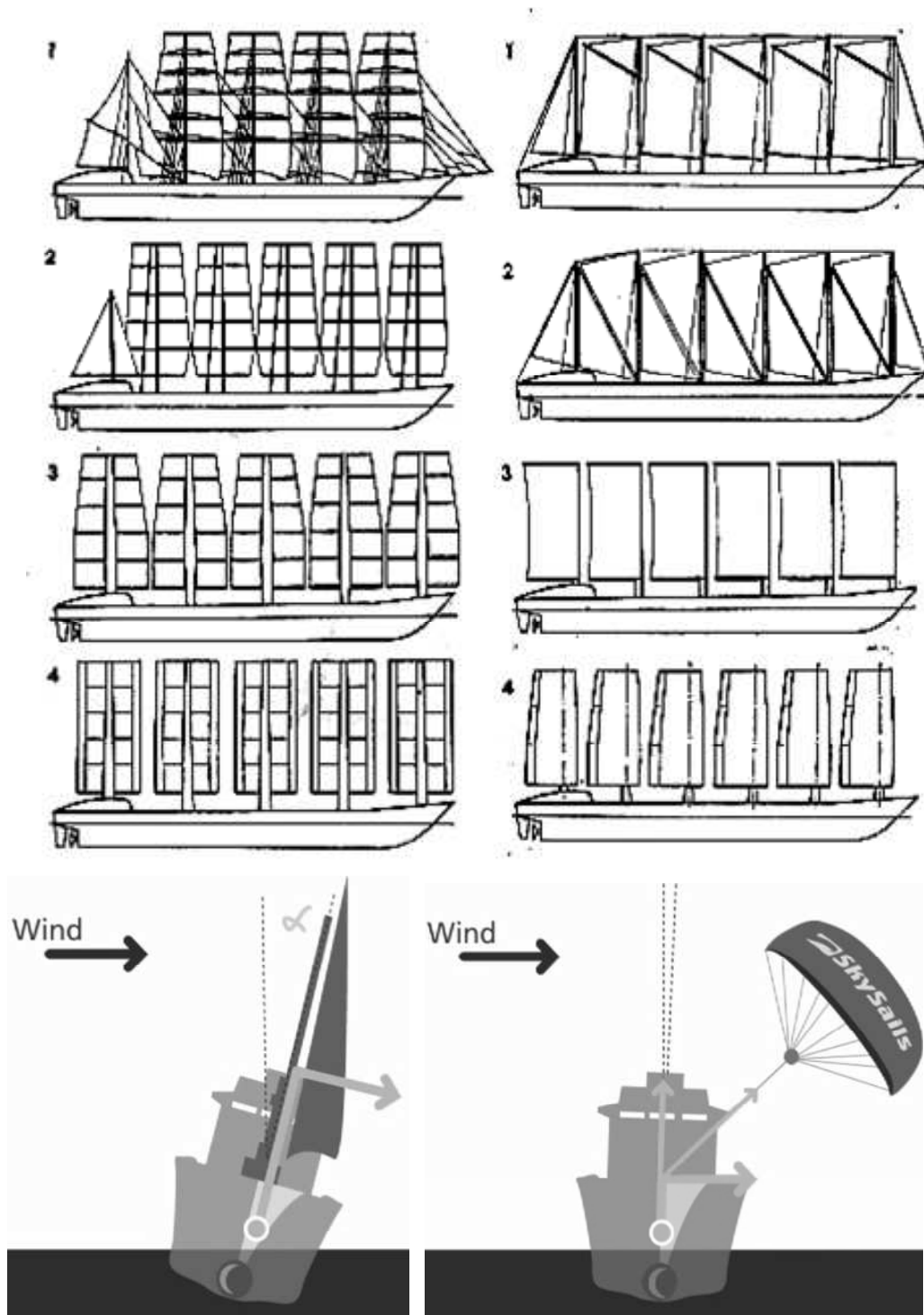


Рисунок 2 – Щоглова система вітрил і її порівняння з системою SkySails.

