

УДК 621.472

В.О. НАСТАСЕНКО, В.А. ЄВДОКИМОВА

Херсонська державна морська академія

СУДНОВА АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ОСОБЛИВОСТІ ОХОРОНИ ПРАЦІ І БЕЗПЕКИ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Розглянуто основні різновиди традиційної і нетрадиційної енергетики, які дозволяють на сучасних судах зменшити витрати палива на базі нафти і газу. Показано, що жоден з цих різновидів не дозволяє повністю вирішити проблему заміни традиційних видів палива, однак вони рекомендовані, як додаткові джерела енергії, що потребує для них розробки правил охорони праці і безпечної експлуатації, для яких даній роботі виділені основні початкові положення.

Ключові слова: економія палива, альтернативна енергетика, вітрила, вітроенергетика.

V.O. NASTASENKO, V.A. YEVDOKIMOVA

Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine

SHIPS ALTERNATIVE ENERGY AND FEATURES OF THE PROTECTION OF LABOUR AND SAFETY OF ITS OPERATION

Abstract

Considered are the main types of traditional and alternative energy, which allow modern ships to reduce fuel consumption on the basis of oil and gas. It is shown that none of these species does not completely solve the problem of replacing traditional fuels, but they are recommended as additional sources of energy that requires the development of rules of labour protection and safe operation for which this paper highlights the main assumptions.

Keywords: economy of fuel, alternative energy, sails, wind energy.

Вступ. Аналіз стану проблеми та постановка завдання

Основним призначенням альтернативної суднової енергетики є економія палива. Це пояснюється тим, що джерелом палива для сучасних суден є продукти переробки нафти або природний газ та їх суміші, а при їх спалюванні вони безповоротно втрачаються у результаті перетворень на молекулярному рівні, що в умовах обмеженості світових сировинних запасів нафти і газу становить серйозну проблему, в першу чергу – його подорожчання, а у перспективі – повна відсутність. За прогнозами ЮНЕСКО 60-х років ХХ століття, промислові запаси нафти будуть вичерпані до 2050 року, газу – до 2080 року, і хоч удосконалення розвідки нових та інтенсифікації видобутку занедбаних родовищ нафти і газу відсунуло ці строки, відповідно до 2100 і до 2150 року, однак не розв'язали проблеми в цілому, оскільки їх запаси так і залишилися скінченними [1].

Таким чином, потреба переходу на альтернативні енергетичні джерела, як одного із основних напрямків нетрадиційної енергетики, є неминучою, і визначена лише періодом часу в декілька десятків років. Тому така робота є актуальною і важливою й ведеться, як в Україні, так і в усьому світі, в т.ч. – для потреб морського транспортного флоту [2, 3].

Однак для морського флоту розв'язання даної проблеми має суттєві особливості, основними з яких є потреба у значній кількості палива і відповідній потужності альтернативних енергетичних систем, для утворення яких на транспортному судні недостатньо місця. Тому вони рекомендовані, як додаткові [2, 3], оскільки дозволяють економити до 20 % палива. Враховуючи, що добові витрати палива становлять від 10 тон для суден типу ріка-море, до 350 тон для суден океанського класу, така економія дає відчутний ефект, що робить перспективним використання систем альтернативної енергетики на різних судах, а це потребує розв'язання проблем охорони праці і безпечних умов їх експлуатації.

Таким чином, головною метою даної роботи є аналіз можливостей використання альтернативної енергетики на судах морського флоту та поліпшення умов охорони праці і безпеки їх експлуатації. Реалізація даної мети є актуальною і важливою проблемою уже сьогодні, оскільки поступове впровадження альтернативної енергетики для транспортних суден вже почалося.

Пошук шляхів вирішення поставленої проблеми

На сучасному рівні розвитку науки і техніки до альтернативної енергетики відносять [3 – 5]:

- 1) сонячну енергетику;
- 2) енергетику морських хвиль, хоч в роботі [2] для суден її вважають недоступною;
- 3) вітрову енергетику;
- 4) сполучення всіх перелічених вище видів енергетики.

