



УКРАЇНА

(19) UA (11) 14940 (13) A(51) 6 В 63 Н 1/36ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДбез проведення експертизи по суті
на підставі Постанови Верховної Ради України
№ 3769-XII від 23.XII. 1993 рПублікується
в редакції заявника

(54) СПОСІБ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ СУДОВОГО ПЛАВЦЕВОГО РУШІЯ

1

(21) 96073002
(22) 25.07.96
(24) 04.03.97
(46) 30.06.97. Бюл. № 3
(47) 04.03.97(56) 1. Авторское свидетельство СССР
№ 1516424, МКИ В 63 Н (Способ регулиро-
вания тяги судового машущего движителя)
А.А. Афонин, А.М.Бурденко, В.Н.Глушко и
др. // Открытия. Изобрет. - 1989. - № 39. -
С.25. - прототип.2. Довгий С.А., Шеховцов А.Б. Опти-
мальные режимы работы крыльцевого движи-
теля с двумя степенями свободы - Киев,
1995. - 36 с. - (Деп. рук. / ИГМ НАН Украи-
ны, ГНТБ Украины 06.07.95.; № 1695 - Ук.
95).3. Гребешов Э.П., Коврижных Л.Д. Про-
пульсивные характеристики крыла-движи-
теля, работающего вблизи экранирующих
поверхностей // Тр. ЦАГИ. - 1983. - Вып.
2211. - С. 6-20.(72) Шеховцов Александр Владимирович,
Довгий Станіслав Олексійович, Каян Воло-
димир Павлович(73) Інститут прикладних проблем та техно-
логій Академії технологічних наук України
(UA)(57) Способ оптимизации работы судового
плавникового движителя, основанный на
изменении угловой амплитуды колебаний
крыла в зависимости от относительной ско-

2

рости крыла, отличающийся тем, что
величину линейной амплитуды колебаний
крыла задают по крайней мере больше дли-
ны хорды крыла, а угловую амплитуду зада-
ют в соответствии с зависимостью

$$\theta = (\frac{\alpha_{кр}^2}{60} - 1.6 \alpha_{кр} + 50) / \lambda_p,$$

при величине относительной скорости, на-
ходящейся в интервале от $\lambda_p = 1 - \frac{\alpha_{кр}}{50}$ до
 $\lambda_p = 2.54 - 1.28 \lg \alpha_{кр}$, в соответствии с зависи-
мостью

$$\theta = \arctg \frac{1}{\lambda_p} - \alpha_{кр}$$

при величине относительной скорости, нахо-
дящейся в интервале от $\lambda_p = 2.54 - 1.28 \lg \alpha_{кр}$
до $\lambda_p = (\frac{45}{\alpha_{кр}})^{1.2}$, и равной нулю при величине
относительной скорости λ_p большей $(\frac{45}{\alpha_{кр}})^{1.2}$,
где θ [град] - угловая амплитуда колебаний
крыла; $\alpha_{кр}$ [град] - критический угол атаки кры-
ла при стационарном обтекании; $\lambda_p = \frac{U}{2 \pi \nu A}$ [-] - относительная скорость
крыла;U [м/с] - поступательная скорость дви-
жения судна; ν [1/с] - частота колебаний крыла;A [м] - линейная амплитуда колебаний
крыла.(19) UA (11) 14940 (13) A

Изобретение относится к области судостроения, в частности к плавниковым движителям с рабочим органом в виде жесткого крыла, совершающего синусоидальные вращательно-поступательные колебания.

Известен принятый в качестве аналога "Способ регулирования тяги судового машущего движителя" [1], в котором рабочему органу машущего движителя, выполненному в виде жесткого прямоугольного крыла с хордой профиля b [м] и установленного на транспортном средстве, задают синусоидальные поступательные колебания перпендикулярно передней кромке крыла с линейной амплитудой A [м] и частотой ν [1/с], а также вращательные относительно нее же с угловой амплитудой θ [град] и той же частотой, причем вращательные колебания осуществляют относительно поступательных со сдвигом по фазе на $\delta = -90^\circ$. С целью обеспечения максимальной тяги движителя с помощью приводного механизма и системы управления крылу задают угловую амплитуду колебаний в зависимости от безразмерной линейной амплитуды колебаний $a = A/b$ и от относительной скорости крыла $\lambda_p = U/(2\pi\nu A)$, где U [м/с] – поступательная скорость движения судна, в соответствии с формулой:

