

Настоящее изобретение относится к погружаемым аппаратам, а также к способам их применения, постановки на стоянку и развертывания. Необходимо отметить, что в настоящем описании под термином "погружаемые" понимаются надводные средства передвижения, которые в рабочем режиме только частично погружены в воду (или в другую жидкость), а также полностью погружаемые средства передвижения. Изобретение также относится к погружаемым игрушкам, работающим в режиме планирования.

Подводный аппарат с внутренним проходом описан в патенте США US 5438947. Гребные винты аппарата размещены в проходе вместе с рулем для управления направлением движения аппарата. Аппарат имеет низкое характеристическое отношение для обеспечения возможности его движения с высокой скоростью.

В настоящем изобретении предлагается погружаемый аппарат, снабженный внешним корпусом, который определяет ось корпуса и имеет, по существу, кольцевую форму, если смотреть вдоль его оси, причем внутреннее пространство кольца представляет собой проход, открытый с обоих концов, так что когда аппарат погружен в жидкость, то она заполняет проход, и, кроме того, аппарат содержит дополнительно средства для его вращения вокруг прохода.

При использовании аппарата он может приводиться во вращение вокруг прохода меньше, чем за один оборот или же за несколько оборотов. Аппарат может вращаться вокруг оси корпуса симметрично, или же может вращаться вокруг корпуса с эксцентриситетом, в частности, если центр тяжести смещен в сторону от оси корпуса.

Традиционно кольцевая форма считается нежелательной, поскольку аппарат с такой формой корпуса может быть неустойчивым при вращении (т.е. при вращении вокруг прохода). Однако автор изобретения обнаружил, что это свойство во многих приложениях необязательно является вредным (в частности в приложениях, относящихся к необитаемым или к автономным аппаратам) и может быть использовано, поскольку вращение создает момент инерции и, соответственно, обеспечивает большую устойчивость. Кроме того, вращение аппарата может в сочетании с преобладающими океанскими течениями создавать силу Магнуса, которая служит для уменьшения бокового сноса аппарата, и при этом увеличивается гидродинамическая подъемная сила или сила, направленная вниз, в зависимости от взаимного положения векторов течения и вращения аппарата. Такое уменьшение бокового сноса может быть полезным в тех случаях, когда необходима точная навигация аппарата между двумя или несколькими точками маршрута. Также вращение аппарата может использоваться для обеспечения двухмерного сканирования датчика, при котором постоянное вращение в сочетании с линейным движением вдоль оси аппарата используется датчиком для получения информации из проецируемого прямоугольного поля обзора. Ширина прямоугольного поля обзора определяется величиной сектора, в котором датчик получает информацию, а длина этого поля обзора определяется длиной перемещения аппарата в продольном направлении. Обычно величина угла этого сектора не превышает 180° , однако, в расширении этого способа датчик может получать информации внутри угла, превышающего 180° , вплоть до 360° . В этом случае проецируемое поле обзора будет непрерывным по двум измерениям, что является результатом вращения аппарата вокруг продольной оси. В этом примере получение датчиком информации синхронизировано с вращательным движением, так что могут быть сформированы последовательные линии с точным отсчетом их положения. В предпочтительном варианте осуществления изобретения получение синтезированной апертуры датчика по двум измерениям достигается за счет соответствующей обработки информации, поступающей из датчика. В этом конкретном примере одним из факторов, ограничивающих характеристики обработки синтезированной апертуры, является снижение разрешения, являющееся результатом погрешностей между расчетным и фактическим положениями аппарата на временном интервале получения информации. В результате, в таких системах используется оборудование инерциальной навигации для повышения точности определения положения аппарата и его угловой ориентации. Однако в предпочтительных вариантах осуществления изобретения используется более дешевое и более изящное техническое решение, которое улучшает базовую устойчивость аппарата за счет увеличения момента инерции вращения и, соответственно, уменьшения бокового сноса в любом положении аппарата без использования сложных алгоритмов коррекции и оценок. Таким образом, в предпочтительных вариантах осуществления изобретения, которые будут рассмотрены ниже, обеспечиваются различные средства управления вращением аппарата вокруг прохода и другие элементы управления угловым положением.

В качестве средств вращения аппарата относительно прохода может использоваться, например, движительная система, такая как движительная система с регулируемым вектором тяги, движители которой расположены симметрично относительно оси корпуса; одна или несколько управляющих поверхностей, таких как плавники; инерциальная система управления; или система управления плавучестью, которая перемещается на правый или на левый борт по корпусу с помощью электродвигателя.

Большой частью аппарат содержит дополнительно систему управления плавучестью, которая предпочтительно имеет симметрию вращения относительно оси корпуса.

Обычно по меньшей мере часть внешнего корпуса вытянута вдоль оси корпуса.

Как правило, отношение B^2/S больше 0,5, где S - площадь проецируемой поверхности, а B - максимальный внешний диаметр, перпендикулярный оси корпуса. Корпус относительно большого диаметра дает возможность разнести два или более датчиков на достаточно большое расстояние по корпусу, в ре-

зультате чего обеспечивается большая база измерений датчиков. Эффективная разрешающая способность комплекта датчиков в этом случае улучшается пропорционально длине базы измерений датчиков. Кроме того, сравнительно высокое значение величины B^2/S обеспечивает высокое значение отношения подъемной силы к лобовому сопротивлению, что дает возможность эффективно использовать аппарат в режиме планирования.

Как правило, внутренняя поверхность кольца сформирована таким образом, чтобы она была, по меньшей мере, частично криволинейной, если смотреть в поперечном сечении, сделанном вдоль оси корпуса.

Как правило, внутренняя и внешняя поверхности кольца сформированы таким образом, чтобы обеспечивать гидродинамический профиль, если смотреть в поперечном сечении, сделанном вдоль оси корпуса. Предпочтительно гидродинамический профиль имеет относительно широкое поперечное сечение в среднем положении на продольной оси корпуса, и относительно узкий профиль впереди и сзади этого среднего положения.

Как правило, аппарат содержит дополнительно один или более герметичных контейнеров внутри внешнего корпуса. По меньшей мере один герметичный контейнер может иметь, по существу, кольцевую форму, если смотреть вдоль оси корпуса. Два или более герметичных контейнера могут быть разнесены вдоль оси корпуса. Обычно внутреннее пространство между герметичными контейнерами и внешним корпусом при использовании аппарата заполнено жидкостью.

Как правило, аппарат содержит дополнительно источник энергии, размещенный, по меньшей мере частично, внутри внешнего корпуса.

Обычно аппарат содержит дополнительно один или несколько датчиков. По меньшей мере один из датчиков может быть датчиком сближения. В этом случае аппарата может дополнительно содержать движительную систему и устройство обратной связи для управления движительной системой в зависимости от сигнала, поступающего из датчика сближения.

Обычно центр тяжести и центр плавучести аппарата расположены в проходе.

Обычно центр тяжести и центр плавучести аппарата расположены примерно на оси корпуса.

Средства обеспечения вращения аппарата вокруг прохода могут включать осесимметричную движительную систему с регулируемым вектором тяги, содержащую одну или несколько пар движителей, причем каждая пара содержит первый движитель, который устанавливается с возможностью поворота с первой стороны от оси корпуса, а второй движитель из этой пары устанавливается с возможностью поворота со второй стороны от оси корпуса напротив первого движителя.

Как правило, каждый движитель создает тягу, вектор которой может изменяться независимо от другого движителя путем поворота движителя. Обычно каждый движитель устанавливается так, чтобы он мог поворачиваться вокруг оси на некоторый угол (предпочтительно 90°) относительно оси корпуса. В качестве движителей могут использоваться, например, гребные винты или качающиеся плавники. Движители могут размещаться внутри прохода или вне его, однако, в любом случае конформно с внешним корпусом.

В предпочтительных вариантах осуществления изобретения проход имеет малую площадь поперечного сечения носовой части для уменьшения лобового сопротивления, и дополнительное снижение лобового сопротивления достигается за счет уменьшения индуцированных вихрей спутного следа, которые были бы значительно больше при использовании известного плоского крыла или схемы стабилизатора горизонтального оперения. Стенки прохода предпочтительно имеют такую форму, которая обеспечивает эффективное создание гидродинамической подъемной силы, которая может использоваться для облегчения движения аппарата сквозь жидкость.