Аналіз наведених видів альтернативної енергетики показав, що сонячна енергетика має найменші питомі потужності, що обумовлено низьким к.к.д. таких систем (у фотоелектричному варіанті – до 20 %). Значні обмеження також пов'язані з темною частиною доби та хмарністю, що

потребує акумуляції енергії, у той час, як для хвиль та вітру таких обмежень менше. Окрім того, фотоелектричні батареї є дуже дорогими і вразливими для дії повітря і випаровувань морської води. Замала питома потужність сонячних батарей ($\approx 0,2$ кВт на 1 м^2 площини), при потужності сучасних суднових енергетичних установок від 1 до 100 тис кВт, потребує значних площин для їх розміщення, яких бракує на вже існуючих типах суден [2, 3].

Таким чином, для суден вони можуть бути рекомендовані і вже використовуються, тільки як додаткові джерела енергії, а умови охорони праці й безпеки їх використання не відрізняються від вже існуючих, при розміщенні їх на верхніх частинах кермової рубки, а також на дахах критих поромів і подібних їм типів суден, тому ці питання для цих суден потребують лише незначної доробки і уточнень.

Слід визначити також, що значну поверхню для розміщення сонячних батарей мають танкери і газозови, однак питання охорони праці й безпеки їх експлуатації є більш складними і потребують більш ретельних досліджень. Як варіант технічного рішення проблеми можливе розміщення сонячних батарей над ємностями на додаткових стійках, наприклад, з міцної термореактивної пластмаси, з установкою під секціями додаткового електроізоляційного та пожежостійкого екранів, з можливістю автоматичного скидання за борт таких секцій у разі виникнення відповідних загроз. Оскільки небезпечним при цьому є їдкий дим, що виділяється при спалюванні таких пластмас, для підвищення безпеки праці необхідне оснащення палубної команди, а також робочих місць, житлових та побутових приміщень протигазами.

Гідрохвильова енергетика на базі перетворення механічної енергії хвиль для сучасних суден теж має суттєві обмеження. Найбільш небезпечним є використання зовнішніх пристроїв для перетворення енергії хвиль, до яких можна віднести вже відомі пристрої – "качку Солітера" і "пліт Коккерелля" [4], оскільки для них існує велика ймовірність пошкодження великими хвилями та при швартовці судна. Ці пристрої також збільшують опір руху судна, що відповідно зменшує його швидкість і загальний к.к.д. системи. Тому використання таких гідрохвильових установок визнано недоцільним і не розглядається в даній роботі.

Усуває ці небезпеки використання гідрохвильових електрогенераторів маятникового типу, за патентами на винахід Російської Федерації [6, 7] та України [8], оскільки вони повністю розміщені в середині корпусів суден. Однак для них обмеження пов'язані з розмірами суден, оскільки при їх довжині більше 200 м і ширині більше 30 м, хитавиця суден хвилями неістотна, навіть при хвилюванні моря у 6–7 балів, а при більшому хвилюванні – експлуатація суден недоцільна, зони таких штормів рекомендовано обходити. Таким чином, гідрохвильова енергетика, як додаткова, може бути рекомендована для суден невеликих розмірів: до 150 м у довжину та до 20 м у ширину і водотоннажністю до 25 тис. т. [3].

Умови охорони праці і безпеки використання маятникових електрогенераторів не відрізняються від вже існуючих, тому ці питання потребують лише незначної доробки і уточнень. Однак їх особливістю є: розгойдування генераторів на стійках, що потребує введення навколо їх зон спеціальних прозорого типу захисних огорожень, розфарбування і попереджувальних написів, а також ретельного розрахунку опор на статичну міцність і динамічну остійність, та на втомну міцність і зносостійкість, з відповідною розробкою графіків періодичності огляду і попереджувального ремонту.

Третьою з наведених різновидів нетрадиційної суднової енергетики є вітрова [2, 3]. У сучасних умовах їй приділяється найбільша увага, оскільки в недалекому минулому суднова енергетика була в основному вітрильною, а на суходолі вітрові енергетичні установки знайшли широке застосування. Це пояснюється тим, що їх створення та впровадження є відносно простим і дешевим.

