



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 176 609** <sup>(13)</sup> **C2**  
(51) МПК<sup>7</sup> **B 63 B 1/24, B 63 H 11/08**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 99113220/28, 21.06.1999

(24) Дата начала действия патента: 21.06.1999

(46) Дата публикации: 10.12.2001

(56) Ссылки: GB 1202228 A, 12.08.1970. RU 2006413 C1, 30.01.1994. US 5601047 A, 11.02.1997. SU 515685 A, 09.08.1976.

(98) Адрес для переписки:  
141100, Московская обл., г.Щелково-3,  
ул.Дачная, 14/1, кв.1, Е.Н.Бойцову

(71) Заявитель:  
Бойцов Евгений Николаевич

(72) Изобретатель: Бойцов Е.Н.

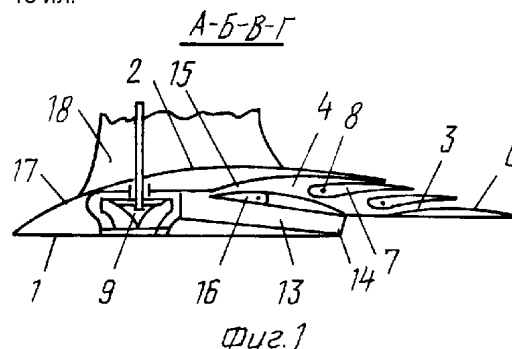
(73) Патентообладатель:  
Бойцов Евгений Николаевич

(54) **АКТИВНОЕ ПОДВОДНОЕ КРЫЛО**

(57)

Изобретение относится к судостроению и касается создания активных подводных крыльев, имеющих водометный движитель. Подводное крыло представляет собой тело обтекаемой формы с верхней засасывающей поверхностью в виде системы щелевых сопел. Внутри корпуса крыла размещен гидравлический нагнетатель. Выпускной водопроточный канал нагнетателя оканчивается соплом водометного движителя. Водопроточный канал гидравлического нагнетателя характерен тем, что он имеет ответвление. Щелевые сопла, предназначенные для управления пограничным слоем, гидравлически связаны с ответвлением водопроточного канала гидравлического нагнетателя. Направляющие щелевых сопел целесообразно выполнять с возможностью поворота вокруг горизонтальных осей. Сечения срезов щелевых сопел могут быть выполнены переменными вдоль размаха подводного

крыла. Технический результат изобретения заключается в снижении энергетических затрат при работе крыла и соответственно на движение судна, оснащенного описываемым подводным крылом, при создании повышенной подъемной силы и сохранении высокого гидродинамического качества в широком диапазоне изменения характеристик движения судна с таким подводным крылом. 2 з.п. ф-лы, 13 ил.



RU 2 176 609 C2

RU 2 176 609 C2



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 176 609** <sup>(13)</sup> **C2**  
 (51) Int. Cl.<sup>7</sup> **B 63 B 1/24, B 63 H 11/08**

RUSSIAN AGENCY  
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 99113220/28, 21.06.1999  
 (24) Effective date for property rights: 21.06.1999  
 (46) Date of publication: 10.12.2001  
 (98) Mail address:  
 141100, Moskovskaja obl., g.Shchelkovo-3,  
 ul.Dachnaja, 14/1, kv.1, E.N.Bojtsovu

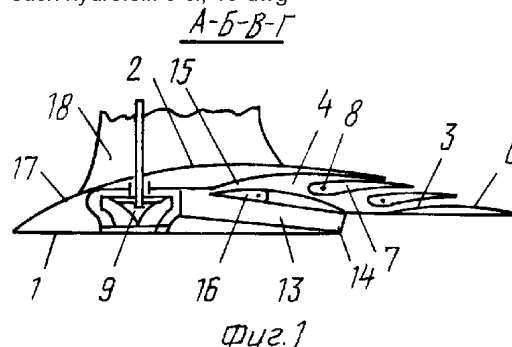
(71) Applicant:  
 Bojtsov Evgenij Nikolaevich  
 (72) Inventor: Bojtsov E.N.  
 (73) Proprietor:  
 Bojtsov Evgenij Nikolaevich

(54) **ACTIVE HYDROFOIL**

(57) Abstract:

FIELD: shipbuilding; manufacture of active hydrofoils provided with water-jet propellers. SUBSTANCE: hydrofoil is streamlined body having upper suction surface in form of slotted nozzles. Hydraulic supercharger is arranged inside hydrofoil body. Outlet water passage of supercharger terminates in nozzle of water-jet propeller. Water passage of hydraulic supercharger is provided with branches. Slotted nozzles designed for control of boundary layer are hydraulically connected with branches of water passage of hydraulic supercharger. Guide of slotted nozzles are rotatable around horizontal axes. Sections of slotted nozzle shears may be made varying along hydrofoil span.

