



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **113088** (13) **C2**
(51) МПК (2016.01)
F03D 1/02 (2006.01)
F03D 9/32 (2016.01)
B60K 16/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

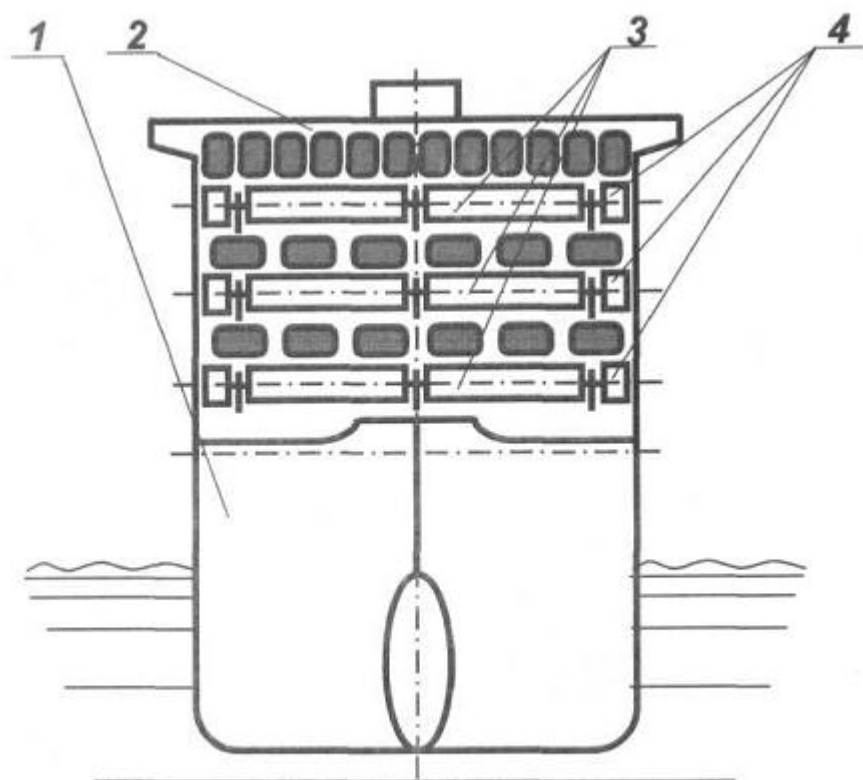
(21) Номер заявки: а 2014 12388	(72) Винахідник(и): Настасенко Валентин Олексійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 18.11.2014	(73) Власник(и): Настасенко Валентин Олексійович, вул. Лавреньова, 23-а, кв. 33, м. Херсон, 73020 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 12.12.2016	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: Шурпак В.К. Применение альтернативных видов энергии и альтернативных топлив на морских судах/ Семинар – «СПГ как альтернативное топливо для морских судов». – С-Петербург, ГМА им. Адмирала Макарова, 24. 04.2012 Настасенко В.О. «Сучасна суднова вітрова енергетика й особливості охорони праці та безпека її експлуатації»/ Науковий вісник Херсонської державної морської академії №1 (8), 2013 CA 2238742 A1, 30.12.1999 UA 90200 U, 12.05.2014 KR 20110064479 A, 15.06.2011 EP 2098722 A2, 09.09.2009 CN 201474851 U, 19.05.2010 CN 103895825 A, 02.07.2014 KR 20140036746 A, 26.03.2014
(41) Публікація відомостей про заявку: 27.04.2015, Бюл.№ 8	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.12.2016, Бюл.№ 23	

(54) СПОСІБ УСТАНОВКИ НА СУДНІ СИСТЕМ ВІТРОВИХ ГЕНЕРАТОРІВ БАРАБАННОГО ТИПУ

(57) Реферат:

Винахід належить до галузі нетрадиційної енергетики і суднобудування, а саме - до суден, які оснащені вітровими енергетичними системами. Відповідно до винаходу у способі установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу для використання енергії зустрічного потоку повітря, утвореного рухом судна, вітрові колеса встановлюють на надбудовах судна, тільки у площині їх лобового опору цьому потоку, а для зменшення можливості відновлення напору повітряного потоку після сходу з вітрових коліс, їх установлюють на надбудовах на мінімально можливій відстані до цих лобових поверхонь.

UA 113088 C2



Фиг. 1

Винахід належить до галузі нетрадиційної енергетики і суднобудування, а саме - до суден, які оснащені вітровими енергетичними системами.

Відомі системи вітрових двигунів, які по схемі пристрою вітрового колеса і його положенню відносно потоку вітру, ділять на 3 класи: 1) крильчасті, площа обертання яких перпендикулярна потоку вітру, 2) роторні або карусельні, з вертикальною віссю обертання, 3) барабанні, з горизонтальною віссю обертання [див. книгу: Фатеев Е.М. Ветро двигатели и ветроустановки. - М: ОГИЗ, 1948. с. 79-81].

Недоліками використання даних систем є складність вибору місця для їх установки на судні.

Відоме також використання вітрових електрогенераторів роторного типу, встановлених на носовій частині порому Stena Jutlandica, що курсує між Гетеборгом і Фрідеріксхафеном для вироблення 8 кВт електроенергії [див. доповідь: 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. - с. 14. www.korabel.ru/filemanager/OTHER/0/0/3.pdf]

Недоліком даної системи є дія утвореного при русі судна зустрічного потоку повітря на лопатні роторного вітрового колеса, які перекривають його на незначній площині, а відстань за ними та лобовою поверхнею надбудов судна значно більша за діаметр вітрового колеса, тому вона є достатньою для відновлення повітряного напору на шляху від вітрового колеса до надбудови. Враховуючи, що утворення кінетичної енергії обертання вітряних коліс здійснюється за рахунок зменшення швидкості повітряного потоку на вході і на виході з лопатей, тобто - за рахунок їх опору повітряному потоку [див. книгу: Фатеев Е.М., - с. 82-85], при цьому коефіцієнт використання енергії вітру становить величину $\xi \approx 0,2$, тому початкова енергія повітряного потоку становить: $8/0,2 \approx 40$ кВт. Оскільки після лопатей вітрового колеса на відстані, більшій діаметра їх обертання, цей потік відновлюється, то судно не економить, а витрачає 40 кВт енергії на свій рух, що веде до додаткового навантаження його ходового двигуна і додаткової витрати палива.

Задачею даної заявки на винахід є економічно ефективно використання енергії зустрічного потоку повітря, утвореного рухом судна і зменшення шкідливої дії напору повітря на лобову поверхню його надбудов, за рахунок перетворення її у корисну роботу вітрового електрогенератора.