$$\theta = (6a - 30) \lg \left(\frac{\pi}{2} \lambda_p \right) + (22 - 6a),$$

в которой величина безразмерной линейной амплитуды a лежит в пределах 0,1–1,0. Одновременно, с помощью специальных датчиков, контролируют величины параметров A , ν и U , и в случае изменения во время работы машущего движителя какой-нибудь из них, производят корректировку величины θ , чтобы она всегда удовлетворяла приведенному соотношению (СССР, а.с. № 1516424, кл. В 63 Н 1/36, 1989 г.).

Указанное изобретение выбрано в качестве прототипа заявляемого изобретения.

Недостатками указанного "Способа" является, во-первых, то, что оптимизационная зависимость, на которой он основан, была построена при отсутствии контроля за максимальным мгновенным углом атаки α_{\max} [град] на крыле, что для малых значений относительной скорости может приводить к внезапному ухудшению режима обтекания крыла, а для остальных значений λ_p не будет обеспечиваться максимально эффективный режим работы движителя [2]. Во-вторых, "Способ" действует для некоторого ограниченного интервала значений величины безразмерной линейной амплитуды a , в то время, как оптимизация с учетом всех независимых параметров, определяющих вра-

щательно-поступательное движение крыла дает другой оптимальный интервал для a [2]. Кроме этого, при задании направлений поступательного и вращательного колебаний крыла указанным "Способом" допускаются неоднозначности.

В заявляемом изобретении вместо термина "машущий движитель" используется термин "плавниковый движитель", так как это более точно отражает принцип, на котором основана работа движителя.

Задача, решаемая данным изобретением – повышение эффективности работы судового плавникового движителя путем обеспечения его максимальной тяги на всем доступном диапазоне значений относительной скорости крыла при осуществлении контроля за максимальным мгновенным углом атаки.

Поставленная задача решается тем, что в способе оптимизации работы судового плавникового движителя, основанного на изменении угловой амплитуды колебаний крыла в зависимости от относительной скорости крыла, согласно изобретению, величину линейной амплитуды колебаний крыла задают по крайней мере больше длины хорды крыла, а угловую амплитуду задают в соответствии с зависимостью

$$\theta = \left(\frac{\alpha_{кр}^2}{60} - 1,6 \alpha_{кр} + 50 \right) / \lambda_p$$

при величине относительной скорости, находящейся в интервале от $\lambda_p = 1 - \frac{\alpha_{кр}}{50}$ до $\lambda_p = 2,54 - 1,28 \lg \alpha_{кр}$, в соответствии с зависимостью

$$\theta = \arctg \frac{1}{\lambda_p} - \alpha_{кр}$$

при величине относительной скорости, находящейся в интервале от $\lambda_p = 2,54 - 1,28 \lg \alpha_{кр}$ до $\lambda_p = \left(\frac{45}{\alpha_{кр}} \right)^{1,2}$, и равной нулю при величине относительной скорости λ_p больше $(45/\alpha_{кр})^{1,2}$, где $\alpha_{кр}$ [град] – критический угол атаки крыла при стационарном обтекании.

Способ поясняется графиками, приведенными на фиг.1 и 2.

На фиг.1 показана зависимость безразмерного коэффициента тяги $K_t = F/(S\rho W^2/2)$ (где F – тяга крыла, ρ – плотность среды; S – площадь крыла; $W = \sqrt{1 + (a 2\pi\nu)^2}$ – максимальная скорость перемещения оси вращения крыла) от относительной скорости крыла, когда ось вращения крыла совмещена с его передней кромкой, при значении фазового сдвига между вращательными и поступательными колебаниями $\delta = -90^\circ$, значении безразмерной линейной амплитуды колебаний $a = 1$ и значениях максимально-

го мгновенного угла атаки крыла $\alpha_{\max}^* = 5^\circ$ (кривая 1), 15° (кривая 2), 25° (кривая 3), 35° (кривая 4). Штриховая линия — огибающая семейства кривых $K_T(\lambda_p, \alpha_{\max}^*)$, соединяющая предельные точки, в которых величина угловой амплитуды становится равной нулю, а величина коэффициента тяги — максимальной.