EFFECT: reduced power requirements at increased lift force and retained high hydrodynamic property in wide range of ship's motion characteristics equipment with such hydrofoil. 3 cl, 13 dwg



RU 2 176 609 C2

RU 2 176 609 C2

Изобретение относится к судостроению, а именно к крыльевым устройствам судов на подводных крыльях.

Известны конструкции подводных крыльев, в которых увеличение подъемной силы обеспечивается управлением пограничным слоем потока с помощью струйного закрылка [1] или путем подачи сжатого воздуха на верхнюю засасывающую поверхность через систему каналов и отверстий [2].

Известно также подводное крыло [3], содержащее тело обтекаемой формы с непрерывной нагнетательной поверхностью и выпуклой засасывающей поверхностью с системой щелевых сопел, гидравлически связанных с полостью внутри крыла, соединенной каналами в стойках с гидравлическим нагнетателем. При подаче жидкости через щелевые сопла на верхней поверхности крыла создается высокоскоростной поток, направленный по касательной к поверхности крыла, что обеспечивает безотрывное обтекание крыла и повышает его гидродинамическое качество.

Данное устройство, принятое нами за прототип, имеет недостаток, обусловленный тем, что гидравлический нагнетатель размещен внутри корпуса судна, принятая в нем компоновка узлов ведет к неизбежным затратам энергии как на подъем воды в нагнетатель, так и на преодоление гидравлических сопротивлений в водопроточных каналах, связывающих нагнетатель с подводным крылом, в частности на преодоление трения воды о стенки каналов, имеющих относительно большую длину, и местные сопротивления, вызванные многократными изменениями направления потока в этих каналах.

В основу изобретения поставлена задача снижения энергетических затрат при работе крыла и соответственно на движение судна, оснащенного предлагаемым подводным крылом.

Это достигается тем, что гидравлический нагнетатель, с помощью которого вода под напором подается в водопроточный канал и щелевые сопла, размещен непосредственно в корпусе подводного крыла, т.е. подводное крыло, создающее подъемную силу, и водометный движитель, обеспечивающий реактивную тягу, объединены в один агрегат. В этом случае нагнетатель и реактивное сопло располагаются на одном уровне и соединены между собой коротким водопроточным каналом, в котором обеспечивается в основном однонаправленное движение потока. Этим исключаются затраты энергии на подъем воды, а также снижаются затраты энергии на местные сопротивления и трение воды о стенки водопроточного канала водомета.

Заявляемое устройство может быть выполнено в нескольких модификациях: с гидравлическими нагнетателями различного типа и различными вариантами исполнения водопроточного канала.

На фиг. 1-4 схематично показано активное подводное крыло, где в качестве нагнетателя используется центробежный насос.

На фиг. 1 дан разрез крыла по диаметральной плоскости; на фиг. 2 - вид сверху с разрезом; на фиг. 3 - поперечный разрез; на фиг. 4 - изображение крыла в аксонометрии.

На фиг. 5 представлен вариант

конструкции активного подводного крыла с водометным движителем, имеющим щелевые реактивные сопла.

На фиг. 6-10 дано схематическое изображение подводного крыла с нагнетателем - осевым насосом: на фиг. 6 - разрез по диаметральной плоскости; на фиг. 7 - продольный вертикальный разрез через плоскость крыла; на фиг. 8 - вид крыла сверху с разрезом (с приводом насоса от гидромотора); на фиг. 9 - ступенчатый продольный разрез устройства с приводом от двигателя, размещенного в корпусе судна, на фиг. 10 - вид крыла в аксонометрии.

На фиг. 11 показано расположение крыльевых систем - вид со стороны днища судна; на фиг. 12 и 13 - вид спереди соответственно носовой и кормовой крыльевых систем.

Активное подводное крыло в целом представляет собой тело обтекаемой формы, имеющее нижнюю непрерывную нагнетающую поверхность 1 и верхнюю засасывающую поверхность 2 с системой щелевых сопел 3 жалюзийного типа. Пустота крыла 4 разделена вертикальными перегородками 5 на отдельные каналы. Срезы 6 щелевых сопел образованы профилированными направляющими 7, установленными с возможностью поворота их вокруг горизонтальных осей 8. В носовой части крыла размещен гидравлический нагнетатель: центробежный насос 9 (фиг. 1-4) или осевой насос 10 (фиг. 6 - 10). Всасывающее отверстие насоса 11 (водозаборное устройство), расположенное на нижней поверхности крыла, закрыто защитной решеткой 12, предотвращающей попадание в него посторонних предметов. Нагнетательный патрубок насоса переходит в сужающийся водопроточный канал 13, который заканчивается соплом 14. На начальном участке водопроточного канала имеется ответвление -отводной канал 15, предназначенный для подачи части потока в полость крыла и далее - в щелевые сопла 3. На входе в отводной канал установлена заслонка 16, позволяющая регулировать количество воды, направляемой к щелевым соплам.