Розв'язання даної задачі досягається тим, що в запропонованій системі вітрових генераторів барабанного типу, їх вітрові колеса встановлюють на надбудовах судна, тільки у площині їх лобового опору зустрічному потоку повітря, а для зменшення можливості відновлення напору повітряного потоку після його сходу з вітрових коліс, їх встановлюють на надбудовах на мінімально можливій відстані до даних лобових поверхонь, при цьому для зменшення дії напору повітря на лобову поверхню надбудов судна, на ній встановлюють вітрові колеса, які мають робочі поверхні лопатей суцільної форми від їх зовнішнього діаметра до осі для їх закріплення і забезпечують максимально можливе перекриття такими колесами лобової поверхні, на якій їх встановлюють, а кількість з їх лопатей збільшують, для максимально можливого перекриття ними лобових поверхонь надбудов на всіх фазах повороту лопатей вітром, згідно з залежністю:

$1 - \cos \frac{\alpha}{2} < 0,001 \dots 0,2$, де $1 - \cos \frac{\alpha}{2} < 0,001 \dots 0,2$ - кутовий крок установки лопатей: $\alpha = \frac{2\pi}{z}$, а для

подальшого зменшення дії зустрічного напору повітря на лобову поверхню надбудов судна, вітрові колеса встановлюють паралельними рядами, з максимально можливим або повним перекриттям ними лобової поверхні цієї надбудови, а для повного використання дії напору повітря на лобову поверхню надбудов судна, в просторі між зовнішніми діаметрами пари паралельних вітрових коліс, які є головними, і поверхнею надбудови під ними, встановлюють проміжні вітрові колеса зменшеного діаметра, з максимально можливим перекриттям ними лобової поверхні надбудови, при цьому напрямком обертання головних і проміжних вітрових коліс вибирають протилежним, за рахунок протилежного напрямку установки увігнутих і опуклих лопатей, а для поліпшення відводу повітряного потоку з лопатей вітрового колеса, їх виконують гвинтовими з напрямом витків, що відводить цей потік на правий, або на лівий борт судна, при цьому вітрові колеса встановлюють на окремі секції правого і лівого бортів судна, для зменшення прогину осі вітрових коліс, їх довжину зменшують і встановлюють на проміжні додаткові опори, а між собою ці осі з'єднують єднальними муфтами, для збільшення площі контакту повітряного потоку з лопатями вітрових коліс, генераторні блоки виконують лише з одного боку для з'єднаної муфтами низки вітрових коліс, а їх встановлюють паралельними рядами між собою у шаховому порядку, для створення додаткового тиску на спільну пару правого і лівого співвісних вітрових коліс, їх виконують гвинтовими з напрямом витків і встановлюють направленими назустріч один одному, а вихідні торці парних лопатей встановлюють в одній площині в однаковому положенні, з мінімально можливим зазором між

цими торцями, а для огинання криволінійної форми лобових поверхонь судна, вітрові колеса зменшують до довжини, яка формує кут перерізу їх осей в межах допуску на кутові відхилення для єднальних муфт, або вітрові колеса зменшують до довжини, яка формує кут перерізу їх осей в межах від 1 до 45° для з'єднання їх карданною передачею, а для збільшення довжини перерізу вітрових коліс з потоком повітря, генераторні блоки з електрогенераторами, у яких вали роторів з'єднані з осями цих коліс ланцюговими або пасовими передачами, встановлюють на лобовому перерізі надбудов паралельно осі вітрових коліс і розміщують їх у просторі між зовнішнім діаметром цих коліс і поверхнею надбудов, або генераторні блоки з електрогенераторами, у яких вали роторів з'єднані з осями вітрових коліс циліндричними зубчастими, передачами, встановлюють на лобовому перерізі надбудов паралельно осі вітрових коліс і розміщують їх у просторі між зовнішнім діаметром цих коліс і поверхнею надбудов, а провідне зубчасте колесо збільшують до діаметра вітрового колеса, жорстко з'єднують з ним і використовують його як маховик для вирівнювання частоти обертання вітрового колеса при поривах повітряного потоку або для зменшення габаритів передачі, між провідним зубчастим колесом і веденою шестірнею на проміжній осі, яка закріплена на спільному з цими колесами водилі, встановлюють з можливістю вільного обертання паразитні шестерні, або для збільшення частоти обертання ротора, між його веденою шестірнею і провідним зубчастим колесом на проміжній осі, яка закріплена на спільному з цими колесами водилі, встановлюють з можливістю вільного обертання блоки здвоєних зубчастих коліс різного діаметра, а для зменшення опору зустрічному потоку повітря, вітрові колеса передають обертання електрогенераторам через конічні зубчасті передачі, у яких провідні конічні колеса з'єднані з осями вітрових коліс і введені в зачеплення з шестернями, закріпленими на валах роторів електрогенераторів, а їх розміщують у генераторних блоках, які встановлюють на лобовому перерізі надбудов торцем до повітряного потоку і оснащують їх обтічними ковпаками, в т.ч. на бортах лобового перерізу надбудов, а для зменшення кількості генераторних блоків, вітрові колеса з конічними колесами на кінцях їх осей встановлюють парами назустріч одне одному і вводять в зачеплення зі спільною конічною шестірнею, закріпленою на роторі електрогенератора, а генераторний блок встановлюють торцем до повітряного потоку між вітровими колесами в середній частині лобового перерізу надбудов, при цьому увігнуто-опуклу форму лопатей на спарених вітрових колесах виконують протилежними, для забезпечення їм протилежного напрямку обертання, а для компенсації різниці частоти обертання вітрових коліс з конічними колесами на кінцях їх осей у спільній парі, їх встановлюють назустріч одне одному і вводять ці конічні колеса в зачеплення зі своїми конічними шестернями, які встановлюють на вхідних валах диференційного редуктора, вихідний вал якого з'єднують з валом ротора електрогенератора.

Запропоновані технічні рішення представлені на кресленнях.

На фіг. 1 показаний пропонований для судна 1 з надбудовами 2 спосіб установки системи вітрових генераторів барабанного типу, які мають вітрові колеса 3 і генераторні блоки 4. Відміною даних систем від відомих є те, що вони призначені лише для використання енергії зустрічного потоку повітря, в першу чергу - утвореного рухом самого судна, тому їх встановлюють тільки у площині лобового опору надбудов судна цьому потоку. При цьому генераторні блоки, для спрощення доступу і обслуговування, встановлюють на правій і/або на лівій бортових кінцівках лобового перерізу надбудов, а вітрові колеса встановлюють на окремі секції правого і лівого бортів судна. Для поліпшення відводу повітряного потоку з надбудов після його сходу з лопатей вітрового колеса, їх виконують гвинтовими з напрямом витків, який відводить цей потік на правий або на лівий борт судна.

На фіг. 2 показане спрощене конструктивне виконання встановлюваного на вертикальній лобовій поверхні надбудови 2 судна, вітрового генератора барабанного типу з вітровим колесом 3 і генераторним блоком 4, закріплених на рамі 5 та стійках 6. Лопаті 7 вітрового колеса, для зменшення дії напору повітря на лобову поверхню надбудов судна, мають увігнуті робочі поверхні суцільної форми від їх зовнішнього діаметра до осі 8 для їх закріплення, на кінці якої в генераторному блоці установлене зубчасте колесо 9, що введене в зачеплення з шестірнею 10 вала ротора електрогенератора 11 з відводами 12 електричного струму та висувними гальмівними стопорами 13 для кріплення барабана, у випадку вилучення потреби його обертання.

За рахунок увігнуто-опуклої форми сусідніх лопатей, виникають різні умови їх обтікання зустрічним потоком повітря і його напір на увігнутих лопатях зростає, що веде до обертання вітрового колеса в одну сторону.

На фіг. 3 показане нове виконання вітрового колеса з зовнішнім діаметром D, у перерізі, у якому, для максимально можливого перекриття ним лобової поверхні надбудови судна на всіх фазах повороту лопатей 7 повітряним потоком, їх кількість z збільшують згідно з залежністю:

$$1 - \cos \frac{\alpha}{2} < 0,001 \dots 0,1,$$

5 де α - кутовий крок установки лопатей: $\alpha = \frac{2\pi}{z}$.

На фіг. 4 показана схема установки на лобовій поверхні надбудови 2 вітрових коліс 3, закріплених на рамі 5 і стійках 6, у поперечному перерізі (генераторні блоки умовно зняті). Для зменшення можливості відновлення напору повітряного потоку після його сходу з лопатей вітрових коліс, зазор 8 між їх зовнішнім діаметром D і лобовою поверхнею надбудови виконаний мінімальним для кожного конкретного випадку їх установки, обумовленого конструктивними та геометричними параметрами вітрових коліс і надбудов, на які їх встановлюють.