Другим достоинством использования прохода является то, что внутри него могут быть безопасно установлены компоненты конструкции (например, движители), в результате чего внешний корпус представляет снаружи относительно гладкую конформную поверхность и служит защитой от опасности повреждения или потери движителей в результате столкновения или зацепления с какими-либо подводными объектами.

Варианты осуществления изобретения обеспечивают, по существу, кольцевой профиль, придающий аппарату повышенную жесткость по сравнению с другими аппаратами, в которых используются известные плоские крылья. Это преимущество может быть реализовано в форме снижения стоимости или массы аппарата по сравнению с известными аппаратами, имеющими аналогичные гидродинамические характеристики, или в возможности погружения на большую глубину, где кольцевой корпус или тороидальные герметичные контейнеры, размещенные внутри корпуса, будут обеспечивать повышенную устойчивость к изгибающим нагрузкам.

Проход может быть полностью закрыт с боков по всей его длине, или только на части длины, или частично открыт через щель, проходящую по его длине. Проход может также содержать вырезы или проемы для улучшения или модификации гидродинамических характеристик при определенных условиях работы.

Различные варианты осуществления изобретения описываются ниже более конкретно на примерах со ссылками на прилагаемые чертежи, на которых показано:

На фиг. 1а - вид спереди первого варианта аппарата, гребные винты которого находятся в первом положении;

на фиг. 1b - вид поперечного сечения аппарата по оси корпуса и по линии А-А на фиг. 1а;

на фиг. 2а - вид спереди аппарата, гребные винты которого находятся во втором положении;

на фиг. 2b - вид поперечного сечения аппарата по линии А-А на фиг. 2а;

на фиг. 3а - вид сзади второго варианта аппарата с гребными винтами;

на фиг. 3b - вид поперечного сечения аппарата по линии А-А на фиг. 3а;

на фиг. 4а - вид сзади третьего варианта аппарата с гребными винтами;

на фиг. 4b - вид поперечного сечения аппарата с гребными винтами по линии А-А на фиг. 4а;

на фиг. 4с - вид поперечного сечения аппарата по линии В-В на фиг. 4а;

на фиг. 5а - вид спереди первого варианта планирующего аппарата;

на фиг. 5b - вид сбоку первого варианта планирующего аппарата;

на фиг. 5с - вид в плане первого варианта планирующего аппарата;

на фиг. 5d - вид сбоку другого варианта планирующего аппарата, в котором внутри щелей, разнесенных по вертикали кольцевого корпуса, размещены лопасти;

на фиг. 6а - вид в перспективе альтернативного варианта герметичного контейнера;

на фиг. 6b - вид сбоку альтернативного варианта резервуара высокого давления;

на фиг. 7 - вид в перспективе альтернативного варианта системы управления угловым положением;

на фиг. 8 - вид спереди четвертого варианта аппарата с гребными винтами в процессе его работы;

на фиг. 9а - вид поперечного сечения первого варианта аппарата с гребными винтами по линии А-А

на фиг. 1 в процессе его захода в ангар;

на фиг. 9b - вид аппарата после постановки на стоянку в ангаре;

на фиг. 9с - увеличенный вид, на котором показана индуктивная система электрической зарядки;

на фиг. 10 - вид поперечного сечения, на котором показан альтернативный вариант конструкции ангара;

на фиг. 11 - схематический вид буксируемого аппарата, закрепленного в ангаре, имеющем альтернативную конструкцию;

на фиг. 12а - вид планирующего аппарата спереди;

на фиг. 12b - вид планирующего аппарата сбоку;

на фиг. 12с - вид планирующего аппарата в плане;

на фиг. 13а - вид спереди четвертого варианта аппарата с гребными винтами;

на фиг. 13b - вид аппарата сбоку;

на фиг. 14а - вид спереди второго варианта буксируемого закрепленного аппарата;

на фиг. 14b - вид аппарата сбоку;

на фиг. 15а - вид аксиальной проекции тороидальной системы управления плавучестью;

на фиг. 15b - вид аксиальной проекции спиральной системы управления плавучестью;

на фиг. 15с - вид сбоку системы, представленной на фиг. 15b; и

на фиг. 15d - вид частичного поперечного сечения еще одной системы управления плавучестью.

Как можно видеть на фиг. 1а и 1b, погружаемый аппарат 1 снабжен внешним корпусом 2, который представляет собой тело, полученное в результате вращения вокруг оси 3 корпуса гидродинамического профиля с ламинарным обтеканием потоком (см. фиг. 1b). Таким образом, внешний корпус 2 представляет собой кольцо, если смотреть вдоль оси корпуса, как показано на фиг. 1а. Внутренняя стенка 4 кольца формирует проход 5, открытый спереди и сзади, так что при погружении аппарата в воду (или в любую другую жидкость) она заполняет проход и протекает по нему при движении аппарата, в результате чего возникает гидродинамическая подъемная сила.

Как показано на фиг. 1b, гидродинамический профиль постепенно расширяется от узкой носовой части к точке 7, в которой профиль имеет максимальную ширину, и быстро суживается в направлении кормовой части 8. В данном конкретном варианте осуществления изобретения расстояние точки 7, в которой профиль имеет максимальную ширину, от носовой части 6 составляет примерно две трети от расстояния между носовой и кормовой частями. Гидродинамический профиль может иметь различные модификации в различных вариантах аппарата, так что изменяются коэффициенты подъемной силы, лобового сопротивления и момента килевой качки, в зависимости от конкретного диапазона рабочих режимов, как это определяется соответствующим диапазоном чисел Рейнольдса, которые могут быть эффективны для ряда применений.

Два движителя 9, 10 установлены симметрично относительно оси корпуса напротив друг друга (с обеих сторон от оси корпуса). Движители содержат гребные винты 11, 12, смонтированные на L-образных опорных кронштейнах 13, 14, которые в свою очередь установлены на корпусе примерно в точке 7, в которой профиль имеет максимальную ширину, как показано на фиг. 1b. Гребные винты смонтированы внутри направляющих насадок 15, 16 для повышения эффективности их работы. Каждый L-образный кронштейн прикреплен к корпусу с возможностью поворота, так что они могут поворачиваться на 360° относительно корпуса вокруг оси, которая параллельна оси килевой качки, в результате чего обеспечивается тяговое усилие с изменяемым вектором. Направляющие насадки и L-образные крон-

штейны имеют сечение гидродинамического профиля с отношением между длиной хорды и высотой, соответствующими этому параметру для внешнего корпуса. Так, например, движители 8, 9 могут быть повернуты из положения, когда они направлены в одну сторону, как показано на фиг. 1а и 1б, и обеспечивают тягу для продвижения аппарата вперед по оси корпуса, в положение, когда они направлены в противоположные стороны, как показано на фиг. 2а и 2б, и обеспечивают непрерывное вращение аппарата вокруг оси корпуса. Стрелки V на фиг. 2а указывают направление движения аппарата, а стрелки L на фиг. 2а указывают направление движения жидкости. Поэтому получается, что в данном конкретном варианте осуществления изобретения в движительной системе используются четыре двигателя: два бесщеточных двигателя постоянного тока для привода гребных винтов и два двигателя постоянного тока для привода L-образных опорных кронштейнов, на которых смонтированы двигатели гребных винтов, причем для передачи момента движения от двигателей к опорным кронштейнам используются редукторы с червячной передачей. В альтернативных вариантах могут использоваться и другие типы двигателей, такие как, например, шаговые двигатели, номинальные характеристики которых соответствуют рабочим нагрузкам.

Для обеспечения минимальной устойчивости по тангажу и рысканью в системе с разомкнутым контуром центр тяжести аппарата располагают впереди центра гидродинамического давления, причем, чем больше разнесены указанные центры, тем выше устойчивость. Однако точное расположение центров не критично, поскольку дополнительная устойчивость может быть обеспечена системой управления угловым положением с замкнутым контуром (не показана), которая может быть объединена с движительной системой аппарата. В таких случаях устойчивость может быть снижена для улучшения маневренности за счет размещения центра тяжести аппарата на одном уровне с центром гидродинамического давления или позади этого центра. Аналогично, положение движителей может изменяться путем смещения их вперед в сторону носа или назад в сторону кормы, в результате чего может происходить соответствующее изменение динамических характеристик аппарата.