На сьогоднішній день для суднової вітроенергетики можна виділити 3 основні напрямки розвитку:

1. Вітрильно-щоголова [9].
2. Система летючого крила "SkySails" [10].
3. Система вітрових електричних генераторів [3].

Традиційний напрямок – використання щоголових вітрил – також має суттєві недоліки:

1) потребує значної вітрильності для великотоннажних суден, що веде до використання великої кількості занадто високих і сильно навантажених щогл, що фактично обмежує водотоннажність оснащуваних суден до 10 тис. т.;

- 2) ускладнює використання палуби для перевезення вантажів;
- 3) має складну систему такелажу для кріплення і розгортання вітрил;
- 4) потребує великої кількості екіпажу для управління вітрилами;
- 5) має значний крен та хитавицю при сильних поривах вітру;
- 6) має велику залежність від штормової обстановки;

7) ускладнює маневрування у вузькостях плавання, особливо у каналах (тому введення в експлуатацію Суецького каналу наприкінці XIX століття привело до остаточної відмови від вітрильного приводу для руху суден, на користь парового, тобто механічного).

Усі перелічені вище недоліки створюють небезпеку для використання вітрил на суднах, тому вони потребують більш ретельного аналізу та розробки правил охорони праці і безпеки їх експлуатації, оскільки у другій половині XX століття почалися активні роботи по розвитку сучасного вітрильного

флоту. Це обумовлено тим, що в цей період були розроблені і запропоновані спрощені системи прямих і косих щоглових вітрил з підйомом і опусканням їх в автоматичному режимі, за рахунок розгортання і згортання рулонами у футляри, як це виконано у переносному кіноекрані.

Найпростішими з них є вітрила з одного гнучкого полотна на всю висоту щогли, при цьому косі вітрила більш доцільні за умов навантаження щогли. Найбільш перспективними з них вважаються вітрила типу надувного крила, що збільшує к.к.д. використання вітру.

Усі ці види вітрил зменшують вказані вище недоліки обслуговування судна і підвищують безпеку його експлуатації, однак не усувають головних проблем: 1) використання палуби; 2) значного кренування та залежності від штормової обстановки; 3) потреби у великій вітрильності і кількості щогл для багатотоннажних суден $\approx 1200 \text{ м}^2$ та 1 щогла на кожні 3000 тон; 4) залежності від сили вітру, що не гарантує потрібної швидкості для своєчасної доставки вантажу, яка є головною вимогою при роботі торговельного флоту. Тому щоглові вітрила можуть бути рекомендовані для обмежених типів суден – круїзних і прогулянкових яхт та катамаранів нерегулярного сполучення.

Однак існують також варіанти використання вітрил на малих риболовецьких траулерах [11], що вимагає більш ретельної розробки для них правил охорони праці і безпечної експлуатації.

На сьогоднішній день найбільш перспективним вважається застосування для суден системи "SkySails" німецької фірми Zeppelin [10] з надувним буксирним вітрилом типу літаючого крила, яке закріплене в носовій частині судна і має систему початкового підйому і остаточного спуску, що містить гідравлічну підйомну щоглу, лебідку, буксирний канат, силову передавальну установку, яка демпфує нерівномірність руху вітрила при зміні і поривах вітру, систему контролю за рухом вітрила, підвісний блок керування рухом строп вітрила та загальний пост керування з комп'ютерами у кермовій рубці судна. При цьому найбільшу небезпеку для умов праці становлять: саме вітрило, буксирний канат, що пересувається при зміні напрямку вітру і руху вітрила, силова передавальна установка, лебідка та гідравлічна підйомна щогла. Додаткову загрозу несуть хвилі, оскільки при свіжому вітрі можливе їх попадання навіть на захищений від їх дії бак (рис.1), та хитавиця судна, що спричинена дією хвиль і вітру, яка на баку судна найбільша.



Рис. 1. Система "SkySails" і розташування її додаткових механізмів на баку судна

Найбільш небезпечними є сам процес початкового підйому і остаточного спуску вітрила (рис. 2), оскільки він потребує присутності операторів, які можуть потрапити під вітрило та канат, особливо при поривах вітру.