На фіг. 5 показаний новий варіант установки вітрових генераторів з вітровими колесами 3 і генераторними блоками 4 на лобовій поверхні надбудови 2 при відсутності на ній ілюмінаторів. Для зменшення шкідливої дії на неї напору повітря і перетворення її у корисну роботу вітрових коліс, їх встановлюють паралельними рядами, з максимально можливим або повним перекриттям ними лобової поверхні надбудови, на якій їх встановлюють, а для збільшення довжини контакту повітряного потоку з лопатями вітрових коліс, генераторні блоки виконують лише з одного боку для низки з'єднаних муфтами вітрових коліс, які встановлюють паралельними рядами в шаховому порядку між собою.

На фіг. 6 показана схема установки на лобовій поверхні надбудови 2 судна вітрових коліс 3, закріплених на рамі 5 і стійках 6, у поперечному перерізі (генераторні блоки умовно зняті). Для повного використання дії напору повітря на лобову поверхню надбудов, в просторі між зовнішніми діаметрами D паралельних пар вітрових коліс 3, які є головними, і поверхнею надбудови, встановлюють проміжні вітрові колеса 14 зменшеного діаметра, з максимальним перекриттям ними лобової поверхні надбудови. Напрямок обертання головних і проміжних вітрових коліс вибирають протилежним, за рахунок установки лопатей увігнутою і опуклою поверхнями цих пар коліс у протилежному напрямку.

На фіг. 7 показаний новий варіант установки вітрових генераторів з вітровими колесами 3 на лобовій поверхні надбудови 2. Для зменшення прогину осі вітрових коліс (в т.ч. для усіх попередніх варіантів виконань), їх довжину зменшують і встановлюють на проміжні додаткові опори 6, а між собою ці осі з'єднують єднальними муфтами 15, а для створення додаткового тиску на спільну пару правого і лівого співвісних вітрових коліс, їх лопаті 7 виконують гвинтовими і встановлюють направленими назустріч одна одній, а вихідні торці 16 цих парних лопатей встановлюють в одній площині в однаковому положенні, з мінімально можливим зазором B між цими торцями.

Для огинання лобових поверхонь надбудов судна криволінійної форми радіуса r, вітрові колеса зменшують до довжини L, яка формує кут перерізу β їх осей обертання в межах допуску на кутові відхилення $\pm\beta$ для єднальних муфт, в межах залежності:

$$L = 2r \cdot \operatorname{tg} \beta.$$

Для огинання лобових поверхонь криволінійної форми і великої кривизни, вітрові колеса зменшують до довжини, яка формує кут β перерізу їх осей в межах від 1 до 45°, для з'єднання їх карданною передачею. Для з'єднаних у низки вітрових коліс, їх генераторні блоки з електрогенераторами також встановлюють на бортових кінцівках лобового перерізу надбудов.

На фіг. 8 показаний новий варіант установки вітрових генераторів з вітровими колесами 3 на лобовій поверхні надбудови 2. Для збільшення довжини контакту вітрових коліс з потоком повітря, генераторні блоки з електрогенераторами 11, у яких вали роторів з'єднані з осями 8 вітрових коліс ланцюговими або пасковими передачами 17 з провідною 18 і веденою 19 зірочками або провідним і веденим шківками, встановлюють на лобовому перерізі надбудов паралельно осі вітрових коліс і розміщують у просторі між їх зовнішнім діаметром і поверхнею надбудов. Інші елементи установки вітрового генератора адекватні показаним на фіг. 2.

Замість ланцюгової або паскової передачі, зачеплення може бути виконане провідним циліндричним зубчастим колесом 20 і веденою шестірнею 10, що закріплена на валу ротора електрогенератора 11 (фіг. 9), при цьому провідне зубчасте колесо, за рахунок своїх великих розмірів, може виконувати функції маховика для вирівнювання частоти обертання вітрового колеса при поривах повітряного потоку.

Замість зубчастого зачеплення, передача може бути фрикційною.

На фіг. 10 показаний новий варіант виконання зубчастої передачі, у якому, для зменшення її габаритів і маси, між провідним зубчастим колесом 9 і веденою шестірнею 10, що закріплена на валу ротора електрогенератора 11, введена і зачеплена паразитна шестірня 21 яка встановлена з можливістю вільного обертання на проміжній осі 22, закріпленій на водилі 23.

Замість паразитної шестірні, на проміжній осі, для збільшення частоти обертання вала ротора електрогенератора, може бути встановлений здвоєний блок або блоки зубчастих коліс.

Однак недоліком такої установки генераторних блоків є зменшення розмірів проміжних вітрових коліс. Для його усунення запропоновані нові варіанти установки генераторних блоків.

На фіг. 11 показаний новий варіант виконання і установки на судні систем вітрових генераторів з вітровими колесами 3 барабанного типу, які встановлені в опорах 6. При цьому, для зменшення опору зустрічному потоку повітря, генераторні блоки 4, в яких електрогенератори 11 з'єднані з осями вітрових коліс конічними зубчастими передачами, що мають провідні колеса 22 і шестерні 23, встановлюють на бортах на лобовому перерізі надбудов торцем до повітряного потоку і оснащують їх обтічними ковпаками 24.

На фіг. 11 показаний новий варіант виконання і установки на судні систем вітрових генераторів з вітровими колесами 3 барабанного типу, які встановлені в опорах 6. При цьому, для зменшення опору зустрічному потоку повітря, генераторні блоки 4, в яких електрогенератори 11 з'єднані з осями вітрових коліс конічними зубчастими передачами, що мають провідні колеса 24 і шестерні 25, встановлюють на бортах на лобовому перерізі надбудов торцем до повітряного потоку і оснащують їх обтічними ковпаками 26.

На фіг. 12 показаний новий варіант виконання і установки на судні вітрових генераторів, в якому для зменшення опору зустрічному потоку повітря і зменшення кількості генераторних блоків 4, вітрові колеса 3 з конічними колесами 24 на кінцях їх осей встановлюють парами назустріч одне одному і вводять в зачеплення зі спільною конічною шестірнею 25, закріпленою на валу ротора електрогенератора 11, а генераторний блок встановлюють між вітровими колесами в середній частині лобового перерізу надбудов судна торцем до повітряного потоку і оснащують його обтічним ковпаком 26, при цьому увігнуто-опуклу форму лопатей на парних вітрових колесах виконують протилежними, для забезпечення їм протилежного напрямку обертання,

На фіг. 13 показаний новий варіант виконання і установки на судні вітрових генераторів, в якому для зменшення опору зустрічному потоку повітря і зменшення кількості генераторних блоків 4, вітрові колеса 3 з конічними колесами 24, на кінцях їх осей, встановлюють парами назустріч одне одному і вводять в зачеплення зі своїми конічними шестернями 25, які для компенсації можливої різниці частоти обертання вітрових коліс в парі, встановлені на вхідних валах диференційного редуктора 27, вихідний вал якого з'єднаний з валом ротора електрогенератора 11, при цьому генераторні блоки встановлюють між вітровими колесами в середній частині лобового перерізу надбудов судна торцем до повітряного потоку і оснащують їх обтічними ковпаками 26.