Такая система управления угловым положением аппарата содержит (i) устройство, измеряющее линейные ускорения по трем ортогональным осям, (ii) устройство, измеряющее угловые ускорения относительно трех ортогональных осей, (iii) устройство, измеряющее ориентацию относительно двух или трех ортогональных осей, и (iv) устройство, объединяющее сигналы от вышеуказанных устройств и рассчитывающее командные сигналы, которые обеспечивают работу движительной системы в режиме определенной маневренности или устойчивости аппарата, которая необходима в это время. В качестве устройства, измеряющего ориентацию, может использоваться гравитационный датчик или датчик, измеряющий вектор магнитного поля Земли, или оба датчика. Аппарат может быть также снабжен навигационной системой, которая определяет положение аппарата в любой заданный момент относительно некоторого исходного опорного положения. Предпочтительный вариант такой навигационной системы содержит процессор, который обрабатывает данные, поступающие из вышеупомянутой системы управления угловым положением, а также другие вспомогательные данные, причем специальные датчики, которые вырабатывают такие данные, также могут быть размещены на судне для целей навигации. В качестве таких датчиков могут использоваться: (i) приемник системы GPS и (ii) один или несколько акустических транспондеров или связанных устройств. Устройство системы GPS используется для расчета долготы, широты и высоты аппарата в том случае, когда оно находится на поверхности. Акустический транспондер или связанное устройство передает и принимает акустические сигналы для определения положения относительно одного или нескольких соответствующих передатчиков, размещенных в жидкой среде в районе нахождения аппарата. В предпочтительном варианте осуществления изобретения в процессоре используется специальный алгоритм (фильтр Калмана), с помощью которого на основе переменных данных, поступающих из датчиков системы управления угловым положением и навигационной системы, вычисляется относительное или абсолютное положение аппарата.

В этом варианте осуществления изобретения аппарат рассчитывается так, чтобы он имел небольшую положительную плавучесть. Центр плавучести может быть расположен в любой точке между минимальным положением, в котором он совпадает с центром тяжести, и максимальным положением, в котором центр плавучести находится в перевернутом конусе, вершина которого совпадает с центром тяжести, а основание конуса ограничено верхней частью кольцевого корпуса.

В одном из вариантов осуществления изобретения конус наклонен таким образом, что он весь находится впереди вертикальной плоскости, которая пересекает ось аппарата и проходит через центр тяжести. Если центр плавучести находится внутри такого конуса и находится на некотором расстоянии от центра тяжести, то аппарат в статическом положении будет иметь положительный угол тангажа и поэтому он может плавно подниматься из глубины на поверхность только под действием сил, возникающих в результате совместного действия положительной плавучести и гидродинамической подъемной силы кольцевого корпуса, и в этом случае некоторое полезное боковое смещение будет происходить благодаря пологой траектории подъема аппарата.

Это позволяет сохранять энергию электрических батарей аппарата за счет использования сил тяжести в цикле выполнения им определенной задачи. Плавная траектория аппарата может быть также улучшена за счет использования гребных винтов (не показаны), которые могут складываться так, чтобы они

были параллельны оси корпуса, когда они не используются, или отказа от направляющих насадок, в результате чего дополнительно может быть снижено лобовое сопротивление аппарата.

Аппарат может быть также снабжен солнечными элементами (не показаны), установленными на внешней поверхности корпуса, причем применение солнечных элементов может быть эффективным, поскольку площадь внешней поверхности корпуса значительно больше, чем внешняя поверхность других судов, имеющих такую же массу. В таком варианте солнечные элементы подключаются к зарядному устройству, которое обеспечивает подзарядку аккумуляторных батарей аппарата. Таким образом, обеспечивается возможность планового или по мере возможности пополнения запасов энергии аппарата, когда он находится на поверхности или возле нее.

В этом варианте центр плавучести может быть зафиксирован в некотором статическом положении внутри вышеуказанного конуса, или же положение центра плавучести может регулироваться с помощью управляющего устройства в пределах объема этого конуса. В любом случае положение центра плавучести регулируется с помощью балластных элементов с положительной плавучестью, размещенных внутри тороидальной части кольцевого корпуса. При использовании двух балластных элементов они могут быть вместе размещены внутри тороида, и в этом случае статическая плавучесть аппарата будет максимальной, или же балластные элементы могут быть размещены вокруг тороида таким образом, чтобы центры тяжести и плавучести находились на оси корпуса, и в этом случае статическая устойчивость аппарата будет нулевой.

Поэтому для обеспечения вращения вокруг оси корпуса необходимо использовать движительную систему аппарата, и в этом случае может регулироваться положение центра плавучести относительно центра тяжести. Поэтому в аппарате может быть обеспечен режим высокой маневренности при движении без вращения корпуса, когда необходимо максимальное разнесение центра тяжести и центра плавучести. Однако режим высокой маневренности может быть также обеспечен при вращении корпуса независимо от того, движется аппарат или нет вдоль оси корпуса, когда необходимо минимальное разнесение между центрами тяжести и плавучести относительно оси корпуса в том случае, когда необходимо минимизировать эксцентриситет при вращении.

Движители с регулируемым вектором тяги обеспечивают движение аппарата вдоль оси корпуса, вперед или назад, а также вращение вокруг оси корпуса и поворот по углам тангажа или рысканья вокруг центра тяжести аппарата. Как указывалось выше, ясно, что векторы тяги двух движителей могут быть направлены в противоположные стороны для обеспечения вращения аппарата. Два движителя также могут действовать в одном направлении. Например, когда оба движителя направлены вниз, так что векторы их тяги лежат выше центра тяжести, то нос аппарата будет направлен вниз. Аналогично, когда оба движителя направлены вверх, так что векторы их тяги лежат ниже центра тяжести, то нос аппарата будет направлен вверх. Также ясно, что, меняя угол наклона движителей относительно аппарата и относительно друг друга, можно обеспечить поворот аппарата по углам тангажа, крена и рысканья. Поворот по углу рысканья также может происходить при разности тяг движителей, когда скорости вращения гребных винтов различаются. Таким образом, ясно, что аппарат может погружаться, вращаться, поворачиваться и подниматься на поверхность с использованием автономных средств управления.

Аппарат может двигаться в особом режиме, когда он вращается, и положение центра тяжести выровнено с осью вращения движителя. Если определить вертикальное положение, как оно показано на фиг. 2b, то в положении, показанном на фиг. 1a, угол крена аппарата равен 0° , причем движитель 9 направлен вверх, а движитель 10 направлен вниз. Если необходимо перемещение вниз, то движитель 9 работает, когда значение угла вращения аппарата находится между 350° и 10° (или в другом ограниченном диапазоне, в котором движитель 9 направлен, по существу, вверх), а движитель 10 работает, когда значение угла вращения аппарата находится между 170° и 190° (или в другом ограниченном диапазоне, в котором движитель 10 направлен, по существу, вверх). Вектор тяги в указанных диапазонах углов суммируется, и аппарат испытывает линейное ускорение, направленное перпендикулярно оси корпуса (в данном случае вниз). В результате вращающийся аппарат будет точно перемещаться в плоскости, которая перпендикулярна оси корпуса.

Поэтому ясно, что аппарат обладает высокой степенью маневренности, поскольку может быть обеспечена движущая сила с регулируемым вектором для высоких скоростей вращения при динамическом управлении. Также ясно, что аппарат обладает высокой степенью устойчивости. В первом случае, когда движение осуществляется вдоль оси корпуса, относительно высокие скорости могут быть получены при вращении гребных винтов в разных направлениях, в результате чего подавляется возникающий момент вращения, в то время как противоположно направленные движители обеспечивают дополнительную устойчивость по углу крена. Во втором случае, когда возникает вращение вокруг оси корпуса, увеличивается момент инерции и, соответственно, увеличивается устойчивость аппарата, что может быть определено по уменьшению ошибок углового положения аппарата при воздействии внешних сил.