Барки: 1) традиційний барк дедвейтом 16600 т, парусність 6200 м<sup>2</sup>; 2) проект Мічиганського університету; 3) проект В. Пролса; 4) проект JAMDA (Японія). Шхуни: 1) проект П. Шенцле; 2) проект Ф. Мак-Лира; 3) проект Принстонського університету (щогли поворотні); 4) проект Л. Бергессона (вітрило-крило).

Але їх використання суттєво змінює остійність судна, потребує великої парусності і кількості щогл для багатотоннажних суден ( $\approx 1200 \text{ м}^2$  та 1 щогла на 3000 т.) тому така система не дуже надійна і небезпечна у штормовій обстановці, а її залежність від сили вітру не гарантує потрібної швидкості для своєчасної доставки вантажу.

Заміна вітрил вітровими енергетичними установками, які виробляють електричну енергію, є більш кращим варіантом, але й більш складними і дорогим у виготовленні. Не зважаючи на те, що їх ККД, на відміну від вітрил, становить лише 25%, але вироблювана ними енергія є не механічною, а електричною, більш надійною і зручною у використанні, оскільки вона легко перетворюється на інші види енергії, що потрібні, як для обертання валогенератора судна, так і для живлення його систем життєзабезпечення, і цей процес легко піддається автоматизації.

Однак використання лопатевих вітрогенераторів, поширених на суходолі, на судні недоцільне, оскільки для них немає достатнього місця, яке додатково потрібне при зміні їх орієнтації за напрямом вітру. Вони змінюють остійність судна і небезпечні під час шторму, а рух і мерехтіння лопатній та створювані при цьому гіперзвуки небезпечні для здоров'я екіпажу. Окрім цього, подібна вітрова електростанція потужністю 2 - 4 тис. кВт, еквівалентна потужності лише одного циліндра сучасних дизелів багатотоннажних суден, які мають по 9...12 і більше циліндрів, а розміри лопатній вітряка досягають 40-80 м, що утруднює їх застосування на судні. Тому для створення ними потужностей, які мають сучасні судна, потрібна велика кількість установок, яка практично неможлива за відсутністю на ньому місця.

Більш перспективними для суден, як показали виконані у 2009-2010 роках дипломні проекти [10...12], є роторні (рисунок 3) та карусельні вітроенергетичні установки. Але за недостатністю місця для їх розміщення на судні, вироблювані ними потужності не перевищують 10% потужності головних двигунів. Виняток становлять лише пороми та танкери, де є більше місця для розміщення подібних вітрових електрогенераторів, (однак для танкерів їх установка неможлива з умови пожежної безпеки). На поромах вироблювані ними потужності можуть досягати 70% від потужності головних двигунів, окрім того, вони можуть застосовуватися разом з системою SkySails, що в ряді випадків збільшує цей показник до 100%. Але для їх впровадження треба подолати інерцію мислення суднобудівників і судновласників.

Більш детально перспективи розвитку вітроенергетичних установок розглянуті в роботах [12, 13], тому в даній роботі не розглядаються.

Однак треба врахувати, що спільним недоліком всіх перелічених вище альтернативних енергетичних систем є перерви в їх роботі: у випадку відсутності вітру, сонця або хитавиці судна – тому вони вимагають дублюючих енергетичних систем, наприклад, традиційних базових двигунів, або дещо менших резервних, або наявності системи накопичення електричної енергії, наприклад, акумуляторів чи конденсаторів, які являються додатковим



вантажом, що зменшує провозодатність судна. Резервні двигуни також потрібні при маневруванні у вузкістьях та при швартовці.