Для захисту від надмірної швидкості обертання вітрових коліс, вони можуть бути оснащені гальмами, наприклад – відцентрового типу. Можлива також установка на вітрових колесах генераторних блоків парами на обох бортах лобової поверхні надбудов судна, в яких один електрогенератор є резервним і вводиться в дію при перевищенні швидкості зустрічного потоку повітря за рахунок складення швидкості судна і швидкості зустрічного вітру. При цьому для резервного генераторного блока використовують роз'ємні муфти з дистанційним приводом введення їх в зачеплення.

Запропоновані системи вітрових електрогенераторів барабанного типу можуть бути виконані у будь-якій комбінації з розглянутих на фіг. 1-13.

Сукупність усіх наведених ознак вітрових електрогенераторів судна та способів їх установки в робоче положення, є технічними рішеннями, які пов'язані між собою і логічно витікають з одного варіанта виконання в інший, тому можуть бути представлені в одній заявці на заданий винахід. Вони є новими відносно відомого рівня техніки і є неочевидними технічними рішеннями, оскільки не витікають з цього рівня автоматично, Вони мають можливість промислової реалізації і використання, тому у сукупності відповідають усім вимогам для визнання даної заявки винаходом.

Приклад практичної реалізації запропонованих нових технічних рішень розглянутий для порому "Stena Jutlandica", показаного на фіг. 14. На лобовій поверхні його надбудов між ілюмінаторами можливе встановлення чотирьох блоків вітрових електрогенераторів з вітровими колесами барабанного типу, які встановлені в опорах і з'єднані муфтами у секції по чотири штуки, як це показано на фіг. 7, а між ними встановлені торцем до повітряного потоку генераторні блоки, оснащені обтічними ковпаками, як це показано на фіг. 12. При цьому

кількість встановлюваних електрогенераторів скорочується до чотирьох, що зменшує вартість системи. Вітрові колеса - барабанного типу, мають довжину 5 м, діаметр 1 м, з осьовим валом і шістьма суцільними гвинтовими лопатями з кутом їх нахилу 12° , з'єднані між собою муфтами і жорстко зв'язані з конічними зубчатими колесами генераторного блока та їх шестернями, що обертають електрогенератори.

При швидкості судна 20 вузлів забезпечується постійний зустрічний рух вітру, а при більшій його швидкості - обертання барабанів гальмується відцентровими гальмами, що забезпечує відносно постійні умови обертання в роботі електрогенераторів. Більш точне регулювання повинне здійснюватися додатковими засобами.

Розрахункова швидкість вітру від руху судна становить величину:

$$u_1 = 20(\text{вузлів}) \times 1853(\text{м/вузол}) / 3600(\text{с}) = 10,23(\text{м/с}). \quad (1)$$

Приймаємо $u_1 = 10$ м/с. Розрахункова лінійна швидкість обертання барабана складає величину $u_2 = \frac{1}{3} u_1 = 3,33$ м/с, тоді частота його обертання в хвилину становитиме:

$$n_6 = \frac{60 u_2}{\pi D} = \frac{60 \times 3,33}{\pi \times 1} = 63,7(\text{хв}^{-1}). \quad (2)$$

Оскільки для електрогенераторів доцільна висока частота обертання, яку в умовах використання одноступеневої конічної передачі приймемо рівною $n_r = 500 \text{ хв}^{-1}$, що потребує передавального відношення:

$$i_6 = \frac{n_r}{n_6} = \frac{500}{63,7} = 7,85.$$

Дане передавальне відношення знаходиться в діапазоні рекомендованих для ефективної роботи конічних передач.

При робочій площині перерізу лопаті барабана (4), і одночасній участі в роботі 2-х лопатей увігнуто-опуклої форми з кутом нахилу 12° , яка забезпечує к.к.д. $C_x = 0,259$, при статичному тиску повітря на поверхні моря $p = 0,1$ МПа, отримаємо енергетичний потенціал 1 вітрового генератора (5):

$$F = 0,5DL = 0,5 \times 1 \times 5 = 2,5(\text{м}^2), \quad (4)$$

$$E_{10} = 2FC_x \frac{\rho}{2} (u_1 - u_2)^2 u_2 = 2 \times 2,5 \times 0,259 \times \frac{0,1}{2} (10 - 3,3)^2 \times 3,3 = 9,59(\text{кДж}). \quad (5)$$

Оскільки даний енергетичний потенціал реалізовується кожну секунду, то він фактично є потужністю вітрового колеса:

$$N = E_{10} = 9,59 \text{ кВт}. \quad (6)$$

Оскільки в розробленій системі, кожний електрогенератор пов'язаний з чотирма вітровими колесами, тому його номінальна потужність становить:

$$N_r = 4N = 4 \times 9,59 \text{ кВт} = 38,37 \text{ кВт}. \quad (7)$$

Однак вихідна потужність зменшиться за рахунок к.к.д. передавальних механізмів і генерації електричного струму ротором, який у сумі становить величину $\eta = 0,75$. Тоді фактична потужність 1 електрогенератора становить:

$$N_{\Phi} = \eta N_r = 0,75 \times 38,37 \text{ кВт} = 28,8 \text{ кВт}. \quad (8)$$

Потужність, яку виробляють розміщені на лобовій поверхні судна 4 вітрові електрогенератори, становить:

$$\Sigma N_{\Phi} = 4 \times 28,8 \text{ кВт} = 115 \text{ кВт}. \quad (9)$$

Її достатньо для забезпечення побутових потреб екіпажу, в т.ч. роботи камбузу, кондиціонерів, холодильників, освітлення, TV та іншої побутової техніки в каютах, коридорах та інших приміщеннях судна.

При вартості 1-го запропонованого вітрового модуля з 4-х вітрових коліс і 1-го електрогенератора з конічним редуктором 10 тис. у.о, витратах на проектування системи 5 тис. у.о і витратах на їх установку на судні у 8 тис. у.о, додаткові капітальні витрати будуть складати:

$$K_d = 5 + 4 \times 10 + 8 = 53 \text{ тис. (у.о.)}. \quad (10)$$

Для вироблення 115 кВт електроенергії дизель-генератором з питомою витратою палива 0,2 кг/(кВт·годину), к.к.д. 0,75, річному робочому часі судна в ході 5000 годин і вартості палива 0,5 у.о. кг, витрати становлять:

$$B = 115 \times 0,2 \times 5000 \times 0,5 / 0,75 = 76,7 \text{ тис. у.о.} \quad (11)$$

Ця сума складає річний прибуток від використання запропонованої системи, тому строк її окупності становить:

$$T = 53(\text{тис. у.о.}) / 76,7(\text{тис. у.о./рік}) = 0,89 \text{ року або } 8,3 \text{ місяці}. \quad (12)$$

Оскільки запропоновані системи вітрил не мають складних елементів, тому можливе їх швидке проектування і промислове виготовлення.

Таким чином, запропоновані конструкції вітрових електрогенераторів є працездатними, відносно простими і надійними у роботі. Їх використання дає стабільну можливість вироблення електричного струму, що дає економічний ефект за рахунок відсутності витрат палива на його вироблення.

5 В даний час ведеться підготовка для виробництва таких систем на ВАТ "Херсонський судноремонтний завод імені М.В. Куйбишева", Україна, які будуть впроваджені на судах типу "Буг".

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

10 1. Спосіб установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу, який **відрізняється** тим, що для використання енергії зустрічного потоку повітря, утвореного рухом судна, вітрові колеса встановлюють на надбудовах судна, тільки у площині їх лобового опору цьому потоку, а для зменшення можливості відновлення напору повітряного потоку після сходу з цих вітрових
15 коліс, їх встановлюють на надбудовах на мінімально можливій відстані до цих лобових поверхонь.