Носовая часть крыла образована обтекателем 17, придающим крылу требуемый профиль. Крыло крепится к корпусу судна стойкой 18, плавно сопряженной с обтекателем крыла.

В варианте использования в качестве нагнетателя осевого насоса (фиг. 8) водопроточный канал разделен на два сужающихся канала 19, каждый из которых заканчивается реактивным соплом 14. Рабочее колесо осевого насоса 10 приводится во вращение гидромотором 20, установленным внутри крыла (фиг. 8), или через коническую передачу 21 двигателем, размещенным в корпусе судна (фиг. 9). За рабочим колесом насоса расположен спрямляющий аппарат 22.

По торцам активного крыла установлены вертикальные концевые шайбы 23, к которым прикреплены наклонные элементы 24 обтекаемого профиля, присоединенные к корпусу судна стойками 25.

Активное подводное крыло функционирует следующим образом.

При включении гидравлического

нагнетателя, в частности центробежного насоса 9 (фиг. 1), забортная вода засасывается через приемное отверстие 11 и рабочим колесом насоса нагнетается в водопроточный канал 13, где происходит ее ускорение за счет энергии потока, создаваемой рабочим колесом насоса, а также за счет постепенного сужения водопроточного канала. Выбрасываемая из сопла 14 высокоскоростная струя воды образует реактивную тягу, которая воспринимается как упор лопастями рабочего колеса гидравлического нагнетателя.

Часть потока по отводному каналу 15 направляется в полость 4 крыла, где перегородками 5 распределяется по всему сечению крыла, и в виде тонких плоских струй через щелевые сопла 3 выбрасывается в направлении касательной к верхней поверхности направляющих 7.

Управление пограничным слоем потока в различных режимах движения судна осуществляют регулированием количества жидкости, подаваемой в щелевые сопла, поворотом заслонки 16 или изменением ширины среза 6 щелевых сопел поворотом направляющих 7 вокруг осей 8 с помощью специального механизма (не показан).

Струя воды, выбрасываемая из сопла 14, отклонена вниз под некоторым углом к нижней поверхности крыла, в результате чего составляющая реактивной струи, нормальная к направлению движения судна, направлена вверх. Одновременно отклоненный вниз поток выполняет роль струйного щитка, который вследствие разрежения, образующегося между струей и крылом, улучшает отсос потока с верхней поверхности крыла в области его задней кромки. Перечисленные факторы способствуют увеличению коэффициента подъемной силы и гидродинамического качества крыла.

В варианте применения гидравлического нагнетателя - осевого насоса (фиг. 6, 9) поток жидкости, нагнетаемый лопастями рабочего колеса 10, проходит через спрямляющий аппарат 22, который способствует снижению гидравлических потерь за счет уменьшения диффузности потока, и по двум водопроточным каналам 19 направляется в сопла 14.

В остальном процессе происходит аналогично описанному выше.

Плавнообтекаемый профиль крыла обеспечивает малое лобовое сопротивление крыла. Этому способствует и применение водозаборных устройств статического типа, где плоскость приемного отверстия 11 совпадает с направлением движения набегающего потока.

При включении приводов насосов водометных движителей начинается движение судна в режиме водоизмещения. С увеличением скорости, при превышении величины тяги движителей над общим сопротивлением судна, происходит выход корпуса судна из воды и переход в режим движения на крыльях.

Повышенная подъемная сила активного подводного крыла способствует быстрому, раннему по скорости выходу судна на крылья и преодолению горба кривой буксировочного сопротивления на малой скорости.

Во время движения судна на крыльях наклонные элементы 24, пересекающие

свободную поверхность воды, благодаря изменению площади смоченной поверхности, обеспечивают поперечную и продольную устойчивость судна.

На улучшение поперечной устойчивости судна направлена также показанная на фиг. 11 трехточечная компоновка системы крыльев судна: два носовых активных крыла с нагнетателями - центробежными насосами 9 и одно кормовое крыло - с осевым насосом 10.

Относительно большая площадь активных крыльев способствует демпфированию продольной качки судна при движении на волне, а разнесение носовых крыльев в стороны ослабляет их влияние на кормовое крыло.

Управление судном осуществляется обычным способом с помощью реверсивно-рулевого комплекса (не показан).

Главное отличие заявляемого активного подводного крыла от известных, и определяющее его достоинства, состоит в том, что активное крыло представляет собой единый агрегат, включающий водометный движитель и подводное крыло со щелевой верхней поверхностью.

При этом водометный движитель создает реактивную тягу, а система щелевых сопел обеспечивает повышенную подъемную силу крыла. Горизонтальное расположение водопроточного канала на всей его длине позволяет исключить потери энергии на преодоление гидростатического давления, а короткая длина и отсутствие изгибов канала - свести до минимума затраты энергии на преодоление трения и местных сопротивлений.