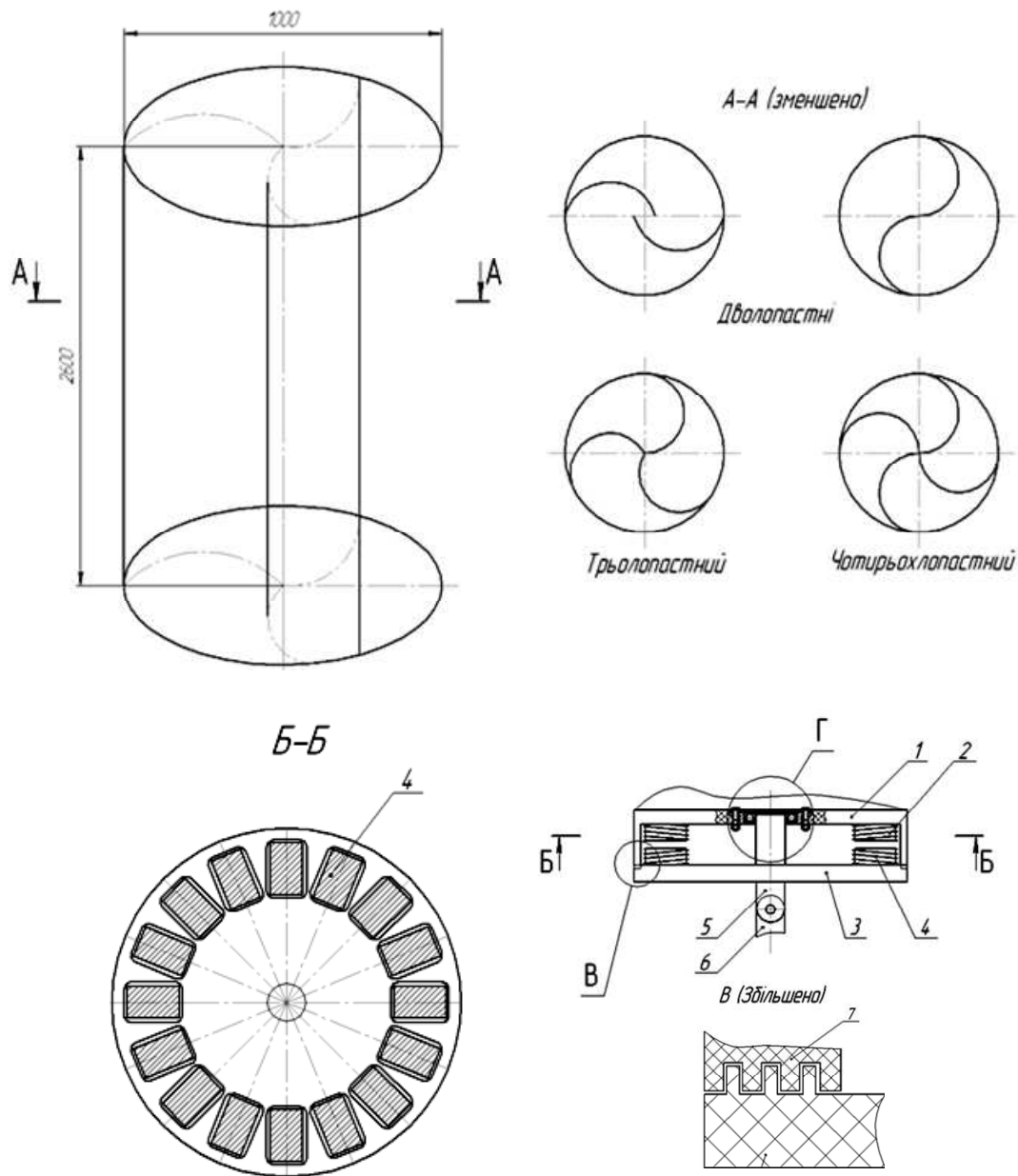


Рисунок 3 – Вертикальний роторний вітровий генератор електричного струму та розміщення на ньому роторів:

1) боковина лопатній (ротор); 2) роторні обмотки генератора; 3) нерухома основа генератора (статор); 3) статорні обмотки генератора; 5) сержка кріплення генератора; 6) вушко кріплення генератора; 7) захисна оболонка ротора з лабіринтним ущільненням.