В носовой части аппарата установлены две видеокамеры 17, 18 для предотвращения столкновений с внешними объектами и получения изображения пространства, находящегося впереди. Относительно большой диаметр корпуса дает возможность разнесения камер на достаточное расстояние (большая стереоскопическая база), что обеспечивает возможность точного определения расстояний путем измерения

параллакса между объектами, находящимися в поле зрения обеих камер. Также аппарат снабжен излучателем 19 и приемником 20 гидроакустической станции для формирования гидроакустических изображений. Как и в предыдущем случае, достоинством является большая база измерений. Внешний корпус 2 охватывает внутреннее пространство, показанное на фиг. 1а. Этот внешний корпус предпочтительно изготавливается из жесткого композиционного материала, в котором используются нити стекловолокна или углеволокна между чередующимися слоями эпоксидной смолы. В альтернативном варианте более дешевый, но менее упругий корпус может быть отлит из подходящего жесткого полимера, такого как, например, полиуретан или полиэтилен высокой плотности. Кроме того, внешний корпус может быть также изготовлен из алюминия в том случае, когда он должен быть герметичным. Внутреннее пространство может быть заполнено заборной жидкостью, проникающей в корпус через мелкие отверстия (не показаны), или же может быть герметичным. Во внутреннем пространстве размещаются две аккумуляторные батареи 21, 22, два кормовых датчика 23, 24 и четыре тороидальных герметичных контейнера 25-28, размещенных друг за другом вдоль оси корпуса. Герметичные контейнеры содержат электронную аппаратуру аппарата, некоторые элементы движительной системы и другие компоненты и соединены продольными балками (не показаны). В этом конкретном варианте осуществления изобретения тороидальные герметичные контейнеры предпочтительно изготовлены из жестких композиционных материалов, в которых используются нити стекловолокна или углеволокна, намотанные спирально по поверхности тороида, или же в альтернативном варианте ламинированные между слоями эпоксидной смолы. В альтернативном варианте тороидальные герметичные контейнеры могут быть изготовлены из подходящего металла, такого как, например, алюминий, нержавеющая или оцинкованная сталь или титан.

Длина корпуса вдоль оси корпуса соответствует хорде сечения гидродинамического профиля, и на фиг. 2а обозначена a , а диаметр или поперечный размер прохода на его двух концах обозначен b . Характеристическое отношение (AR) корпуса выражается следующим выражением:

$$AR = 2B^2/S$$

где B - поперечный размер корпуса (определяемый максимальным внешним диаметром корпуса) и S - площадь спроецированной поверхности корпуса.

Если принять, что поперечный размер B равен примерно b , а площадь S примерно равна произведению $b \times a$, то AR будет примерно равно $2b/a$. Для аппарата, изображенного на фиг. 2b, AR равно примерно 1,42, хотя это значение может изменяться в других вариантах осуществления изобретения, в которых условия применения могут требовать использования других характеристических отношений. Ясно, что форма аппарата может модифицироваться путем простого изменения диаметра корпуса для получения узкого аппарата с малым характеристическим отношением или широкого аппарата с большим характеристическим отношением. В любом случае определенные преимущества могут быть получены при определенных обстоятельствах, поскольку относительно высокие коэффициенты подъемной силы могут быть получены с использованием формы, имеющей малое характеристическое отношение, в то время как оптимальные коэффициенты угла наклона траектории или эквивалентные отношения подъемной силы к лобовому сопротивлению могут быть получены для формы с высоким характеристическим отношением.

Внешний корпус рассчитывается так, чтобы минимизировался коэффициент лобового сопротивления в диапазоне режимов потоков жидкости, определяемых числами Рейнольдса, которые описывают поведение аппарата для определенных режимов. Внешний корпус содержит слой внешней обшивки (не показан) и нижний слой (показан на фиг. 1b косыми линиями).

Схема конструкции второго варианта 30 предлагаемого в изобретении аппарата приведена на фиг. 3а и 3b. Конструкция аналогична описанной выше за исключением того, что вместо двухвинтовой движительной системы с изменяемым вектором тяги используется бионическая двухплавниковая движительная система с изменяемым вектором тяги. В этом случае движительная система содержит два плавника 31, 32, которые установлены с возможностью поворота на внешнем корпусе в кормовой его части и могут поворачиваться на 180° между первым (убранным) положением, показанным сплошными линиями на фиг. 3а и 3b, и вторым положением, показанным пунктирными линиями на фиг. 3b. Каждый плавник поворачивается с помощью отдельного бесщеточного электродвигателя постоянного тока с использованием механического редуктора, который предпочтительно содержит винтовую червячную передачу (не показана), и приводы плавников могут работать в нескольких режимах. В такой конструкции плавники изготавливаются из особого сорта полиуретана, который обеспечивает определенную гибкость плавников, нагружаемых в процессе циклических перемещений из одного положения в другое, причем указанная гибкость обеспечивает эффективное направление толкающего волнового вихря назад от каждого плавника.

В одном из режимов плавники совершают несинфазные циклические движения для обеспечения движения жидкости с перемешиванием, в результате чего аппарат перемещается вперед вдоль оси корпуса. В другом режиме плавники совершают синфазные циклические движения также для обеспечения движения аппарата вперед вдоль оси корпуса.

В другом режиме плавники совершают циклические движения, причем центры дуг циклических движений смещены вверх и вниз от горизонтальной плоскости, проходящей через ось корпуса и ось по-

ворота плавников, и в результате обеспечивается движение аппарата вперед и вращение, причем вращение может осуществляться в любом направлении в зависимости от относительного смещения плавников, совершающих циклические движения.

В другом режиме плавники совершают синфазные циклические движения, и при этом центры дуг циклических движений смещены вверх и вниз от вышеуказанной горизонтальной плоскости. В этом режиме обеспечивается движение аппарата вперед, а также поворот по углу тангажа вокруг центра тяжести, и, таким образом, он может использоваться для погружения аппарата или подъема его на поверхность. При использовании этого режима с вращением аппарата вокруг оси корпуса, обеспечивается поворот аппарата по углу рысканья.

В такой бионической движительной системе может осуществляться непрерывное изменение частоты и величины возбуждающих сигналов для каждого плавникового движителя, а также непрерывное изменение центров дуг, описываемых плавниками, отдельно для каждого плавника, и непрерывное изменение фазы между движениями плавников. Поэтому такая конструкция позволяет обеспечить хорошую эффективность работы движительной системы как на малых, так и на высоких скоростях.

В другом варианте такой конструкции используются аналогичные плавники, совершающие циклические движения, но при этом в конструкцию введены трехэлементные петлевые шарниры, расположенные примерно посередине между точкой поворота плавника и его концом. Эти петлевые шарниры, изготавливаемые из нержавеющей стали, совершают циклические движения, сфазированные с возбуждающими сигналами, обеспечивающими циклическое движение плавников вокруг их центров вращения. Такая конструкция обеспечивает получение бегущей волны, амплитуда которой при повороте плавника равна x у составного петлевого шарнира, и y у конца плавника амплитуда волны равна y , причем y больше чем x . Эта конструкция позволяет реализовать все вышеописанные режимы работы движительной системы со всеми их достоинствами, однако, в данном случае эффективность работы движительной системы повышается за счет точного согласования фаз возбуждения приводов поворота плавника и составного петлевого шарнира для получения бегущей волны, создающей импульс движения.

На фиг. 4а-4с представлен вид конструкции третьего варианта 40 предлагаемого в изобретении аппарата. Она аналогична конструкции, вид которой представлен на фиг. 3а и 3б, и в ней также используется бионическая двухплавниковая движительная система с управляемым вектором тяги. Два осесимметричных плавника 41, 42 установлены на корме, и их форма соответствует форме кольцевого корпуса. Плавники одинаковы, и на фиг. 4с представлен вид сечения плавника 42. Оболочка внешнего корпуса заканчивается в точке 43, однако, нижний слой (обладающий гибкостью) продолжается в направлении плавника, причем материал нижнего слоя содержит эластомер, такой как, например, полиуретан. Плавник содержит несущий каркас, состоящий из ближней пластины 44 и удаленной пластины 45, соединенных шарниром 46. Два ребра 47, 48 проходят вдоль части противоположных сторон ближней пластины. К обоим концам оси 46 вращения прикреплен трос, охватывающий ведомый шкив 50. Вращение шкива приводит к повороту ближней пластины 44 относительно ребер 47, 48, а удаленная пластина вращается относительно оси вращения 46 (показано пунктирными линиями на фиг. 4с). Циклическое движение (качание) плавника 42 достигается за счет вращения шкива в одну и другую стороны. Два дополнительных троса (не показаны) используются для управления верхним и нижним углами хвостовой части плавника, так что эти углы могут управляться независимо для одного движителя и независимо от другого движителя, таким образом, что при таком способе каждому концу плавника придается положительный или отрицательный изгиб гидродинамического крыла. Этот способ позволяет обеспечить высокую маневренность аппарата.