Действие и положительные качества данного подводного крыла определяются следующими общими законами и положениями гидродинамики.

Так известно, что лобовое сопротивление  $X$  любого подводного крыла для данного угла атаки пропорционально плотности жидкости  $\rho$ , площади крыла  $S$  и квадрату скорости набегающего потока  $V$ :

$$X = C_x \cdot \rho \cdot V^2 / 2 \cdot S. (1)$$

Входящий в формулу (1) гидродинамический коэффициент  $C_x$ , зависит от основных геометрических параметров крыла, таких как профиль крыла, форма крыла в плане, относительное удлинение, положение точек максимальной толщины и кривизны и др. и вместе с коэффициентом подъемной силы  $C_y$  определяет гидродинамическое качество  $K$  крыла:

$$K = C_y / C_x (2).$$

Коэффициент подъемной силы  $C_y$  зависит от тех же параметров крыла, что и  $C_x$  поэтому достаточно высокое гидродинамическое качество крыла может быть обеспечено лишь при оптимальном отношении  $C_y$  и  $C_x$ .

В общем случае подъемная сила крыла  $Y$  увеличивается с увеличением кривизны профиля крыла, но одновременно с этим возрастает и сила лобового сопротивления  $X$ . Кроме того, увеличение кривизны верхней поверхности крыла ведет к возникновению кавитации, заключающейся в отрыве пограничного слоя потока от поверхности крыла и, как результат, к резкому увеличению лобового сопротивления и снижению гидродинамического качества крыла.

Отрыв пограничного слоя происходит вследствие того, что частицы жидкости в пограничном слое не обладают достаточной энергией в данной области потока. В рассматриваемой же конструкции активного подводного крыла сообщение подторможенным частицам жидкости дополнительного импульса обеспечивается путем направления из щелевых сопел в предотрывную зону тонких плоских струй, обладающих значительной кинетической энергией и направленных по касательной к верхней поверхности крыла. Истекающая из плоского сопла 3 струя "прилипает" к криволинейной поверхности направляющей 7 (эффект Коанда) и плавно обтекает ее до задней кромки, увлекая за собой основной поток. Образующийся суммарный поток увлекается плоской струей, истекающей из следующего по ходу сопла и т. д. В результате обеспечивается безотрывное обтекание потоком всего профиля крыла, даже при относительно большой кривизне его верхней поверхности.

Такой способ управления пограничным турбулентным слоем "сдуванием" его с помощью закрылков эффективно используется, в частности, в аэродинамике как средство повышения коэффициента подъемной силы крыловых профилей при больших углах атаки, снижения сопротивления давления и полного давления [4].

Большая кривизна верхней поверхности активного крыла и безотрывное обтекание профиля, которое обеспечивается управлением пограничным слоем, позволяют получить повышенную подъемную силу крыла как за счет увеличения составляющей количества движения струи, так и за счет увеличения циркуляции скорости вокруг профиля.

Важным достоинством заявляемого активного подводного крыла является то, что указанным выше способом управления пограничным слоем можно достичь безотрывного обтекания крыла большой площади при малом его удлинении.

Известно, что подъемная сила крыльев равна водоизмещению судна. При увеличении водоизмещения судна соответственно должна быть увеличена и подъемная сила крыльев, кроме прочего - и за счет увеличения их площади. В эксплуатирующихся судах необходимая площадь подводного крыла с целью предотвращения кавитации достигается за счет увеличения длины крыла при сохранении малой величины его хорды. Однако излишне развитые по длине подводные крылья существенно увеличивают сопротивление движению и снижают коэффициент утилизации. Заявляемое же активное подводное крыло равновеликой площади имеет длинную хорду и малую длину передней кромки и поэтому обладает относительно малым лобовым сопротивлением.

Оптимальным режимом обтекания крыла, как известно, является режим, когда циркуляция вдоль размаха крыла изменяется по эллиптическому закону. В известных подводных крыльях такой режим создают одновременной кривой и изменением профиля крыла по размаху, однако этот прием усложняет конструкцию крыла и существенно ухудшает технологичность его изготовления. В

заявляемом активном подводном крыле создание эллиптической циркуляции достигается намного проще: либо подачей переменного количества воды в щелевые сопла по размаху крыла определенным размещением перегородок 5 в полости крыла, либо путем изменения сечения срезов щелевых сопел 3 вдоль размаха крыла.

Развитые подводные крылья большой площади, необходимой для создания подъемной силы, соответствующей значению коэффициента  $C_y \geq 0,2$ , ограничивают применение их на судах относительно большого водоизмещения [5, с. 137]. Современные суда на подводных крыльях имеют водоизмещение порядка 300 т и используются в основном в качестве пассажирских. Перспективность применения судов на подводных крыльях большой грузоподъемности (более 2000 т) определяется получением высокого коэффициента полезного использования водоизмещения или коэффициента утилизации, который зависит главным образом от доли массы топлива в водоизмещении судна, типа крыльевого устройства и энерговооруженности судна [6, с. 126-127].