Суттєвим спільним недоліком є можливість пошкодження винесених зовні судна енергетичних установок вітром і хвилями під час шторму.

Проведений аналіз показав, що всі відомі шляхи переходу до нетрадиційних палив, які можуть вживатися у ДВЗ замість палив з нафти і газу, та використання усіх нетрадиційних видів енергетики не дозволяють

розв'язати всіх проблем у цій сфері, тому потрібен пошук нових технічних рішень, що є головною метою виконуваної роботи.

**Новий шлях переходу від традиційних до нетрадиційних систем ДВЗ.** В його основу покладений винахід, захищений патентом Російської Федерації № 2396673 [14]. Головною відмінністю запропонованих в ньому гідрохвильових електрогенераторів від відомих є відсутність механічної частини для перетворення руху хвиль у обертання статора чи ротора, що спрощує їх конструкцію і сприяє росту ККД до 75-85%, який у всіх відомих видах нетрадиційних енергетичних установок не перевищує 25-35%, а також забезпечує підвищення надійності і довговічності цієї системи.

Дані генератори 4 (рисунок 4а.) мають гравітаційний принцип дії і виробляють електричний струм при хитанні вільно підвішеного статично неврівноваженого статора 2, що має суто орієнтацію  $P$  до центру Землі, за рахунок зсуву  $e$  його центра мас  $O_m$  відносно центра  $O_e$  ротора 3, закріпленого своєю віссю на плаваючому засобі 4, при його нахилах хвилями на кут  $\pm \alpha$ . Відносне хитання утворюючих електричний струм обмоток статора і ротора веде до появи в них ЕРС та вироблення електричного струму.

Аналогічні дії можливі при закріпленні на плавзасобі 4 статора 2 генератору 1 та підвішуванні вантажу 5 до ротора 3 (рисунок 4б.).

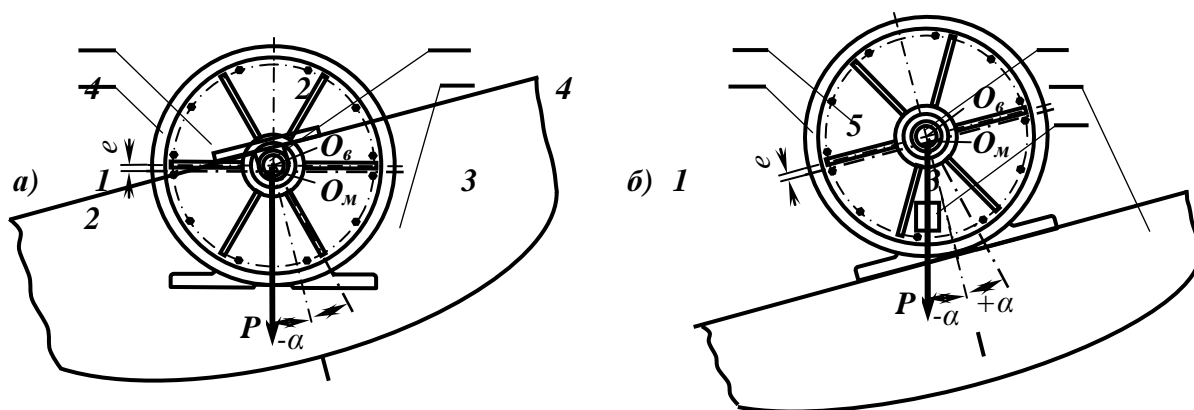


Рисунок 4 – Варіанти розміщення на плавзасобах гравітаційних гідрохвильових електрогенераторів та схеми їх принципової роботи.