На фиг. 2 показано семейство кривых $\theta(\lambda_p, \alpha_{\max}^*)$ (линии 1–4) при тех же значениях независимых параметров, что и на фиг. 1. Каждая из кривых данного семейства определяет такие значения $\theta(\lambda_p)$ для некоторого фиксированного значения максимального мгновенного угла атаки α_{\max}^* , при которых будет достигаться максимум тяги. Нижней границей по λ_p для этого семейства является штриховая кривая 1', а верхней — линия 5. Штриховая кривая 2' разбивает каждую кривую семейства $\theta(\lambda_p, \alpha_{\max}^*)$ на две, которые описываются различными аналитическими зависимостями. Линия 5 определяет значения $\theta = 0$ для всех значений максимального мгновенного угла α_{\max}^* меньших α_{\max}^* (что соответствует значениям относительной скорости λ_p больше $(45/\alpha_{\max}^*)^{1,2}$), при которых величины коэффициента тяги будут максимальными, так как она соответствует огибающей кривой фиг. 1.

Аналитическое представление кривых 1–4, приведенных на фиг. 2, имеет вид:

$$\theta = \left(\frac{\alpha_{\max}^*}{60} - 1,6 \alpha_{\max}^* + 50 \right) / \lambda_p$$

при величине относительной скорости, находящейся в интервале от $\lambda_p = 1 - \alpha_{\max}^*/50$ (кривая 1') до $\lambda_p = 2,54 - 1,28 \lg \alpha_{\max}^*$ (кривая 2') и

$$\theta = \arctg \frac{1}{\lambda_p} - \alpha_{\max}^*$$

при величине относительной скорости, находящейся в интервале от $\lambda_p = 2,54 - 1,28 \lg$

α_{\max}^* (кривая 2') до $\lambda_p = \left(\frac{45}{\alpha_{\max}^*} \right)^{1,2}$ (линия 5).

Вращательно-поступательные колебания крыла в безграничной жидкости определяются пятью независимыми параметрами: положением оси вращения крыла D , линейной амплитудой колебаний крыла A , угловой амплитудой колебаний крыла θ , фазовым сдвигом между вращательными и поступательными колебаниями δ , частотой колебаний крыла ν .

Однако, для изучения поведения пропульсивных характеристик крыла (тяги и КПД) при фиксированном максимальном мгновенном угле атаки, удобно основываться на следующих пяти независимых пара-

метрах: безразмерном положении оси вращения крыла $d = D/b$, безразмерной линейной амплитуде колебаний крыла a , фазовом сдвиге между вращательными и поступательными колебаниями δ , относительной скорости крыла λ_p , максимальном мгновенном угле атаки крыла α_{\max}^* [2].

В [2] показано, что при $\alpha_{\max}^* = \text{const}$ оптимальное (для тяги и КПД) положение оси вращения находится на передней кромке крыла ($d=0$), оптимальный фазовый сдвиг $\delta = 90^\circ$, оптимальные значения линейной амплитуды колебаний крыла должны быть, по возможности, наибольшие, но не меньше длины хорды крыла. Там же показано, что при $d=0$ и $\delta = 90^\circ$ угловая амплитуда колебаний крыла θ зависит лишь от относительной скорости крыла λ_p и максимального мгновенного угла атаки крыла α_{\max}^* и не зависит от амплитуды a , то есть $\theta = \theta(\lambda_p, \alpha_{\max}^*)$.

Известно (3), что критический угол атаки колеблющегося крыла (при котором возникает отрывной режим обтекания, что приводит к понижению значений пропульсивных характеристик крыла) превосходит критический угол атаки $\alpha_{кр}$ того крыла при его стационарном обтекании. Поэтому, определив в качестве максимального мгновенного угла атаки крыла его критический угол атаки при стационарном обтекании ($\alpha_{\max}^* = \alpha_{кр}$), на крыле всегда будет реализовываться только режим безотрывного обтекания, причем при докритических углах атаки, что и обеспечивает при указанной выше совокупности оптимальных значений остальных параметров максимум силы тяги для всех доступных значений относительной скорости крыла [2].