Окрім цього, система "SkySails" також має свої обмеження і недоліки:

1. При попутному до ходу судна напрямку вітру у секторі $\pm 45^\circ$ тяглова сила зростає на 15...20 %, а при більших кутах – суттєво зменшується і відсутня при зустрічному вітрі у секторі $\pm 50^\circ$.

2. Потребують відносно складних пристроїв для підйому і опускання вітрила та присутності членів екіпажу для його укладки у бункер, що може бути небезпечним при штормовій обстановці.

3. Потребують спеціального керування вітрилом, як оператором, так і автоматизованими системами, з використанням окремого ПК і спеціальних комп'ютерних програм, тому оператор повинен бути додатковим членом екіпажу.

4. Потребують спеціальної підготовки операторів високої кваліфікації, які добре розуміють і здатні передбачити можливі еволюції парусу при його запуску і складанні, що дуже важко реалізувати в сучасному торговельному флоті, де екіпажі змінюються майже кожних півроку.

5. Ускладнюють слідкування за вітрилом і керування ним вночі.

6. Унеможливають збільшення тягової сили за рахунок збільшення кількості таких вітрил, оскільки це ускладнює управління ними, особливо – потреби уникнення їх зіткнення, перехрещення та перекручування при зміні дії вітру під час ходу судна, а в першу чергу – при їх підйомі та спуску.

7. Занадто вузький сектор ($\pm 50^\circ$) ефективної дії вітру, що суттєво обмежує умови використання

системи, при цьому воно можливе тільки на магістральному шляху судна і неможливе у вузькостях плавання та при заході в порти.

8. При відхиленні вітрила від курсу судна (що буває фактично завжди) виникають сили бокової дії, які треба компенсувати поворотом пера руля, що зменшує корисну роботу рушія і двигуна, ефективність дії паруса в цілому (на рис. 1 це підтверджується збільшенням сліду піни від руху судна з борту, що протилежний вітрилу).

9. Система ефективна тільки до швидкостей вітру на висоті крила, яка обмежена у 17 вузлів – при більшій швидкості вітру погіршується штормова обстановка, якої суднам рекомендується уникати.

10. Через потребу у використанні вітрил значних розмірів для великотоннажних суден ефективність використання системи зменшується.

11. Суттєвим недоліком також є відносно висока вартість системи, яка за даними фірми Zeppelin становить від 0,5 до 1,1 млн. євро.



Рис. 2. Початковий етап запуску вітрила системи "SkySails"

Однак дана система має значні переваги у порівнянні з щогловими вітрилами – більш проста у виробництві та експлуатації, а головне – дозволяє використовувати палубу для вантажів і зменшує кренування судна (рис. 3).

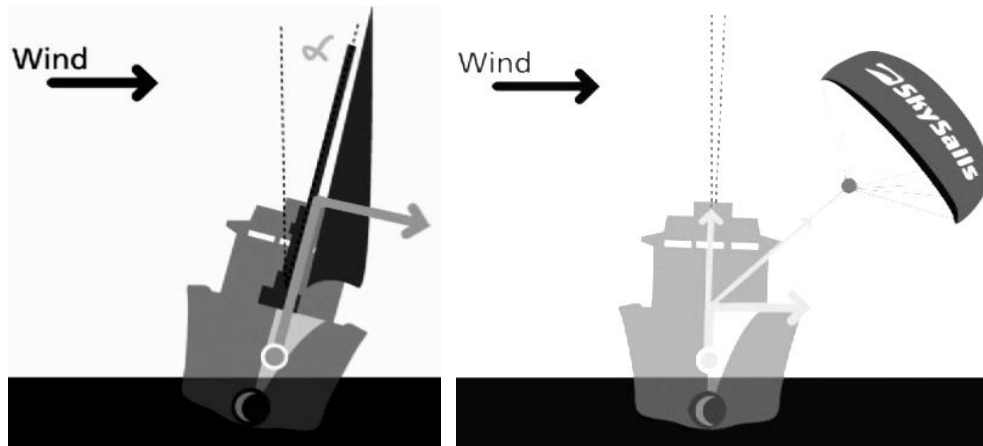


Рис. 3. Переваги системи "SkySails" над щогловими вітрилами

Вказані недоліки системи "SkySails" складають основні небезпеки її використання, а серед них – можливість пошкодження вітрила і обладнання для його пуску і запуску. Відомі випадки втрати вітрил, які, за нашими попередніми даними, складають 1 – 2 вітрила (вартістю від 150 до 330 тис. €) одним оператором за період, поки він не набуде відповідного досвіду, який може бути втрачений при перервах в роботі. Тому для підвищення безпеки експлуатації системи "SkySails" потрібне спеціальне навчання операторів та їх тестування з використанням спеціальних тренажерів перед кожним рейсом.