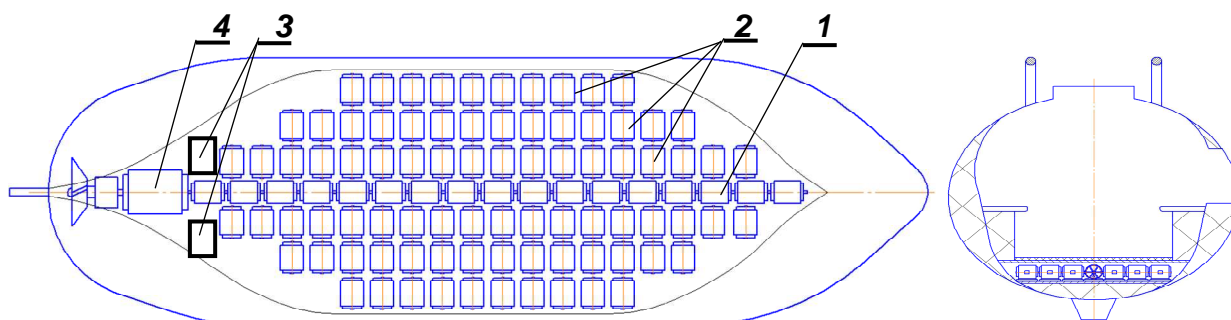


Рисунок 5 – Рятувальна шлюпка і схема компоновки її генераторів: 1 – гідрохвильові генератори осьової установки, 2 – гідрохвильові генератори бортової установки; 3 – накопичувачі електроструму; 4 – головний двигун.

В патенті Російської Федерації № 2396673 [14] запропоновані також інші варіанти виконання гідрохвильових електрогенераторів та схеми їх установки на плавзасобах, ряд яких показаний на рисунку 5.