Способ осуществляют следующим образом.

Рабочему органу плавникового движителя, выполненному в виде жесткого прямоугольного крыла и установленного на транспортном средстве задают синусоидальные поступательные колебания с линейной амплитудой A и частотой ν вдоль оси, перпендикулярной передней кромке крыла и направлению поступательного движения судна, а также вращательные колебания относительно передней кромки крыла с угловой амплитудой θ и с той же частотой. При этом вращательные колебания осуществляют относительно поступательных со сдвигом по фазе на -90° , если при движении судна с точки зрения внешнего наблюдателя справа налево, положительный отсчет угловой амплитуды производить против часовой стрелки.

Величину линейной амплитуды колебаний крыла задают по крайней мере больше длины хорды крыла.

Величину максимального мгновенного угла атаки крыла задают равной величине критического угла атаки крыла, используемого в движителе при его стационарном обтекании, то есть, $\alpha_{\text{max}}^* = \alpha_{\text{кр}}$.

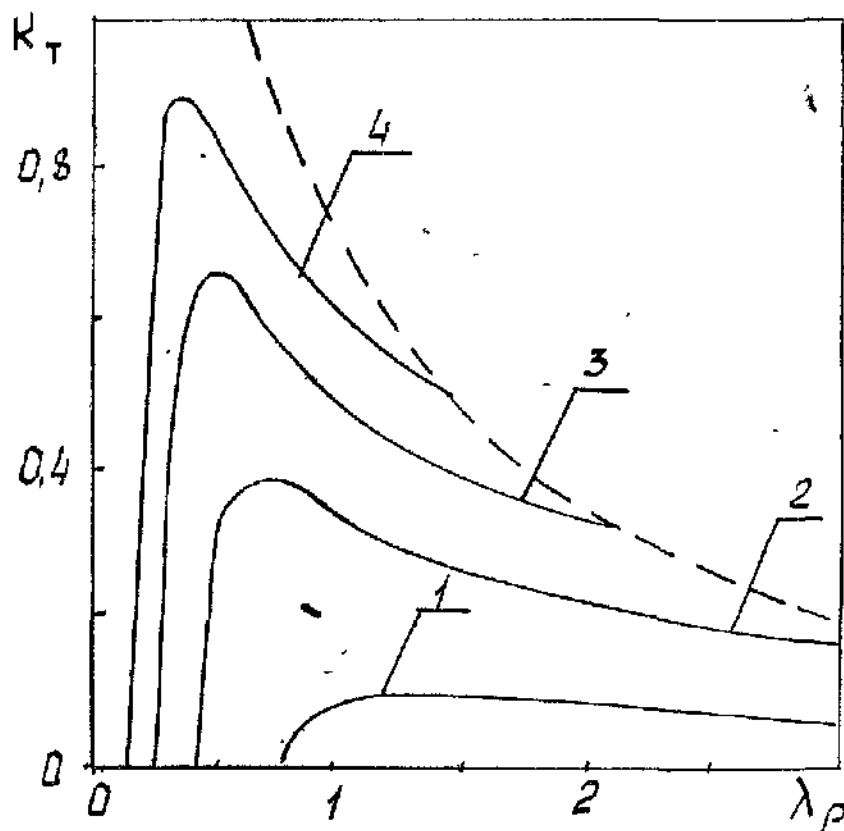
Осуществляя постоянный контроль за величиной относительной скорости крыла λ_p при движении судна, с помощью микропроцессорного устройства и автоматизированной системы управления приводом плавникового движителя, угловую амплитуду колебаний крыла задают в соответствии с зависимостью

$$\theta = (\frac{\alpha_{\text{кр}}^2}{60} - 1,6 \alpha_{\text{кр}} + 50) / \lambda_p$$