Использование заявляемого активного подводного крыла направлено на решение задачи - создание экономических транспортных судов на подводных крыльях большой грузоподъемности. Приемлемый для таких судов коэффициент утилизации может быть получен за счет высокой подъемной силы активного крыла, снижения мощности двигательной установки и соответственно снижения расхода и запаса топлива.

Применение активного подводного крыла наиболее целесообразно для судов, когда определяющим является не скорость судна, а экономический фактор - повышение грузоподъемности при снижении энергетических затрат на движение судна. Таким образом, тип судов с активными подводными крыльями может занять нишу между водоизмещающими судами небольшой грузоподъемности и судами на подводных крыльях повышенной грузоподъемности.

Источники информации

1. А.с. 515685 (СССР), В 63 В 1/24 // БИ, 1976, N 20.
2. Судостроение за рубежом. Изд. ЦНИИТЭИС, 1969, N 4, с. 55.
3. Пат. РФ 2006413, В 63 В 1/24 // БИ, 1994, N 2.
4. Басим АМ. Управление пограничным слоем судна. Л.: Судостроение, 1968, с. 343-348.
5. Блюмин В.И., Иванов Л.А., Масеев М.Б. Транспортные суда на подводных крыльях. - М.: Транспорт, 1964.
6. Логачев С.И. Транспортные суда будущего. Л.: Судостроение, 1976, 174 с.

#### Формула изобретения:

1. Активное подводное крыло, представляющее собой тело обтекаемой формы с верхней засасывающей поверхностью в виде системы щелевых сопел, содержащее гидравлический нагнетатель, размещенный в корпусе крыла, отличающееся тем, что выпускной водопроточный канал нагнетателя оканчивается соплом водометного движителя, при этом водопроточный канал имеет ответвление, гидравлически связанное со щелевыми

соплами, предназначенными для управления пограничным слоем потока.

2. Подводное крыло по п.1, отличающееся тем, что направляющие щелевых сопел выполнены с возможностью поворота вокруг

горизонтальных осей.

3. Подводное крыло по п.1, отличающееся тем, что сечения срезов щелевых сопел выполнены переменными вдоль размаха.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

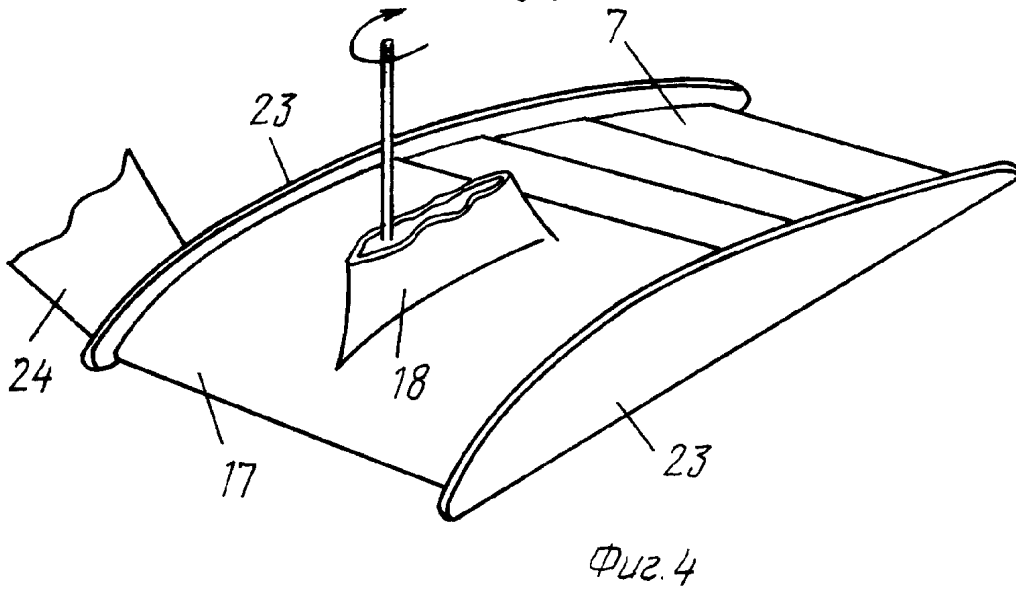
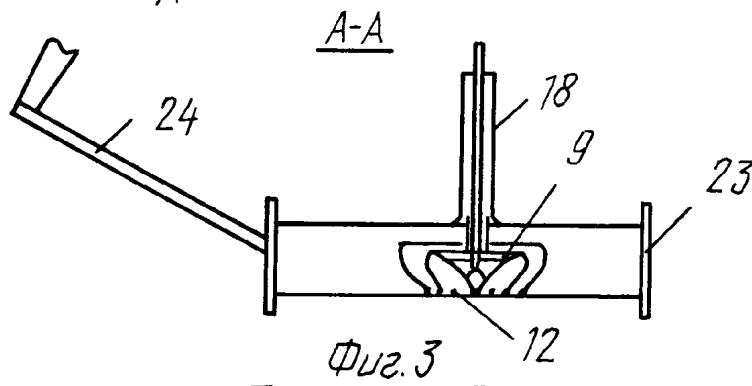
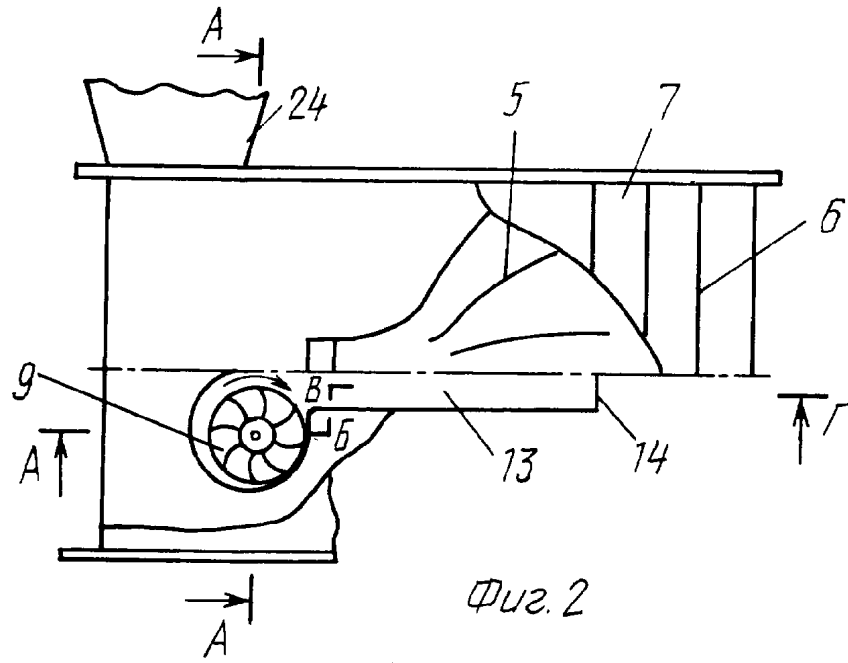
50