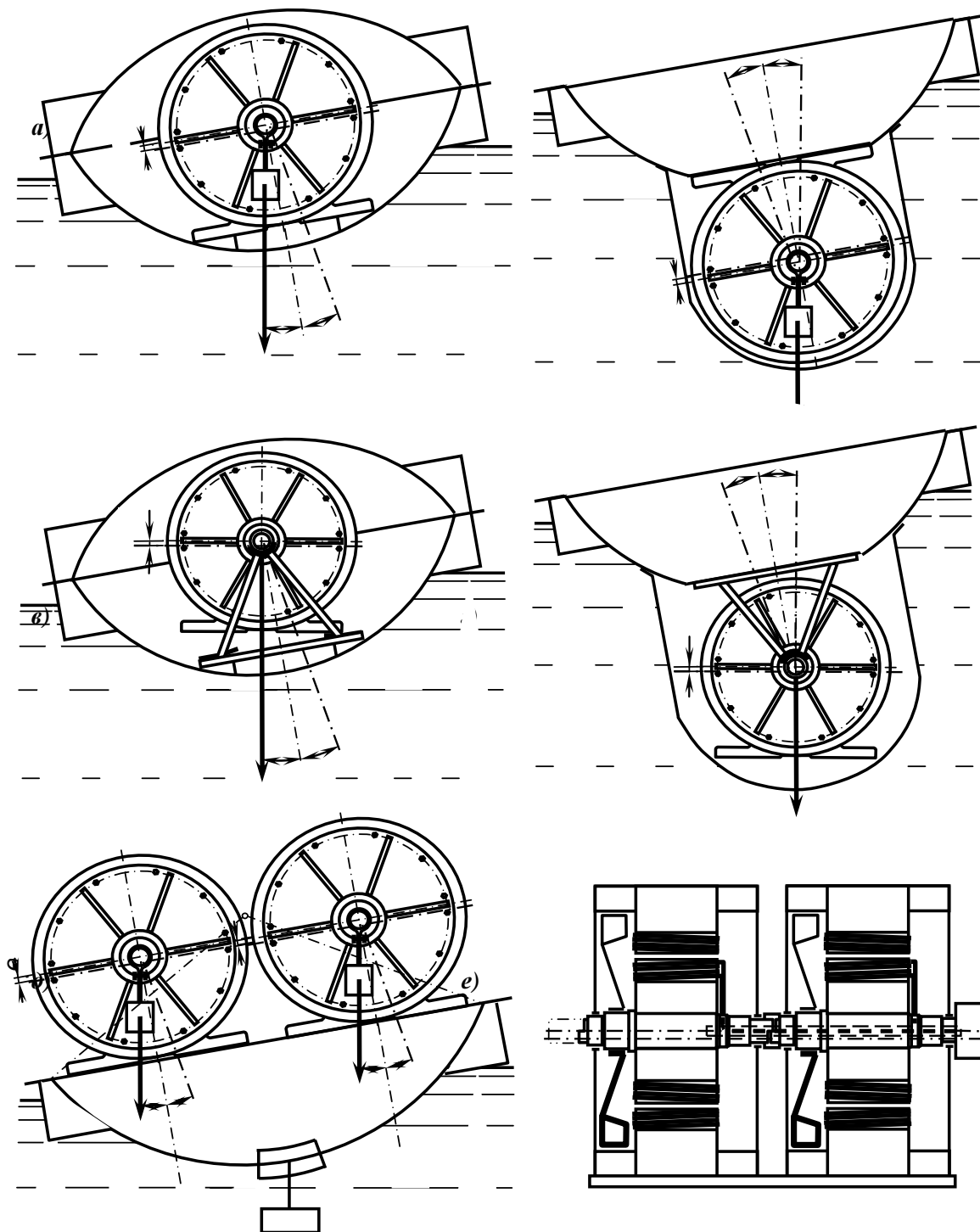


Рисунок 6 – Основні варіанти установки генераторів гравітаційної дії на плавзасобі а) всередині з вільно підвішеним ротором; б) знизу з вільно підвішеним ротором; в) в середині з вільно підвішеним статором; г) знизу з вільно підвішеним статором; д) фронтальна установка; е) осьова установка.

Робота генераторів можлива при найменшому коливанні хвиль, починаючи з 1 балу, і далі їх потужність зростає пропорційно силі коливання хвиль. Однак виконаний дипломний проект [15] показав, що для судна з тоннажністю 12 тис. тонн і потужністю головного двигуна 4500 кВт, що розвиває швидкість 12 вузлів, потрібні 240 таких гідроелектрогенераторів, які мають діаметр 1,6 м, довжину 1,3 м і вагу 4 тонни.

На великотоннажних суднах, малочутливих до качки хвилями, пряме їх застосування недоцільне технічно, оскільки веде до незначної кількості вироблюваної електричної енергії. Однак і для менших суден їх застосування недоцільне економічно, оскільки потужність генераторів залежить від сили хвиль: якщо вона менше 3-х балів, прийнятих базовими в проекті, то судно не досягне потрібної для його нормальної експлуатації швидкості руху, що не гарантує своєчасної доставки вантажу, а при більшій силі хвиль потужність генераторів (і їх кількість) буде надлишковою. Окрім цього, їх початкова кількість 240 штук є занадто великою і відбирає до  $\frac{1}{8}$  корисної вантажності судна. Таким чином, пряме застосування таких систем на суднах недоцільне, окрім маломірних суден для нерегулярного руху, в т.ч. рятувальних шлюпок за патентом Російської Федерації на винахід № 2397104 [16], схема яких показана на рисунку 5.

Для усунення недоліків використання гідрохвильових генераторів, як основних джерел енергії руху суден, в даній роботі запропонований новий варіант – використання їх, як електростанцій для вироблення електричної енергії, яке може буди відносно стабільним при установці плавзасобів у прибережних місцях моря, де хвилі утворюються у найбільшу за рік кількість днів. На ряді ділянок Чорного моря цей показник становить 350-360 днів, за винятком 15-5 днів і 2-3 годин перед світанком у літні місяці, які може компенсувати розміщення генераторів у різних зонах і годинникових поясах. Вироблювана при цьому електрична енергія має вартість у 7-8 разів меншу, ніж у теплових електростанцій, оскільки вилучає витрати на паливо, доля якого складає  $\frac{2}{3}$  від загальних витрат, і зменшує до  $\frac{1}{4}$  витрати на обслуговування, оскільки вилучає проміжні турбіни, парові котли та багато іншого обладнання теплових електростанцій.