2. Спосіб установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу за п. 1, який **відрізняється** тим, що для зменшення дії напору повітря на лобову поверхню надбудов судна, на ній встановлюють вітрові колеса, які мають робочі поверхні лопатей суцільної форми від їх
20 зовнішнього діаметра до осі для їх закріплення, а самі колеса встановлюють паралельно одне до одного з максимально можливим або повним перекриттям лобової поверхні, на якій їх встановлюють.

3. Спосіб установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу за п. 1, який **відрізняється** тим, що для зменшення дії напору повітря на лобову поверхню надбудов судна, на ній встановлюють вітрові колеса, які мають робочі поверхні лопатей суцільної форми,
25 кількість з яких збільшують, для максимально можливого перекриття ними лобових поверхонь надбудов на всіх фазах повороту лопатей повітряним потоком, згідно з залежністю:

$$1 - \cos \frac{\alpha}{2} < 0,001 \dots 0,2,$$

де α - кутовий крок установки лопатей: $\alpha = \frac{2\pi}{z}$.

30 4. Спосіб установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу за п. 1, який **відрізняється** тим, що для повного використання дії напору повітря на лобову поверхню надбудов судна, в просторі між зовнішніми діаметрами пар паралельних вітрових коліс, які є головними, і поверхнею надбудови під ними, встановлюють проміжні вітрові колеса зменшеного діаметра, з максимально можливим перекриттям ними лобової поверхні надбудови, при цьому
35 напрямком обертання головних і проміжних вітрових коліс вибирають протилежним, за рахунок протилежного напрямку установки увігнутих і опуклих лопатей.

5. Спосіб установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу за п. 1, який **відрізняється** тим, що для поліпшення відводу повітряного потоку з лопатей вітрового колеса, їх виконують гвинтовими з напрямом витків, який відводить цей потік на правий, і/або на лівий
40 борт судна, а для спрощення конструкцій таких вітрових систем, вітрові колеса встановлюють на окремі секції правого і лівого бортів судна.

6. Спосіб установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу за п. 1, який **відрізняється** тим, що для зменшення прогину осі вітрових коліс, їх довжину зменшують і встановлюють на проміжні додаткові опори, а між собою ці осі з'єднують єднальними муфтами.

45 7. Спосіб установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу за пп. 1 і 6, який **відрізняється** тим, що для збільшення площі контакту повітряного потоку з лопатями вітрових коліс, генераторні блоки виконують з одного боку для з'єднаної муфтами низки вітрових коліс, а їх встановлюють у шаховому порядку паралельними рядами між собою.

8. Спосіб установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу за пп. 1 і 6, який **відрізняється** тим, що для створення додаткового тиску на спільну пару правого і лівого
50 співвісних вітрових коліс, їх виконують гвинтовими з напрямом витків, і встановлюють направленими назустріч один одному, а вихідні торці цих парних лопатей встановлюють в одній площині в однаковому положенні, з мінімально можливим зазором між цими торцями.

9. Спосіб установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу за пп. 1 і 6, який **відрізняється** тим, що для огинання лобових поверхонь криволінійної форми, вітрові колеса зменшують до довжини, яка формує кут перерізу їх осей в межах допуску на кутові відхилення
55 для єднальних муфт.

10. Спосіб установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу за пп. 1 і 6, який **відрізняється** тим, що для огинання лобових поверхонь криволінійної форми, вітрові колеса зменшують до довжини, яка формує кут перерізу їх осей в межах від 1 до 45°, для з'єднання їх карданною передачею.

5 11. Спосіб установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу за пп. 1 і 6, який **відрізняється** тим, що для спрощення доступу до з'єднаних з вітровими колесами генераторних блоків з електрогенераторами, останні встановлюють на бортових кінцівках лобового перерізу надбудов.

10 12. Спосіб установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу за пп. 1 і 6, який **відрізняється** тим, що для збільшення довжини перерізу вітрових коліс з потоком повітря, генераторні блоки з електрогенераторами, у яких вали роторів з'єднані з осями вітрових коліс ланцюговими або пасковими передачами, встановлюють на лобовому перерізі надбудов паралельно осі вітрових коліс і розміщують їх у просторі між зовнішнім діаметром цих коліс і поверхнею надбудов.

15 13. Спосіб установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу за пп. 1 і 6, який **відрізняється** тим, що для збільшення довжини перерізу вітрових коліс з потоком повітря, генераторні блоки з електрогенераторами, у яких вали роторів з'єднані з осями вітрових коліс циліндричними зубчастими, передачами, встановлюють на лобовому перерізі надбудов паралельно осі вітрових коліс і розміщують їх у просторі між зовнішнім діаметром цих коліс і поверхнею надбудов, а провідне зубчасте колесо збільшують до діаметра вітрового колеса, жорстко з'єднують з ним і використовують його як маховик для вирівнювання частоти обертання вітрового колеса при поривах повітряного потоку.

20 14. Спосіб установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу за пп. 1 і 6, який **відрізняється** тим, що для збільшення довжини перерізу вітрових коліс з потоком повітря, генераторні блоки з електрогенераторами, у яких вали роторів з'єднані з осями вітрових коліс циліндричними зубчастими, передачами, встановлюють на лобовому перерізі надбудов паралельно осі вітрових коліс і розміщують їх у просторі між зовнішнім діаметром цих коліс і поверхнею надбудов, а для зменшення габаритів передачі, між провідним зубчастим колесом і веденою шестірнею на проміжній осі, яка закріплена на спільному з цими колесами водилі, встановлюють з можливістю вільного обертання паразитні шестерні.

25 15. Спосіб установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу за пп. 1 і 6, який **відрізняється** тим, що для збільшення довжини перерізу вітрових коліс з потоком повітря, генераторні блоки з електрогенераторами, у яких вали роторів з'єднані з осями вітрових коліс циліндричними зубчастими передачами, встановлюють на лобовому перерізі надбудов паралельно осі вітрових коліс і розміщують їх у просторі між зовнішнім діаметром цих коліс і поверхнею надбудов, а для збільшення частоти обертання ротора, між його веденою шестірнею і провідним зубчастим колесом на проміжній осі, яка закріплена на спільному з цими колесами водилі, встановлюють з можливістю вільного обертання блоки здвоєних зубчастих коліс різного діаметра.

40 16. Спосіб установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу за пп. 1 і 6, який **відрізняється** тим, що для зменшення опору зустрічному потоку повітря, вітрові колеса передають обертання електрогенераторам через конічні зубчасті передачі, у яких провідні конічні колеса з'єднані з осями вітрових коліс і введені в зачеплення з конічними шестернями, закріпленими на валах роторів електрогенераторів, а їх розміщують у генераторних блоках, які встановлюють на лобовому перерізі надбудов торцем до повітряного потоку і оснащують їх обтічними ковпаками.

45 17. Спосіб установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу за пп. 1 і 6, який **відрізняється** тим, що для зменшення опору зустрічному потоку повітря, генераторні блоки, в яких електрогенератори з'єднані з осями вітрових коліс конічними зубчастими передачами, встановлюють на бортах лобового перерізу надбудов торцем до повітряного потоку і оснащують їх обтічними ковпаками.

50 18. Спосіб установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу за пп. 1 і 6, який **відрізняється** тим, що для зменшення опору зустрічному потоку повітря і зменшення кількості генераторних блоків, вітрові колеса з конічними колесами на кінцях їх осей встановлюють парами назустріч одне одному і вводять в зачеплення зі спільною конічною шестірнею, закріпленою на валу ротора електрогенератора, а генераторний блок встановлюють між вітровими колесами в середній частині лобового перерізу надбудов торцем до повітряного потоку і оснащують його обтічним ковпаком, при цьому увігнуто-опуклу форму лопатей на спарених вітрових колесах виконують протилежними, для забезпечення їм протилежного напрямку обертання.