Оскільки правила безпечної експлуатації системи "SkySails" розробляє фірма Zeppelin, у даній роботі рекомендовано обмежене втручання інших розробників у цей процес (у разі усунення фірмою вказаних вище недоліків).

Третій напрямок розвитку вітрової енергетики пов'язаний з системою вітрових електричних генераторів крильчатого, роторного і барабанного типів [3, 12]. Він має свої переваги і недоліки, у

порівнянні з розглянутими вище двома першими напрямками – системою щоглових вітрил [9] і вітрил системи "SkySails" [10].

Не зважаючи на те, що к.к.д. вітрових електрогенераторів, на відміну від вітрил [9, 10] для безпосереднього руху судна, становить лише 25 – 35 %, але енергія, яку вони виробляють, стає вже не механічною, а електричною, яка є більш надійною і зручною у використанні. Вона допускає відносно просте перетворення в інші види енергії, а також може легко накопичуватися для наступної дії у безвітряну погоду. Її перевагою також є широке використання на суходолі, де вже накопичений великий досвід з їх конструювання і безпечної експлуатації.

Однак використання на морських судах вітроенергетичних установок крильчастого типу, найбільш поширеного на суходолі, є проблематичним, у першу чергу – за рахунок занадто великих розмірів лопатній при відносно малій енергетичній віддачі системи [12]. Їх потужності залежать від розмірів лопатній у співвідношенні: 10 м довжини \approx 1 тис. кВт/год, тому для заміни головного двигуна з потужністю > 10000 кВт, для них немає вільного місця на палубі, оскільки вони ще й потребують повертання навколо стійки при зміні напрямку вітру [3]. Окрім цього, вони негативно змінюють остійність судна, їх лопатні небезпечні при русі по колу, а їх мерехтіння може визвати епілепсію та нанести іншу шкоду здоров'ю членам екіпажу.

Якщо на суходолі безпека їх експлуатації вирішується розміщенням у відлюдних місцях, то на судні такої можливості немає, що потребує рішення даної проблеми, оскільки відомі розробки систем з крильчатыми вітровими електрогенераторами невеликої потужності для окремих типів суден, у яких є місце для їх розміщення.

Наприклад, у Японії, у Bulletin of Marine Engineering in Japan, що був виданий у 2002 році, було представлено проект дообладнання балкера дедвейтом 91 тис. тон, призначеного для перевезення вугілля, 12 вітрогенераторами по 12,4 кВт при загальній потужності генераторів 148,8 кВт, що складає 1,3 % від потужності головного двигуна у 11672 кВт. При цьому економія палива досягає 129,6 кг за добу і до 40 тон за рік [2] (рис. 4).

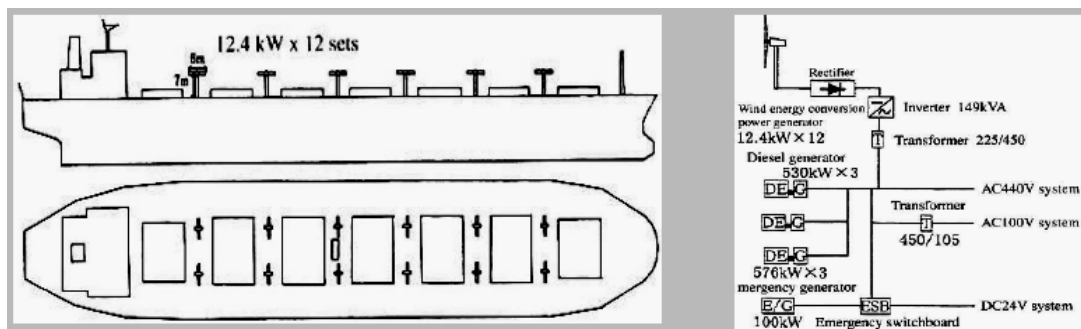


Рис. 4. Проект дообладнання вугільного балкера крильчастими вітровими електрогенераторами

Інший варіант виконання на судах вітрових електрогенераторів роторного типу, показаний на рис. 5.