В альтернативном варианте конструкции такого механизма привода движителя используются два электромагнита 51, 52, расположенные по обеим сторонам ближней пластины, которые работают при прохождении электрического тока по катушкам электромагнитов, так что подача на электромагниты сигналов, находящихся в противофазе, вызывает качание ближней пластины. Возбуждением электромагнитов управляет устройство управления (не показано), которое также управляет электродвигателем, приводящим шкив 50 и удаленную пластину для обеспечения ее качания, при этом сдвиг фаз качания ближней и удаленной пластин точно выдерживается устройством управления, так что движитель обеспечивает создание бегущей волны, придающей судну импульс движения. Ясно, что в такой конструкции могут быть реализованы и другие варианты, в том числе с использованием на ближней пластине магнитов из редкоземельных материалов, и схем качания, в которых положения магнитов и электромагнитов противоположны.

Основным отличием варианта с использованием бионической движительной системы в сочетании с кольцевым корпусом является то, что рабочие ходы (гребки) плавников выполняются осесимметрично, в результате чего повышается эффективность работы движительной системы аппарата. Такая конструкция точно так же, как и предыдущие конструкции, может обеспечивать вышеописанные режимы работы движительной системы за исключением того, что вращение аппарата обеспечивается асимметричным приводом углов хвостовой части плавников. Пластины могут быть жесткими, или же они могут быть гибкими при условии, что их гибкость будет учитываться при расчете фаз сигналов возбуждения. Точно так же эффективная работа движительной системы обеспечивается за счет возбуждения и согласования

фаз приводов ближней и удаленной пластин и тросов, приводящих концы хвостовой части плавников, так что чередующиеся пары осесимметричных бегущих волн, придающих судну момент движения, распространяются от основания каждого плавника к его хвостовой части.

Как указывалось выше, такая конструкция бионической движительной системы в сочетании с кольцевым корпусом обеспечивает несколько степеней свободы в наладке системы для обеспечения максимальной эффективности ее работы.

Должно быть ясно, что число плавниковых движителей, связанных с кольцевым корпусом, как показано на фиг. 4а-4с, может быть легко увеличено до большего значения n , и в предельном случае плавниковые движители сливаются друг с другом по окружности хвостовой части аппарата, в результате чего формируется непрерывный гибкий кольцевой бионический движитель.

Ниже описывается конкретный вариант реализации такого гибкого кольцевого бионического движителя. Приводные узлы, описанные выше в отношении аппарата с осесимметричной двухплавниковой движительной системой, дублируются по задней части кольца для $n=10$, так что ближние и удаленные пластины заключены в конформную гибкую полиуретановую оболочку, которая прикреплена к задней части кольцевого корпуса аппарата. В этом случае исключаются дополнительные тросы для концов хвостовой части плавников, поскольку они становятся излишними, когда плавниковый движитель полностью заключен в гибкое и конформное кольцо.

Ближние и удаленные пластины приводятся в движение так же, как это было описано выше, в результате чего непрерывно нарастающая толкающая бегущая волна возбуждается от основания гибкого кольца к его хвостовой части, так что аппарат будет продвигаться вперед вдоль оси корпуса. В этом варианте осуществления изобретения управление движением аппарата по углу тангажа и рысканья максимально упрощается, поскольку становится возможным управление по всей периферии гибкого кольца, и возбуждение ближних и удаленных пластин может осуществляться независимо.

На фиг. 5а-5с представлен вид конструкции планирующего аппарата 100. Корпус аппарата имеет кольцевую конструкцию, как показано на фиг. 5а, и имеет вытянутую назад форму для минимизации лобового сопротивления, для снижения остаточной энергии, высвобождаемой в вихрях спутной струи, для обеспечения устойчивости по углам тангажа и рысканья и для обеспечения нового механизма управления угловым положением. На фиг. 5b и 5с приведены виды аппарата сбоку и в плане, соответственно, причем пунктирными линиями указана форма профиля гидрокрыла. Внешний корпус имеет такую же конструкцию, как и у аппаратов, схемы конструкций которых представлены на фиг. 1-4, и так же содержит различные датчики, аккумуляторные батареи и герметичные контейнеры, которые на фиг. 5а-5с не показаны, чтобы не загромождать чертежи.

Корпус имеет четыре носовые оконечности 101-104 и четыре кормовые оконечности 105-108, которые разнесены по периферии корпуса с шагом 90° .

Поплавковый движитель (не показан) расположен внутри внешнего корпуса, и его работа может осуществляться циклически, так что аппарат будет попеременно погружаться и всплывать. Точно регулируемым изменением относительного положения центров тяжести и плавучести аппарат может быть наклонен при погружении и подъеме на поверхность, и, таким образом, внешним корпусом создается подъемная сила, так что судно может придаваться движение вперед. Это дает возможность использовать аппарат 100 в качестве планирующего аппарата, двигающегося за счет изменения плавучести, который может использоваться автономно или в составе флотилии аппаратов с автономным управлением, причем аппарат может программироваться для исследования больших пространств океана, его дна или береговой линии без необходимости вмешательства местных групп обеспечения.

В этом конкретном варианте осуществления изобретения предлагается аппарат с очень низким потреблением энергии, поскольку гидродинамическое сопротивление минимизировано, и отпадает необходимость в непрерывной работе движителя, так как движущая сила вырабатывается поплачковым движителем, который изменяет свое состояние всего два раза в одном цикле погружения-всплытия, и поэтому потребление электрической энергии также минимизировано.

В то время как классические океанские планирующие аппараты изменяют свою плавучесть и изменяют положение масс по оси корпуса, в этом конкретном варианте осуществления изобретения поддерживается постоянная масса и изменяется плавучесть аппарата и положение центра плавучести путем регулируемого перемещения его поплачкового движителя по кольцу (не показано), которое размещено внутри кольцевого корпуса аппарата и проходит по периферии вытянутой назад формы корпуса. В режиме подъема аппарата поплачковый движитель находится возле верхней носовой оконечности 101, так что центр плавучести будет впереди центра тяжести, то есть носовая часть аппарата поднимется. При перемещении поплачкового движителя на левый или правый борт по периферии корпуса с помощью приводного электродвигателя аппарат будет поворачиваться вокруг продольной оси корпуса, и, поскольку центр плавучести будет смещаться назад за центр тяжести, нос аппарата будет наклоняться вниз. Затем поплачковый движитель создает отрицательную плавучесть, и аппарат будет планировать в глубину. В некоторый заданный момент времени или на заданной глубине поплачковый движитель перемещается по направляющему кольцу, и аппарат начинает поворачиваться вокруг оси корпуса, центр плавучести перемещается вперед выше оси корпуса при повороте корпуса на 90° , после чего нос аппарата поднимает-

ется, плавучесть становится положительной, и аппарат будет плавно подниматься к поверхности океана.

На судне также может быть установлено одно или несколько устройств, которые извлекают энергию из термоклина при спуске на глубину и подъеме на поверхность, поскольку в океанах перепад температур на поверхности и на глубине 600 м часто составляет 20°C и более и 75% океанской воды имеет температуру 4°C и ниже, в то время как температура поверхности океана могут превышать 30°. Одним из таких устройств получения энергии является один из вариантов системы 900 управления плавучестью, представленной на фиг. 15a-15d, в которой термочувствительный материал с легким переходом из одной фазы в другую (МФП) (i) помещен внутри камеры (a), которая формирует часть тороидального герметичного резервуара, и несколько тороидальных алюминиевых труб (b) также размещены в этой камере. Стенка камеры также изготовлена из алюминия и заключена внутри слоя изолирующего композиционного конструкционного материала, такого как, например, синтактическая пена или неопрен или эпоксидная смола в сочетании с нитями стекловолокна или углеволокна, причем такие нити наматываются по спирали вокруг тороидальной камеры, и такие материалы обеспечивают низкую теплопроводность между внутренним и внешним слоями. Также имеются еще две другие тороидальные камеры (c), (d), которые могут быть отдельными тороидами или частями первого тороида, конструкция которого может быть разделена на три или более сектора вокруг его оси.