19. Спосіб установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу за пп. 1 і 6, який **відрізняється** тим, що для зменшення опору зустрічному потоку повітря, генераторні блоки, в яких електрогенератори з'єднані з осями вітрових коліс конічними зубчастими передачами, встановлюють на лобовому перерізі надбудов торцем до повітряного потоку і оснащують їх обтічними ковпаками, а для компенсації різниці частоти обертання вітрових коліс з конічними колесами на кінцях їх осей у спільній парі, їх встановлюють назустріч одне одному і вводять ці конічні колеса в зачеплення зі своїми конічними шестернями, які встановлюють на входних валах диференційного редуктора, вихідний вал якого з'єднують з валом ротора електрогенератора.
20. Спосіб установки на судні систем вітрових генераторів барабанного типу за пп. 1 і 6, який **відрізняється** тим, що для використання додаткової енергії зустрічного потоку повітря за рахунок складання швидкості судна зі швидкістю зустрічного вітру, на вітрових колесах і на їх низках генераторні блоки встановлюють парами на обох бортах лобової поверхні надбудов судна, в яких один електрогенератор виконують резервним і вводять його в дію при перевищенні швидкості зустрічного потоку повітря, а для резервного генераторного блока виконують роз'ємні муфти з дистанційним приводом введення їх в зачеплення.

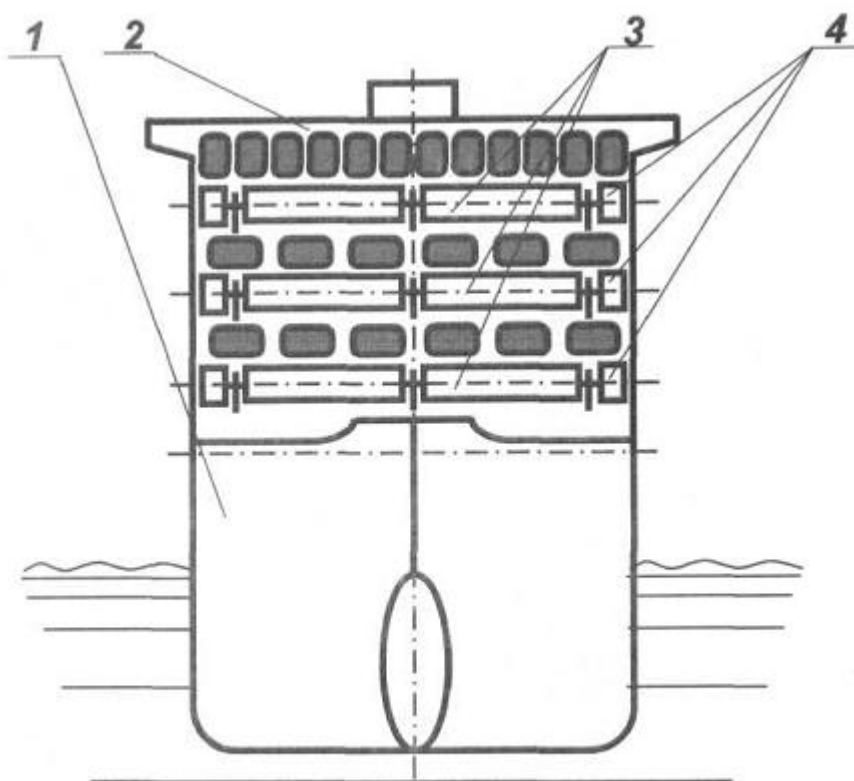
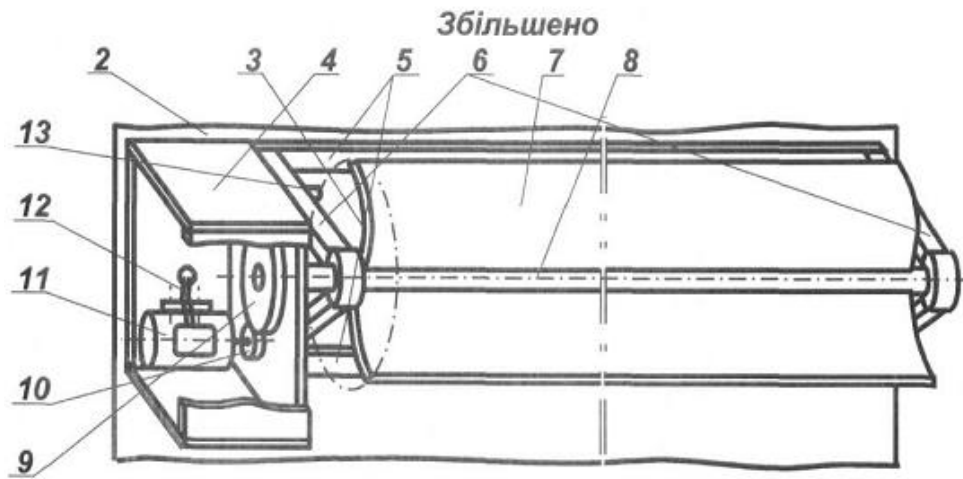
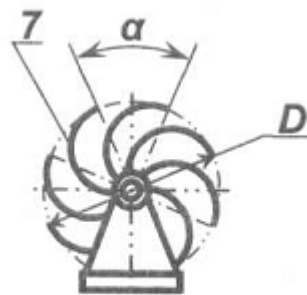