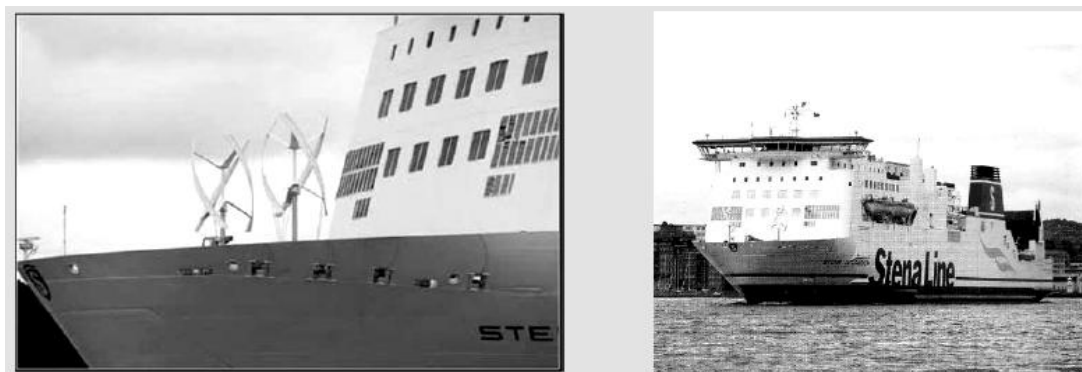


Рис. 5. Установка роторних вітрових генераторів на поромі Stena Jutlandica

Два вітрових генератори невеликої потужності встановлені на поромі Stena Jutlandica, що курсує між Гетеборгом і Фрідеріксшаффеном [2]. Генератори приводяться у рух вертикальними роторами, що встановлені на спеціальних 4-х метрових щоглах у носовій частині судна. За рік вони виробляють до 23 тис. кВт/год електричної енергії, що дозволяє економити 8 – 9 тон палива.

Охорона праці і безпека даних систем забезпечена винесенням їх на маловикористовувану частину судна, яку доцільно було б огородити леєрами та сіткою.

Таким чином показано, що жоден вид сучасної нетрадиційної енергетики не задовольняє вимоги транспортного флоту з повної заміни традиційних палив, однак доцільне їх використання, як додаткових джерел енергії. При цьому доцільне використання вітрогенераторів і мінімальної потужності, якщо воно не перешкоджає перевозці, завантаженню і вивантаженню вантажів на палубі і забезпечує позитивний економічний ефект, тому для них потрібна розробка правил і умов безпечної експлуатації.

Ще більш доцільним може бути використання комбінацій з усіх видів нетрадиційної енергетики, з відповідним дотриманням правил їх безпечної експлуатації.

Загальні висновки по роботі

Проведений аналіз показав, що на судах, як додаткові, впроваджуються різні системи поновлюваних палив і альтернативної енергетики, поширення яких буде зростати по мірі росту ціни на традиційне паливо. У цілому безпека їх експлуатації на судах адекватна безпеці експлуатації подібних систем на сухоході, однак мають місце особливості, що пов'язані з розмірами суден та умовами їх експлуатації, а саме з їх кренуванням і розміщенням на їх палубі вантажів, що перевозяться, а також з властивостями цих вантажів.

Окремо слід виділити питання безпеки впровадження і експлуатації сонячних і вітрових електричних систем на танкерах і газовозах, що потребує їх ретельної розробки спеціалістами, з урахуванням можливостей безпечного конструювання і видалення їх з судна у разі виникнення відповідних загроз.