Камера (a) соединена с каналом, который открывается в забортное пространство, так что морская вода может поступать в секцию этой камеры, которая содержит также гибкую мембрану, имеющую низкую теплопроводность, или поршень с уплотняющим кольцом, для обеспечения физического барьера между камерой (a) и забортным пространством. Камера (a) также прилегает к камере (j), содержащей сжатый газ, которая также соединяется с забортным пространством посредством двух гибких мембран, отделенных некоторым количеством жидкости, и одного клапана. Камера (c) соединяется с двумя каналами и двумя клапанами (h), соединяющими алюминиевые трубы внутри камеры (a). Тороидальный герметичный контейнер также содержит дополнительную (необязательную) камеру (k), содержащую газ под низким давлением, с узлом гибкой мембраны и каналом, сообщающимся с забортным пространством. Камера (d) также соединяется с двумя каналами и двумя клапанами (h), которые соединяются с теми же алюминиевыми трубами, а также могут содержать термоэлектрические полупроводниковые приборы (ТЭПП) (e), работающие на эффекте Пельтье, причем любая из сторон таких приборов обеспечивает путь с низким тепловым сопротивлением, соединяющий с забортной морской водой или внутренней текучей средой. Камеры (c) и (d) также содержат каналы и клапаны, которые открываются в забортную морскую воду.

Для открытия и управления клапанами и каналами в процессе работы аппарата используется устройство управления (f) и один или несколько насосов (g). Камера (c) наполняется или пополняется теплой водой, когда аппарат находится возле поверхности, а камера (d) заполняется или пополняется холодной морской водой, когда аппарат находится на глубине. Устройство управления (f) может также использоваться для подачи на полупроводниковые переходы ТЭПП разности потенциалов, для того чтобы снизить температуру текучей среды в камере (d) при приведении аппарата в исходное состояние, когда он находится возле поверхности. Вместо этого в альтернативном варианте может использоваться простое балластное устройство, для того чтобы начать первый цикл погружения аппарата.

Устройство управления (f) управляет работой каналов, клапанов и насоса, когда аппарат находится вблизи поверхности жидкости, для сжатия сухого газа (I), используя увеличенный объем МФП (i), который подвергается действию повышенной температуры поверхностного слоя через трубы (b) и резервуар (c) с теплым носителем и забортной жидкости. После установления давления в камере (j) и сжатия газа (I) клапаны закрываются, в результате чего осуществляется накопление энергии. Аппарат может погружаться с использованием статической отрицательной плавучести, или с использованием устройства с нестационарным балластом, или путем изменения его удельного веса посредством воздействия пониженной температуры на МФП (i) с использованием устройства (f) управления и камеры (d) или ТЭПП или их сочетаний. В предпочтительных вариантах осуществления изобретения резервуары (c), (d), трубы (b) и насос способствуют циркуляции морской воды для минимизации возможного снижения эффективности, связанного с местными градиентами температуры. Полученное падение температуры на МФП эффективно поддерживается путем перекрытия соединения алюминиевых труб (b) внутри массы МФП, в результате чего происходит переход МФП из жидкой фазы в твердую и соответствующее уменьшение его объема, которое приводит к увеличению удельного веса аппарата, так что он становится тяжелее морской воды и поэтому погружается.

При достижении заданной глубины устройство (f) управления открывает каналы, клапаны и включает насос для выпуска сжатого газа (I), так что перемещается гибкая мембрана и вытесняется определенный объем забортной жидкости, в результате чего удельный вес аппарата становится положительным относительно забортной жидкости, и аппарат начинает всплывать. В процессе подъема устройство (f) управления приводит в действие каналы, клапаны и насос для перекачивания теплой морской воды из камеры (c) в камеру (a) по трубам (b), и морская вода снова перемещается между этими двумя камерами. Полученное в результате этих действий повышение температуры вокруг МФП приводит к его переходу из твердой фазы в жидкую и к соответствующему увеличению объема, которое еще больше снижает

удельный вес аппарата, так что скорость его подъема может быть увеличена.

В таком устройстве могут быть использованы разные материалы с легким переходом из одной фазы в другую, такие как, например, парафины, жирные кислоты или гидраты солей, причем материал или определенная смесь материалов выбирается таким образом, чтобы их фазовые переходы происходили в диапазоне температур, который характерен для термоклина района применения, и, более конкретно, чтобы переход между твердой и жидкой фазами происходил в диапазоне 8-16°C, хотя может осуществляться более точный выбор материала в зависимости от предполагаемого профиля глубин и от местных температур воды.

Достоинство настоящего изобретения сохраняется и при использовании альтернативных устройств управления плавучестью за счет встраивания МФП в герметичный тороидальный резервуар, размеры и форма которого и помещенные в нем материалы обеспечивают высокоэффективное устройство изменения удельного веса аппарата при его прохождении через термоклин.

В другом варианте такого устройства получения энергии осуществляется извлечение дополнительной энергии из термоклина для повышения эффективности работы и расширения радиуса действия аппарата. В этом альтернативном варианте ТЭПП (е), расположенный в камере (d), и устройство управления (f) совместно обеспечивают разность потенциалов между двумя полупроводниковыми переходами ТЭПП, когда между его противоположными сторонами поддерживается разность температур, которая конечно обеспечивается последовательно в процессе выполнения циклов погружения и подъема на поверхность. Эта разность потенциалов подается на батарею конденсаторов большой емкости и затем в аккумуляторную батарею через высокочастотный преобразователь постоянного напряжения в постоянное напряжение, который минимизирует электрические потери и обеспечивает коэффициент передачи энергии, превышающий 90%. Такое устройство получения дополнительной энергии также может быть модифицировано таким образом, чтобы ТЭПП был размещен между камерой (d) низкой температуры и камерой (c) повышенной температуры, как показано на фиг. 15a и 15d.

Кроме того, на судне может использоваться один из многих альтернативных вариантов устройства управления плавучестью, в том числе системы со сжатым газом, или гидравлический насос, электропривод и системы с поршневым клапаном, в которых запасаемая энергия используется для удаления воды из некоторой емкости внутри аппарата.

Дополнительное достоинство такой системы управления плавучестью заключается в возможности ее расширения, для чего может быть использован тороидальный резервуар больших размеров, или могут использоваться группы тороидов, как изображено на фиг. 15d. В другом варианте такой конструкции в устройстве управления плавучести, изображенном на фиг. 15a, вместо тороидального резервуара используется спиралевидный резервуар (см. фиг. 15b и 15c). В такой схеме при сохранении тороидальной формы и основной конфигурации конструкции обеспечивается увеличение ее емкости, в результате чего эффективно решается задача перемещения больших объемов жидкости, которая является достаточно непростой для других известных технических решений.

Хотя в вышеописанном варианте в качестве источника импульса движения используется только плавучесть, однако, ясно, что могут быть использованы и другие варианты, в которых охватывают суда с малым потреблением энергии, в которых используются плавниковые движители или кольцевые движительные системы, описанные для вариантов 30, 40 предлагаемого в изобретении аппарата. Кроме того, на рассматриваемом судне с малым потреблением энергии может использоваться движительная установка с гребными винтами, описанная для варианта 1 предлагаемого в изобретении аппарата.

В другом варианте предлагаемого в изобретении планирующего аппарата с малым потреблением энергии, поплавок движитель может быть неподвижным, и вместо него вокруг герметичного контейнера с помощью двигателя регулируемым образом может перемещаться масса для эффективного перемещения центра тяжести вперед или назад и соответствующего изменения положения аппарата по углу тангажа. Еще в одном варианте осуществления изобретения по кольцу могут перемещаться и масса, и поплавок движитель.

Кроме того, на судне могут использоваться солнечные элементы, указанные выше для других вариантов предлагаемого в изобретении аппарата, которые обеспечивают пополнение энергии аккумуляторных батарей, когда аппарат находится вблизи поверхности или на поверхности, в результате чего увеличивается время автономной работы аппарата.

Также ясно, что аппарат может быть модифицирован таким образом, чтобы можно было изменять его размеры. Кольцевая конструкция является предпочтительной в этом отношении: она обеспечивает конструктивную гибкость, и поэтому аппараты такой конструкции могут иметь длину 30 - 60 м и более.