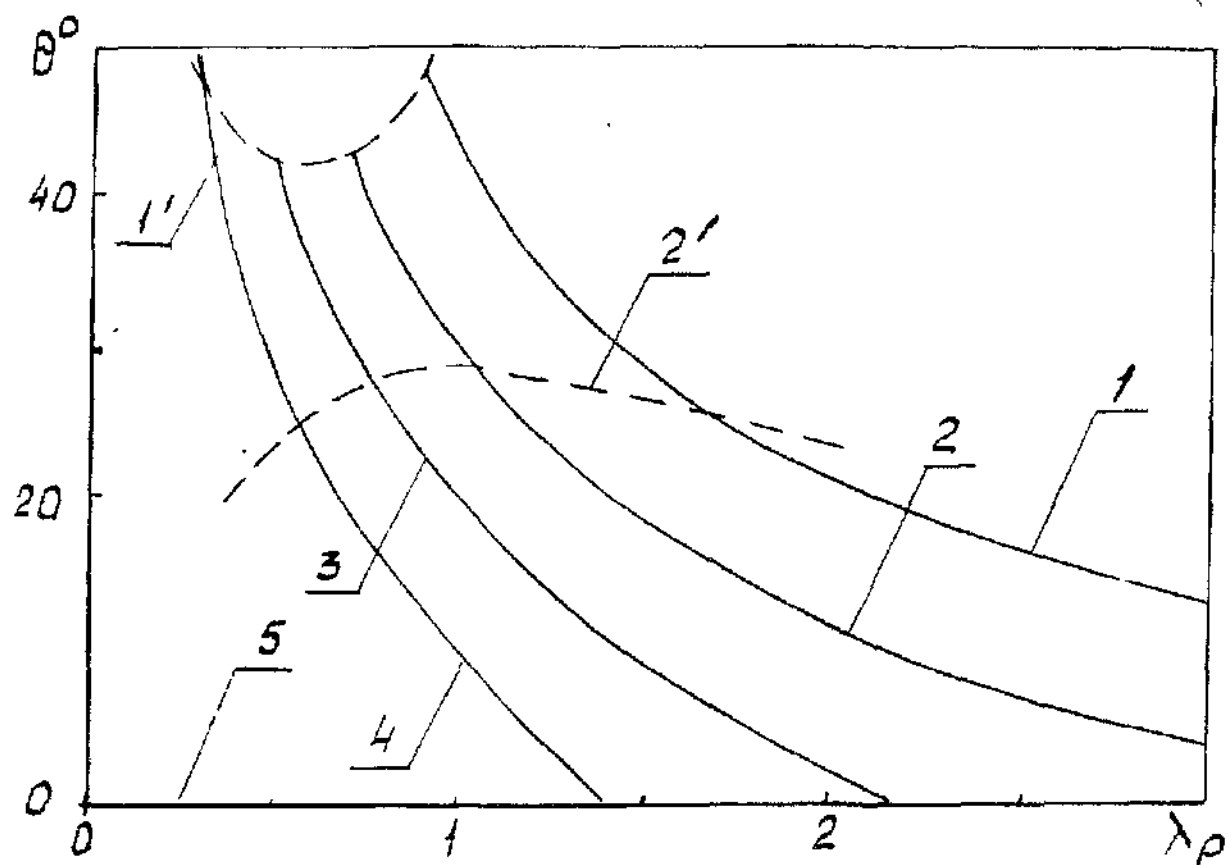
при величине относительной скорости, находящейся в интервале от $\lambda_p = 1 - \frac{\alpha_{\text{кр}}}{50}$ до $\lambda_p = 2,54 - 1,28 \lg \alpha_{\text{кр}}$, в соответствии с зависимостью

$$\theta = \arctg \frac{1}{\lambda_p} - \alpha_{\text{кр}}$$

при величине относительной скорости, находящейся в интервале от $\lambda_p = 2,54 - 1,28 \lg \alpha_{\text{кр}}$ до $\lambda_p = (\frac{45}{\alpha_{\text{кр}}})^{1,2}$ и равной нулю при величине относительной скорости λ_p больше $(\frac{45}{\alpha_{\text{кр}}})^{1,2}$, где $\alpha_{\text{кр}}$ [град] – критический угол атаки крыла при стационарном обтекании.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

Упорядник

Техред М.Моргентал

Коректор О. Кравцова

Замовлення 4158

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101