**Висновки.** З урахуванням виділених вище недоліків, переваг і вимог для традиційних і нетрадиційних суднових енергетичних систем, можна сформулювати вихідні данні (концепцію) для подальшої роботи в сфері розвитку суднового і загального двигунобудування:

1. Суднові нетрадиційні енергетичні установки можуть бути лише додатковими джерелами енергії для багатотоннажних суден.

2. Основними джерелами енергії нетрадиційні енергетичні установки можуть бути лише для маломірних суден з обов'язковою комбінацією різних їх видів, серед яких найбільш доцільні гідрохвильові генератори за патентом РФ № 2396673 і фотодіоди для вироблення електричного струму під час відсутності хвиль, та конденсатори для його накопичення і високочастотного живлення головного двигуна (400-800 Гц), що зменшує його відносну масу.

3. Без посиленних пошуків нових технічних рішень у даному напрямку створення ефективних нетрадиційних енергетичних установок для суден буде відкладатися на все більш далеке майбутнє, що не відповідає сучасним вимогам зменшення витрат палива на флоті.

4. Для багатотоннажних суден найбільш перспективним є перехід до ДВЗ на воднійовому паливі, яке отримане за рахунок електролізу води електричним струмом, вироблюваним гідрохвильовими електричними генераторами за патентом РФ № 2396673. При цьому завантажувати можна лише водній, а кисень добувати з атмосфери, використовуючи компресори і газорозділяючу техніку, наприклад – криогенну. Таке паливо є екологічно чистим, відновлюваним і невичерпним, оскільки водній при згорянні у кисні утворює воду, яка під час електролізу розкладається на водній і кисень, що забезпечую їх взаємне перетворення у будь-якій кількості циклів.

5. З огляду на складність ДВЗ у виробництві і обслуговуванні та його відносно низький ККД, використання воднійового палива більш доцільне напряму спалюванням його з киснем у суднових двигунах ракетного типу. Початкові роботи двигунів подібного типу вже існують, в т.ч. з великою тягою, наприклад, для ракети «Прогрес», носія космічного човника «Буран».

Ці висновки є основою для розробки майбутньої концепції розвитку ракетних і поршневих двигунів внутрішнього згорання, як для суден так і для інших видів транспорту і сфер, де використовуються двигуни, що дозволяє завчасно спрямувати у потрібному напрямку необхідні наукові, грошові, матеріальні і людські ресурси, та суттєво прискорити розробки, уникнувши непродуктивних втрат. Початкові розробки ДВЗ на воднійовому паливі вже існують [7] і можуть бути прийняті за основу для більш потужних двигунів.

Україна, з її ще досить великим науково-технічним потенціалом, не повинна залишитися позаду передових закордонних фірм, що розвивають подібні розробки, а врахування запропонованої концепції вже в сьогодні дає суттєві переваги вітчизняним вченим і виробникам суднових двигунів внутрішнього згорання та двигунів для інших сфер їх використання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Генкин К. И. Газовые двигатели. – М. : Машиностроение, 1977.– 193 с.
2. Белоусов Е. В. Создание и совершенствование твердотопливных поршневых двигателей внутреннего сгорания – Херсон : ОАО «ХГТ», 2006. – 452 с.
3. Шкаликова В. П. Потрархальцев Н. Н. Применение нетрадиционных топлив в дизелях. – М. : Изд-во Университета Дружбы народов. – 1986. – 54 с.
4. Патент Российской Федерации на изобретение № 2170719 Установка для переработки органических отходов МПК С 05 F 3/06 Заявка № 99120599 от 29.09.1999. / Еникеев В. Г., Малахов Ю. Ф., Липов А. В.; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. – Оpubл. Б. И. № 26 от 20.07.2001.