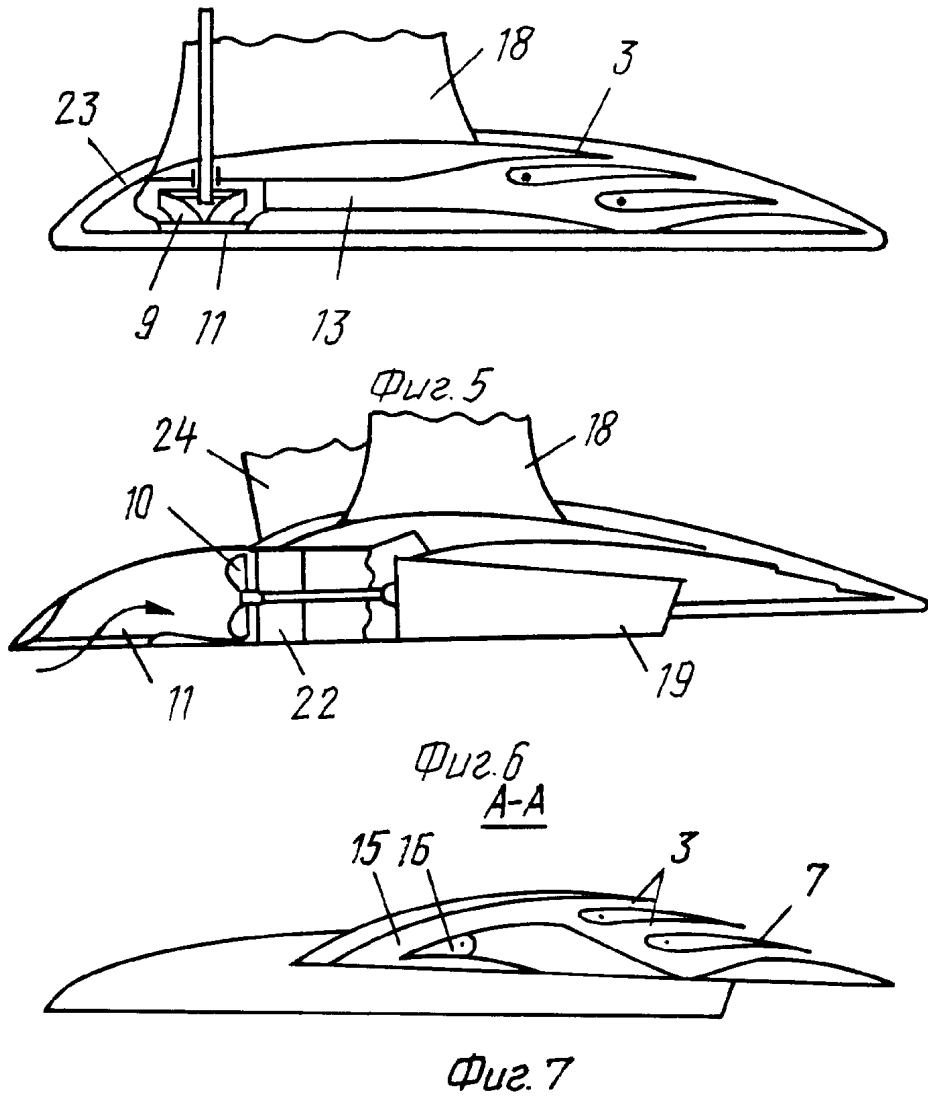
55

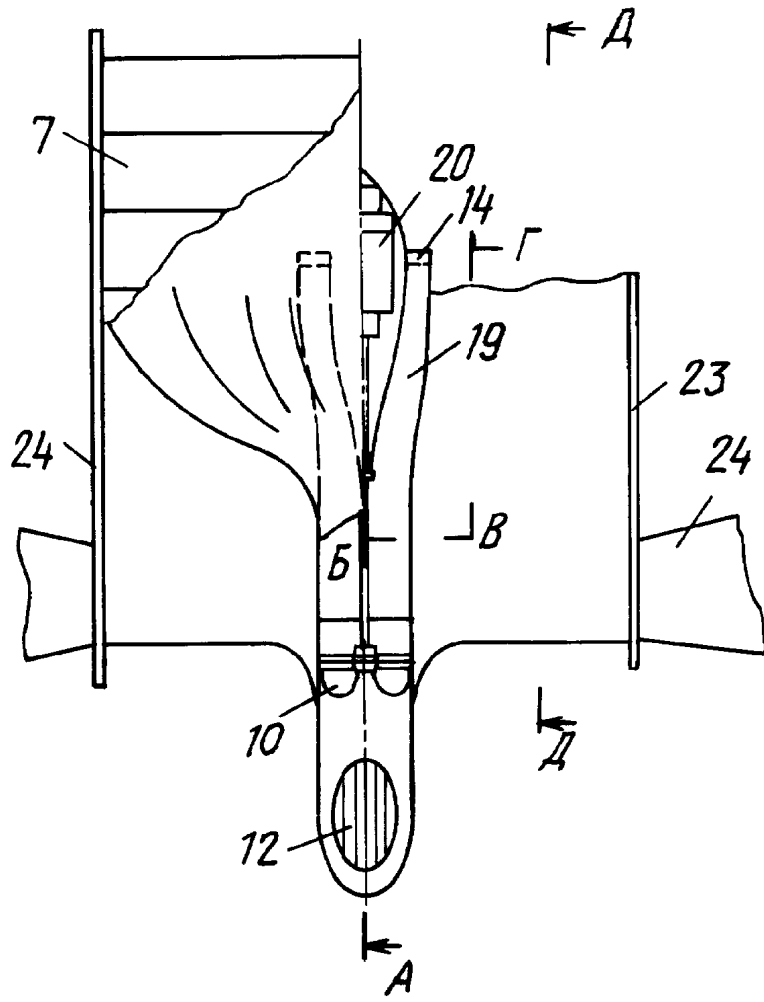
60

RU 2176609 C2