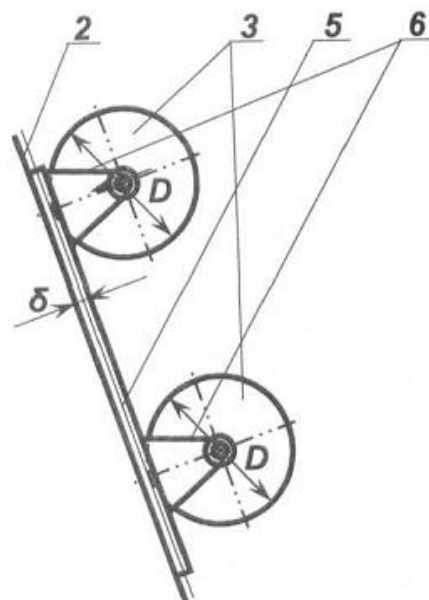
Fig. 1



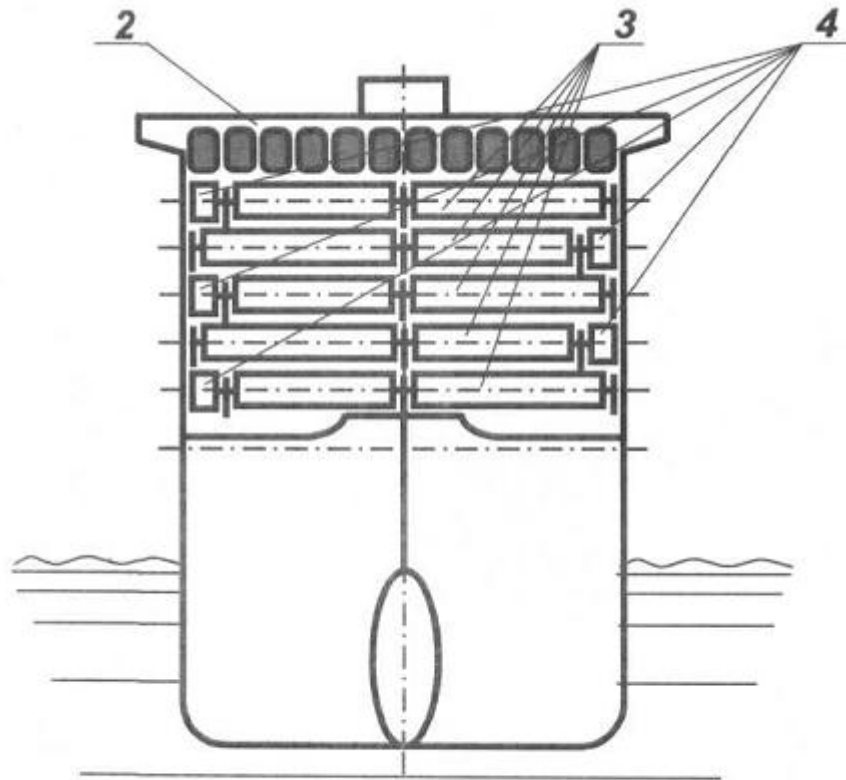
Фиг. 2



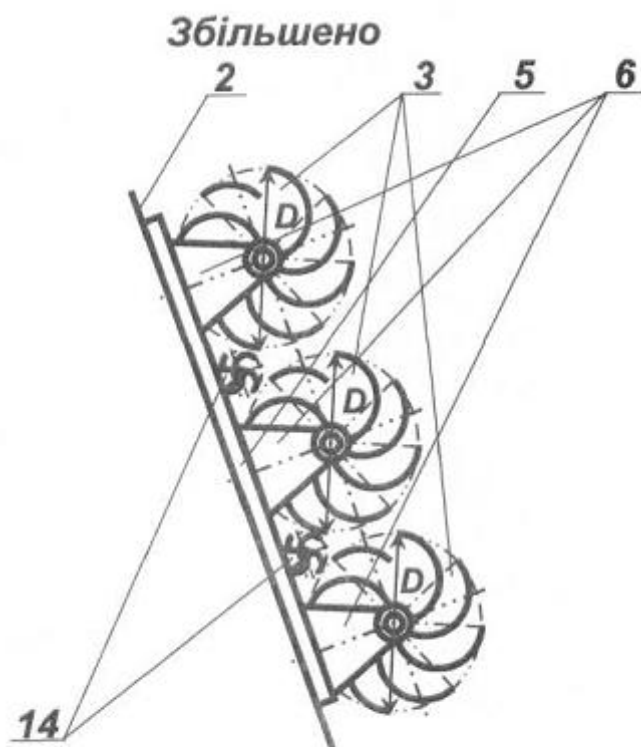
Фиг. 3



Фиг. 4

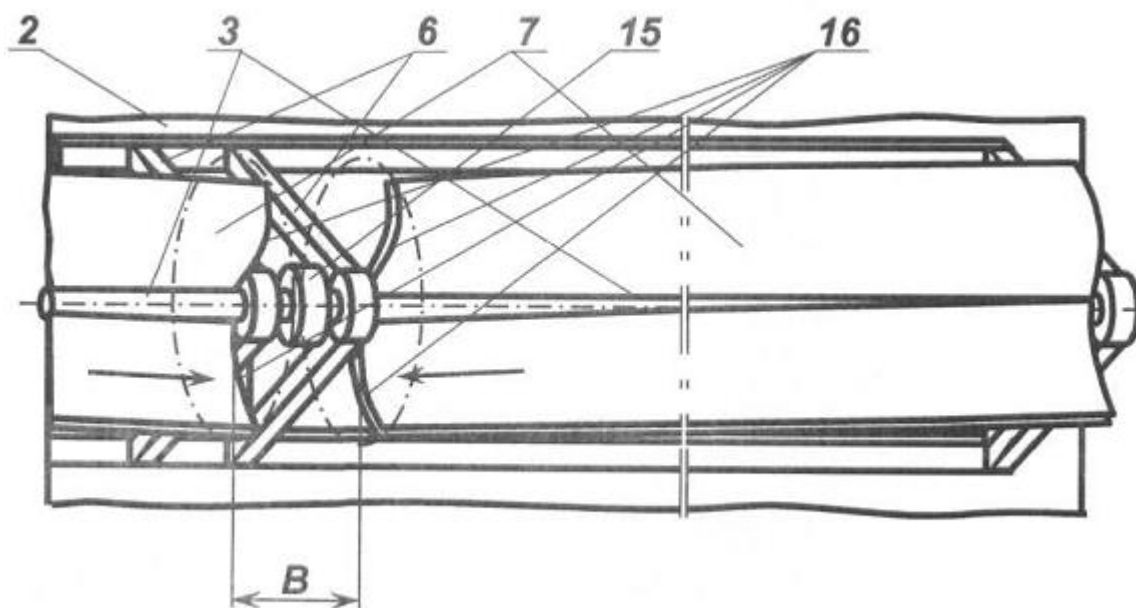


Фиг. 5



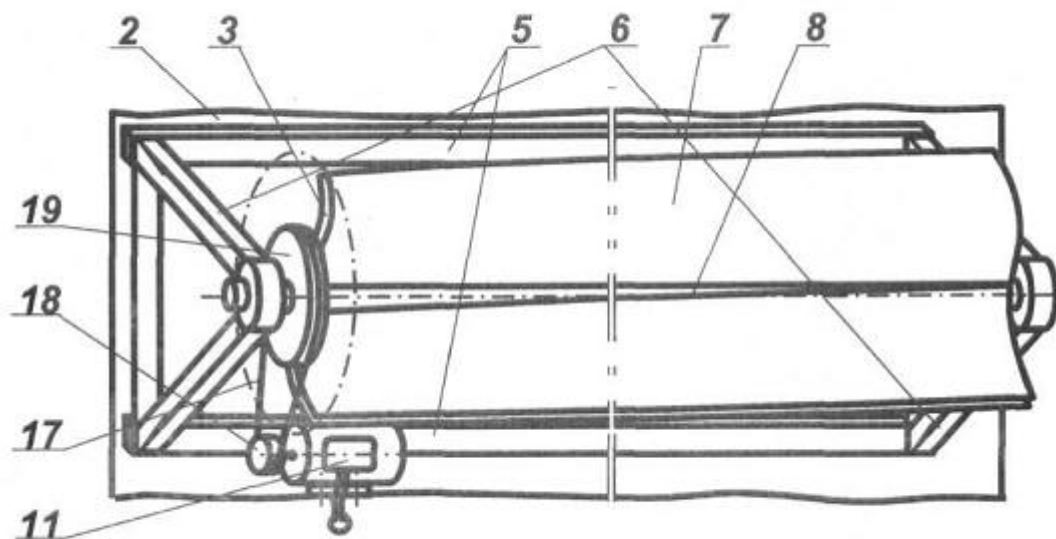
Фиг. 6

Збільшено

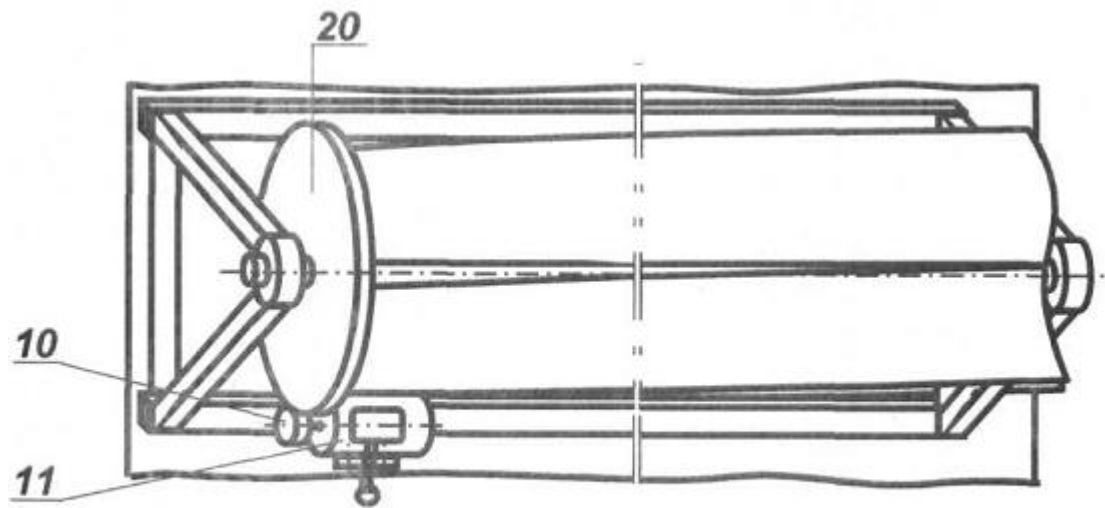


Фиг. 7