На фиг. 6a и 6b представлены виды в перспективе и сбоку альтернативного варианта герметичного контейнера 150, аналогичного контейнеру, показанному на фиг. 1a и 1b. Два сравнительно больших тороидальных герметичных контейнера 151, 152 соединены между собой продольными балками 153 - 156. Два сравнительно меньших тороидальных контейнера 157, 158 расположены впереди и позади больших контейнеров 151, 152 и соединены с ними продольными балками 159-164. Продольные балки сами могут быть герметичными контейнерами, так что вся конструкция будет представлять собой один герметичный контейнер, или же продольные балки могут быть сплошными конструкционными элементами, и

в этом случае тороиды формируют четыре отдельных герметичных контейнера. Тороидальная форма обеспечивает погружение на глубину при сравнительно небольшой массе и малых затратах.

На фиг. 7 приведен вид в перспективе инерциальной системы 200 управления угловым положением. Внутри одного из герметичных тороидальных контейнеров установлена кольцевая опорная рама 201. Для системы 200 показана "плоская" рама, подходящая для установки в соответствующем "плоском" герметичном тороидальном контейнере, например, в одном из контейнеров аппарата 1, 30 или 40. Однако система может быть устроена так, чтобы она вписывалась и в "вытянутую" конфигурацию контейнера, рассмотренную выше в описании, путем соответствующего изменения формы рамы 201.

На раме установлены две первых массы 202, 203, оси которых перпендикулярны оси корпуса. На раме установлены две вторых массы 204, 205, оси которых параллельны оси корпуса. Каждая масса может вращаться вокруг своей оси независимо от других масс с помощью соответствующего электродвигателя. За счет придания ускорений массам 202, 203 равные угловые ускорения, направленные в противоположную сторону, придаются судну, для обеспечения управления по углу тангажа. За счет придания ускорений массам 204, 205 равные угловые ускорения, направленные в противоположную сторону, придаются судну, для обеспечения управления по углу крена (см. фиг. 7). Одновременное изменение углов тангажа и крена обеспечивает изменение угла рысканья.

На фиг. 8 изображен аппарат 210, конструкция которого представляет собой вариант первого аппарата 1. Аппарат 210 является точной копией аппарата 1, но содержит дополнительно передатчик 211 и датчик 212 гидроакустической станции. На фиг. 8 внизу показан вид в перспективе поверхности 213. Поверхность 213 параллельна оси корпуса. Аппарат движется поступательно в направлении оси корпуса, как показано стрелкой V над поверхностью 213. Кроме того, аппарат непрерывно вращается вокруг оси корпуса, как показано стрелками V. Передатчик 211 формирует луч 214, который описывает спиральную траекторию, в результате чего на поверхности формируются полосы 215 развертки луча. Ось диаграммы направленности приемника 212 описывает соответствующую спиральную траекторию, в результате чего на поверхности формируются полосы развертки. Устройство управления (не показано) обеспечивает улучшение эффективного разрешения изображений, принимаемых датчиком 212, путем обработки информации датчика, соответствующей последовательным полосам развертки, для получения синтезированной апертуры датчика в двух измерениях.

Аналогичный принцип может быть использован в альтернативном варианте (не показан) предлагаемого в изобретении аппарата, в котором лучи передатчика и датчика ориентированы параллельно оси корпуса, и аппарат движется поступательно параллельно поверхности, причем ось корпуса наклонена относительно поверхности. В этом случае лучи описывают на поверхности криволинейную траекторию вместо ряда полос.

Если обеспечивающая инфраструктура отсутствует, то аппарат 1 может ставиться на стоянку, как показано на фиг. 9а и 9б. Ангар для аппарата имеет внутреннюю стенку 230, поперечное сечение которой показано на фигурах. Ангар может быть сформирован ниже уровня поверхности воды в корпусе корабля обеспечения или в стационарной инфраструктуре, такой как, например, инфраструктура гавани или причал в открытом море. Аппарат 1 входит в ангар, двигаясь (показано стрелкой V) вдоль оси корпуса, пока он не окажется внутри ангара, как показано на фиг. 9б. Вращение аппарата вокруг оси корпуса при его входе в ангар повышает устойчивость и обеспечивает точное позиционирование. Аппарат может выйти из ангара при изменении направления вращения гребных винтов.

На фиг. 9с показана часть индуктивной системы зарядки аккумуляторных батарей. Кольцевая первичная катушка 231 в ангаре соединяется индуктивно с кольцевой вторичной катушкой 232 на аппарате для зарядки его аккумуляторных батарей.

Во втором варианте конструкции ангара, показанном на фиг. 10, в нем имеется выступ 240, который входит в проход 5 аппарата и прижимается к внутренней стенке корпуса для фиксации аппарата.

Третий вариант постановки аппарата на стоянку показан на фиг. 11 для альтернативного варианта 260 аппарата, аналогичного по форме аппарату 100. В этом случае вместо цилиндрического ангара используется полая выступающая конструкция 250, которая показана в разрезе (хотя вид аппарата 260 дается не в разрезе). Выступающая конструкция 250 входит в проход аппарата и прижимается к внутренней стенке корпуса для фиксации аппарата. В этом случае аппарат 260 представляет собой буксируемый вариант конструкции "вытянутое крыло", представленной на фиг. 5b с креплением 261, присоединенным к носовому выступу 262. В проходе отсутствуют какие-либо части конструкции (например, гребные винты или плавники), и поэтому выступающая конструкция 250 может располагаться по всей длине прохода аппарата. Для выхода аппарата причал наклоняют, так что аппарат соскальзывает с выступающей конструкции под действием силы тяжести. Индуктивная система зарядки аккумуляторных батарей может использоваться так же, как показано на фиг. 9с.

На фиг. 12а, 12b и 12с приведены виды спереди, слева и в плане, соответственно, шестого варианта 600 предлагаемого в изобретении аппарата. Корпус аппарата вытянут по оси 601 корпуса так же, как и в случае аппарата, вид конструкции которого приведен на фиг. 5а-5с, однако, в этом случае корпус имеет вытянутую вперед переднюю часть с носовым выступом 602 и кормовым выступом 603 и вытянутую назад заднюю часть с носовым выступом 604 и кормовым выступом 605. Аппарат относится к плани-

рующим аппаратам и снабжен поплавковым движителем (не показан) и инерциальной системой управления угловым положением (не показана), аналогичной по конструкции системе, представленной на фиг. 7. То есть аппарат характеризуется полностью конформной внешней формой и не имеет никаких частей конструкции ни внутри прохода, ни выступающих с его внешней поверхности.

На фиг. 13a и 13b приведены виды спереди и слева, соответственно, аппарата 700. Конструкция показана с движительной системой, аналогичной системе, показанной на фиг. 1, с двумя движителями 705, 706 с регулируемым вектором тяги, причем на фиг. 13b видна направляющая насадка 708 гребного винта.

Аппарат соединен с кораблем обеспечения (не показан) с использованием системы креплений, в которую входит крепление 701 по левому борту, показанное на фиг. 13b, и крепление по правому борту (не показано), прикрепленное к корпусу симметрично левому креплению. Крепления формируют единую крепежную систему, обеспечивающую передачу информации и передачу тянущего усилия в процессе работы. Аппарат снабжен двумя дополнительными движительными устройствами 702, 703, которые установлены стационарно заподлицо с внешней поверхностью внешнего корпуса и обеспечивают управление по углу тангажа. На корме аппарата показан датчик 704.

На фиг. 14a и 14b приведены виды спереди и слева, соответственно, аппарата 800. Аппарат соединен с кораблем обеспечения (не показан) и буксируется с помощью одного буксировочного кабеля 801, по которому также может осуществляться обмен информацией с аппаратом. Буксировочный кабель 801 предпочтительно крепится к корпусу с помощью шарнира (не показан), хотя вполне удовлетворительно может использоваться и альтернативная конструкция с оттяжкой. На корме аппарата установлены четыре плавника. На фиг. 14b показаны верхний плавник 802, нижний плавник 803 и левый плавник 804, а плавник по правому борту скрыт конструкцией корпуса. Каждый из четырех плавников может качаться, как показано пунктирными линиями для плавников 802 и 803, для обеспечения управления по углами тангажа и рысканья. Аппарат 800 имеет более жесткую конструкцию и менее подвержен флаттеру крыла по сравнению с V-крылом. Данная конструкция также более эффективна чем V-крыло благодаря пониженному индуктивному сопротивлению и повышенной устойчивости по углу тангажа, поскольку корректирующий момент по углу тангажа выше.