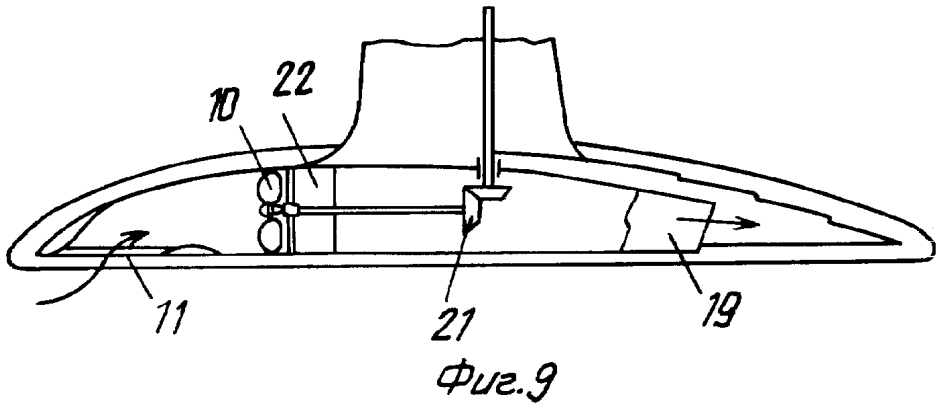
RU 2176609 C2







Фиг. 8  
А-Б-В-Г



Фиг. 9

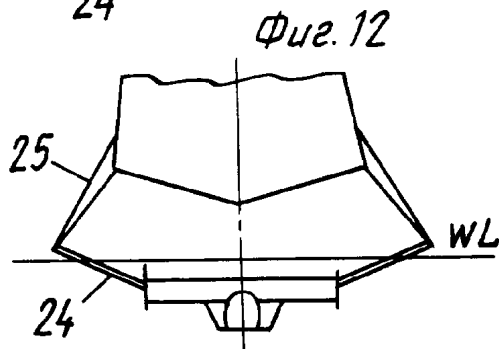