Література

1. Кемпбел К. Грядущий нефтяной кризис – М.: Группа независимых издателей, 1997. – 210 с.
2. Шурляк В.К. Применение альтернативных видов энергии и топлив на морских судах / Семинар – Сжиженный природный газ как альтернативное топливо для морских судов. – С-Петербург, ГМА им. Макарова, 2012. – 47 с. www.korabel.ru/filemanager/OTHER/0/0/3.pdf
3. Настасенко В.О. Нова концепція розвитку двигунів внутрішнього згоряння. – Херсон, ХДМІ, 2010. – 26 с.
4. Вершинский Н.В. Энергия океана. – М.: Наука, 1986. – 152 с.
5. Агеев В.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (курс лекций). – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. Кафедра теплоэнергетических систем, 2004. – 343 с.
6. Патент Российской Федерации на изобретение № 2396673 Генератор электрического тока, его варианты и способы их установки. МПК H02K 19/00 Заявка № 2009100832/09 от 12.01.09. Авт. изобр. Настасенко В.А. // БИ № 22 от 10.08/2010
7. Заявка на патент Российской Федерации на изобретение № 2012125508 Маятниковый гидроволновой генератор электрического тока. От 19.06.12. Авт. Настасенко В.А.
8. Заявка на патент України на винахід № 201205654 "Плавуча прибережна гідрохвильова електростанція" Від 08.05.2012. Авт. Настасенко В.О.
9. Перестюк И.Н. Паруса атомного века // Катера и яхты. 1983. №1. – С.22-27.
10. Zeppelin SkySails, Sales and Service – Germany, Hamburg: 2007 – 32 p.
11. Трифонов А.В. Перспективы развития малых промысловых судов с парусным вооружением, соотношение традиции и тенденции – Л.: НИЦ судостроения. 2004. – 8 с.
12. Фатеев Е.М. Ветро двигатели и ветроустановки – М.: ОГИЗ, 1948. – 544 с.

References

1. Kempbel K. Gryadushchiy neftyanoy krizis – M.: Gruppya nezavisimyykh izdateley, 1997. – 210 s.
2. Shurlyak V.K. Primeneniye al'ternativnykh vidov energii i topliv na morskikh sudakh / Seminar – Szhizhennyi prirodny gaz kak al'ternativnoye toplivo dlya morskikh sudov. – S-Peterburg, GMA im.Makarova, 2012. – 47 s. www.korabel.ru/filemanager/OTHER/0/0/3.pdf
3. Nastasenko V.O. Nova kontseptsiya razvittku dviguniv vnutrishn'ogo zgoriyannya. – Kherson, KHDMI, 2010. – 26 s.
4. Vershinskiy N.V. Energiya okeana. – M.: Nauka, 1986. – 152 s.
5. Ageyev V.A. Netraditsionnyye i vozobnovlyayemyye istochniki energii (kurs lektsiy). – L.: Izd-vo Leningr. un-ta. Kafedra teploenergeticheskikh sistem, 2004. – 343 s.
6. Patent Rossiyskoy Federatsii na izobreteniyе № 2396673 Generator elektricheskogo toka, yego varianty i sposoby ikh ustanovki. MPK H02K 19/00 Zayavka № 2009100832/09 ot 12.01.09. Avt. izobr. Nastasenko V.A. // BI № 22 ot 10.08/2010
7. Zayavka na patent Rossiyskoy Federatsii na izobreteniyе № 2012125508 Mayatnikovyy gidrovolnovoy generator elektricheskogo toka. Ot 19.06.12. Avt. Nastasenko V.A.
8. Zayavka na patent Ukraїni na vinakhid № 201205654 "Plavucha priberezhna gidrokhvil'ova yelektrostantsiya" Vid 08.05.2012. Avt. Nastasenko V.O.
9. Perestyuk I.N. Parusa atomnogo veka //Katera i yakhty. 1983. №1. – s.22-27.
10. Zeppelin SkySails, Sales and Service – Germany, Hamburg: 2007 – 32 p.
11. Trifonov A.V. Perspektivy razvitiya malykh promyslovykh sudov s parusnym vooruzheniyem, sootnosheniye traditsii i tendentsii – L.: NITS sudostroyeniya. 2004. – 8 s.
12. Fateyev Ye.M. Vetrodvigateli i vetroustanovki – M.: OGIZ, 1948, - 544 s.