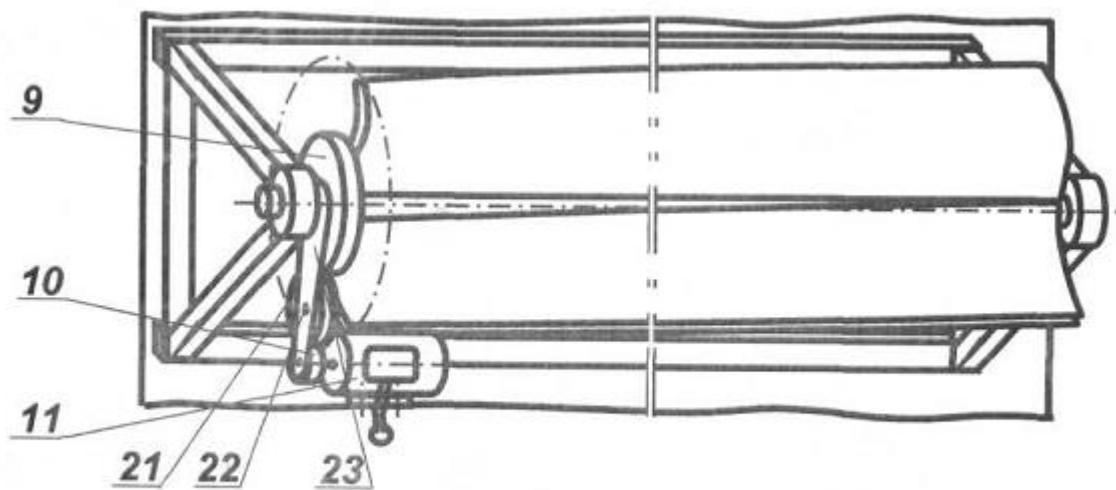
Збільшено



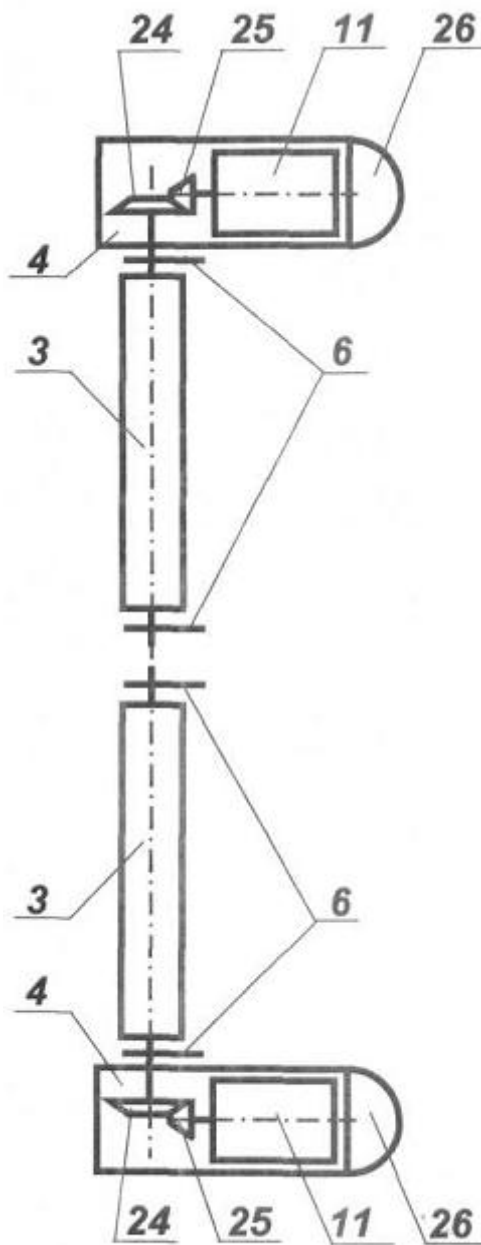
Фиг. 8



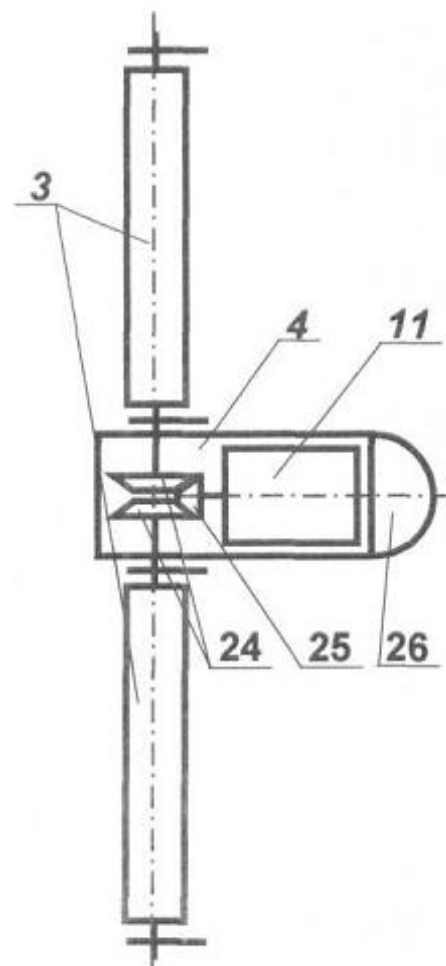
Фиг. 9



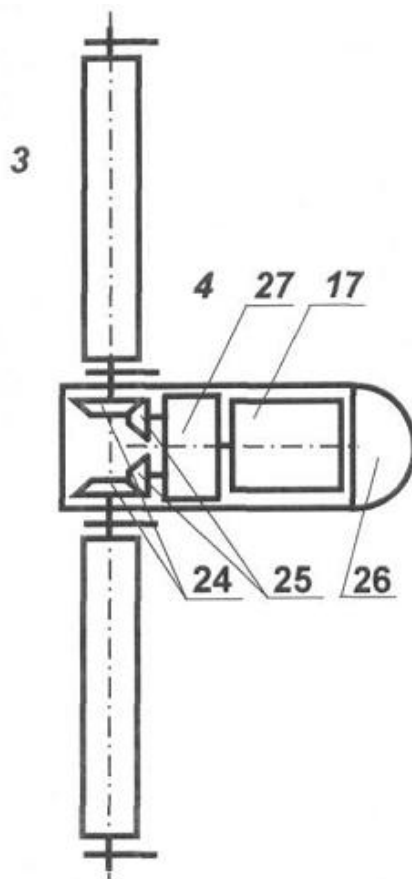
Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13



Фиг. 14

Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601