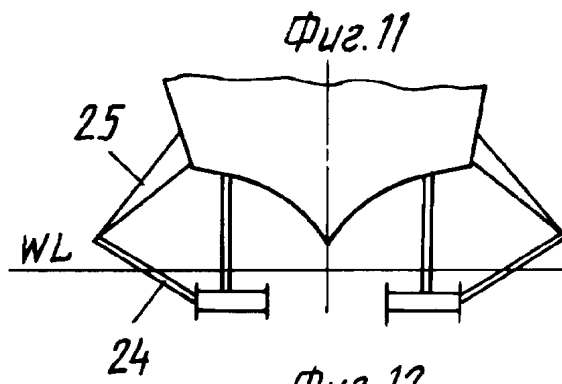
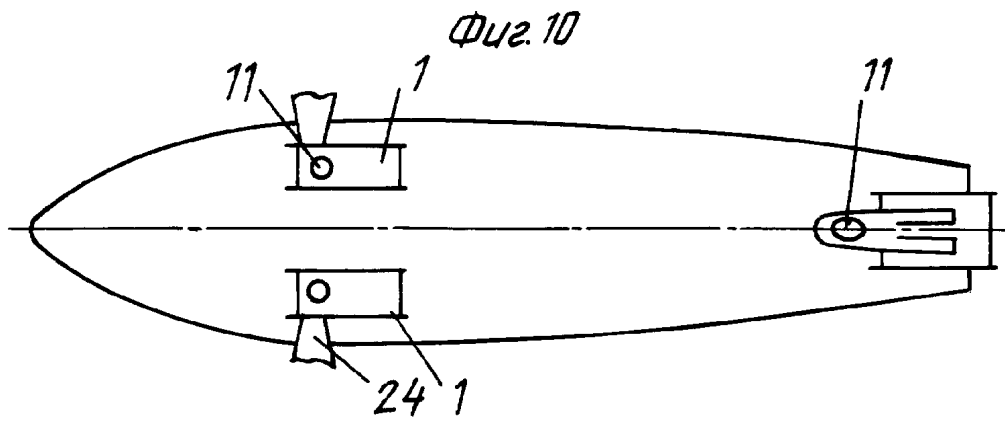
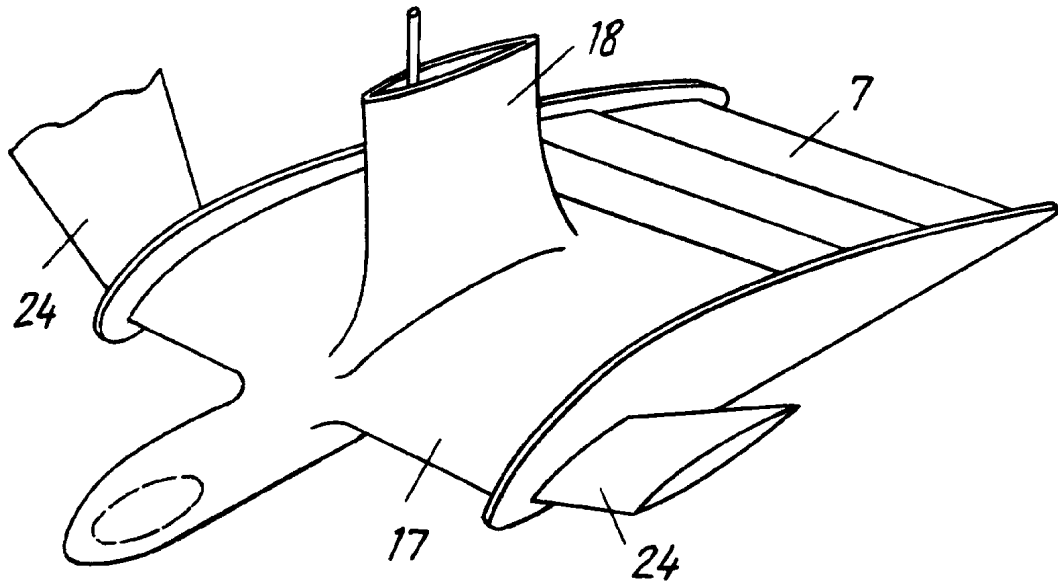


Fig. 13