5. Дипломний проект Проценко О. П. «Аналіз умов експлуатації і підвищення паливної економічності суднових енергетичних установок шляхом використання біоенергетичних установок». – Херсон : ХДМІ, 2008. – 130 с.
6. Подгорный А. Н., Варшавский И. Л. Водород – топливо будущего. – К. : Наук. думка, 1978. – 134 с.
7. Применение водорода для автомобильных двигателей / Мищенко А. И. – К. : Наук. думка, 1984. – 142 с.
8. Zeppelin SkySails, Sales and Service – Germany Hamburg, 2007 – 32 p.
9. Перестюк И. Н. Паруса атомного века // Катера и яхты. – 1983. – №1. – С. 22-27.
10. Дипломний проект Мусієнко В. М. «Підвищення техніко-економічних показників експлуатації енергетичної установки судна «Ліра» шляхом використання підйомних вітроенергетичних двигунів» – Херсон : ХДМІ, 2009. – 120 с.
11. Дипломний проект Резнікова С. В. «Підвищення техніко-економічних показників експлуатації енергетичної установки судна «Огіон» шляхом використання підйомних вітроенергетичних двигунів» – Херсон : ХДМІ, 2009. – 120 с.
12. Дипломний проект Алексеєва А. М. «Підвищення техніко-економічних показників експлуатації суднової енергетичної установки порому типу «Скіф-2» проекту CNF 03.01 шляхом використання вітрогенераторних установок» – Херсон : ХДМІ, 2010. – 122 с.
13. Алексеєв А. М., Дудка Д. М., наук керівник Настасенко В. О. Суднові вітроенергетичні установки, аналіз перспектив і можливостей. / Матеріали II наукової конференції курсантів «Сучасні проблеми морського транспорту», Херсон : ХДМІ, 2010. – С. 68-61.
14. Патент Российской Федерации на изобретение № 2396673 Генератор электрического тока, его варианты и способы их установки. МПК Н02К 19/00 Заявка № 2009100832/09 от 12.01.09. Авт. изобр. и патентовладелец Настасенко В. А. // БИ № 22 от 10.08.2010.
15. Дипломний проект Корчагіна П. Ю. «Аналіз умов експлуатації суднових енергетичних установок і можливостей заміни двигунів головного руху шляхом застосування модульних хвильових енергетичних установок» – Херсон : ХДМІ, 2008. – 130 с.
16. Патент Российской Федерации на изобретение № 2397104 Спасательная шлюпка с устройством для обеспечения ее хода и ее не прямое применение. МПК В63С 9/02. Заявка № 2009100835/09 от 12.01.09. Авт. изобр. и патентовладелец Настасенко В. А. // БИ № 23 от 20.08.2010.

**Настасенко В.О. НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

*Работа посвящена поиску возможностей использования нетрадиционных топлив и энергетических систем для судоходства. В результате проведенного анализа известных разработок показано, что все они не могут обеспечить переход к нетрадиционным видам энергетики и топлив, однако комплекс, который включает новый вид гидроволновых генераторов, обеспечивающих производство дешевой электроэнергии, позволяет применять электролиз для производства водорода, который будет основным топливом будущих судовых двигателей внутреннего сгорания, в т.ч. ракетного типа.*

*Ключевые слова: нетрадиционные виды топлив и энергетики на флоте, двигатели внутреннего сгорания (ДВС), водород, как топливо для ДВС, перспективные судовые двигатели*

**Nastasenko V.A. NEW CONCEPTION OF DEVELOPING SHIP ENGINES OF INTERNAL COMBUSTION**

*This paper is devoted to the search of possibilities for using non-traditional fuel and power systems for shipping. As a result of the conducted analysis of the known developments, it is shown that all of them can not provide transition to non-traditional types of energy and fuels. However, a complex containing a new kind of hydrowave generators that produce cheap electric power allows using electrolysis for production of hydrogen that will be the basic fuel of future ship engines of internal combustion including those of rocket type.*

*Keywords: non-traditional types of fuels and energy for shipping, engines of internal combustion (EIC), hydrogen as fuel for EIC, perspective ship engines*