Вышеописанные конструкции автономных подводных аппаратов, работающих в автоматическом режиме, могут использоваться для разведки, получения изображений, проверки и контроля, картографирования и для исследования океана. В этом случае аппараты с гребными винтами могут иметь 500 мм в диаметре и 600 мм в длину, и размеры вариантов планирующих аппаратов могут быть в 2-4 раза больше. Однако базовая конструкция аппарата является масштабируемой, и поэтому могут использоваться как очень небольшие аппараты, имеющие размеры порядка нескольких сантиметров, так и большие океанские аппараты, размеры которых измеряются десятками метров. На таких судах могут быть установлены различные датчики и приборы: лазеры, сейсмоприемники, гидрофоны, ультразвуковые излучатели низкой, средней и высокой частоты, электромагнитные датчики, датчики получения линейных и двухмерных изображений. Аппараты также пригодны для причаливания или стоянки в трубах или в ангарах или для выполнения спусков на слой жидкости и подъемов с этого слоя.

Устойчивость, создаваемая непрерывным вращением вокруг оси корпуса, обеспечивает режим зависания аппарата, т.е. возможность сохранения устойчивости практически при отсутствии поступательного движения. Это свойство отличает предложенный в изобретении аппарат от известных автономных подводных аппаратов, которые теряют устойчивость на малых скоростях. При работе в режиме зависания система обратной связи может "чувствовать" близость аппарата к внешнему объекту и управлять положением аппарата в зависимости от этой близости, например, путем возбуждения малой тяги, необходимой для того, чтобы удерживать аппарат на фиксированном расстоянии от объекта.

Альтернативным вариантом применения описанных аппаратов является дальние перевозки различных насыпных или наливных материалов (например, сырой нефти), при которых корпус аппарата заполняется таким материалом. Для такого применения длина кольцевого корпуса может составлять 20 м, а внешний диаметр может достигать 10 м. Материал может загружаться либо во внутренние герметичные контейнеры или во внешний корпус, либо и в контейнеры, и в корпус. Размер и/или характеристическое отношение аппарата могут быть увеличены, насколько это будет необходимо. Например, в случае необходимости транспортировки большого полезного груза увеличенная грузовая секция может быть выполнена в форме тороидального отсека, размещенного в некотором положении вдоль оси аппарата. В таких применениях, если аппарат наклонен относительно океанского течения, то он, конечно, может сноситься вбок за счет силы лобового сопротивления и подъемной силы, создаваемой океанским течением. Однако путем непрерывного вращения аппарата вокруг его оси боковые силы, создаваемые океанским течением, могут быть снижены. Вместо этого возникают силы Магнуса, которые действуют вверх или вниз, но не вбок.

Еще одним альтернативным вариантом применения аппаратов такого типа является погружение в трубах, заполненных жидкостью (например, в водопроводной трубе или в нефтепроводе), для выполнения контроля, ремонта или для других целей. В этом случае диаметр аппарата должен быть достаточно малым, чтобы он мог поместиться в трубе.

Напротив, в применении, связанном с прокладкой подводных кабелей, могут быть задействованы

аппараты гораздо больших размеров, так что внутри внешнего корпуса могут быть размещены длинные кабели для укладки с аппарата. Например, такой аппарат может нести открытую тороидальную грузовую секцию, вокруг которой может быть намотан тяжелый подводный кабель, причем грузовая секция может быть размещена внутри большого аппарата. Поэтому в конкретном варианте реализации такого аппарата применяется кольцевой корпус, имеющий длину 5,6 м и внешний диаметр 4 м. Движительная система такая же, как была описана выше для аппаратов меньших размеров, и при движении аппарата в продольном направлении задается вращение вокруг оси корпуса для автономного разматывания и укладки подводного кабеля.

Вышеописанные аппараты могут быть не только погружаемыми для обеспечения работы на больших глубинах, но и надводными аппаратами, которые могут только частично погружаться в процессе работы. В этом случае видеокамеры и приемники радиосигналов устанавливаются на верхней части внешней кольцевой оболочки, а приемники гидролокационной станции устанавливаются по нижней части тороидального корпуса. Надводный аппарат имеет такую же конструкцию и движительную систему, как и аппараты, описанные выше, и может быть реализован с использованием вытянутой или невытянутой тороидальной формы. Серьезным достоинством используемой кольцевой формы корпуса является улучшение устойчивости при работе аппарата на поверхности или вблизи нее, когда тороидальная форма с низким расположением центра тяжести и распределенной массой обеспечивает эффективное прохождение сквозь волны, причем движение устойчиво в отношении возмущений, создаваемых волнами и ветром, в гораздо большей степени, чем это может быть достигнуто в известных конструкциях надводных судов. Это обстоятельство особенно важно при выполнении разведки, получении изображений района или картографировании, когда непредсказуемое движение датчиков, вызываемое волнами и ветром, будет ухудшать точность полученных результатов. Кроме того, схемы движительной системы с двумя движителями с регулируемым вектором тяги, показанные на фиг. 2а, 2b, 3а, 3b и 4а-4с, обеспечивают выдерживание положения верхней части аппарата относительно поверхности моря и, соответственно, высоты датчиков над уровнем поверхности.

В других альтернативных вариантах каждого из вышеописанных судов, кольцо может иметь проемы или вырезы 110, 111 и лопасти 112, 113, 114 по обеим сторонам аппарата. В одном из примеров, который иллюстрируется на фиг. 5d, лопасти могут поворачиваться вокруг шарниров 115, 116, которые расположены на тороидальных стержнях, формирующих часть конструкции аппарата, причем три таких лопасти могут использоваться на каждом из двух или нескольких таких тороидальных стержней по левому и правому бортам аппарата. Хотя на фиг. 5d иллюстрируется конкретный вариант, в котором вырезы и лопасти устроены внутри кольца, однако, должно быть ясно, что этот принцип может быть применен и в инвертированной конструкции (не показана), в которой лопасти формируют переднюю и заднюю кромки кольца.

Для независимого привода лопастей или перевода их в нейтральное положение в зависимости от непосредственных задач, выполняемых аппаратом, и от преобладающих местных условий, используется соответствующее устройство управления. При нахождении лопастей в нейтральном положении они уменьшают действие поперечных течений, поскольку при этом обеспечивается эффективное прохождение потока жидкости вокруг лопастей и сквозь кольцевой корпус. Положение верхних и нижних лопастей может регулироваться устройством управления для эффективной положительной или отрицательной крутки крыла в любом или во всех квартилях тороида, в результате чего изменяются моменты лопастей по углам тангажа, крена и рысканья, что может использоваться для стабилизации аппарата или для быстрого изменения углов тангажа, крена или рысканья. В одном из примеров лопасти приводятся в движение бесщеточным электродвигателем, который размещен в герметичном корпусе, с использованием редуктора, так что перемещение лопасти в пределах $\pm 90^\circ$ может быть обеспечено в течение примерно 0,5 с. Ясно, что аналогичным образом могут использоваться также и центральные пары лопастей. В другом примере лопасти могут поворачиваться вокруг вала, который ориентирован по нормали к поверхности тороида и примерно проходит через центр тяжести аппарата, причем используются два таких вала и соответствующие лопасти, и оси обоих валов охватывают угол 90° и установлены под углом 45° к вертикальной плоскости, совпадающей с осью аппарата. Как и раньше, лопасти могут быть установлены в нейтральное положение или же они могут быть приводиться в движение, так чтобы перемещать жидкость в любом направлении, охваченном плоскостью, описываемой осями двух валов, с которыми соединены лопасти. В этом примере лопасти и валы могут приводиться в движение непосредственно соответствующими бесщеточными электродвигателями постоянного тока или же движение может передаваться через редуктор с зубчатой передачей.

Вышеуказанная высокая степень симметрии формы корпуса (если смотреть вдоль оси корпуса) обеспечивает преимущества в тех случаях, когда аппарат должно работать в режиме непрерывного вращения вокруг оси корпуса. Однако изобретение также охватывает и альтернативные варианты его реализации (не показаны), в том числе

варианты, в которых внутренняя и/или внешняя стенки внешнего корпуса не имеют круглой формы, если смотреть вдоль оси корпуса. Например, внешний корпус может иметь многоугольную кольцевую форму (квадратную, шестиугольную и т.п.);

варианты, в которых проход в корпусе разделен на два или более отдельных проходов с помощью подходящих перегородок;

варианты, в которых внешний корпус сам формирует два или более проходов;

варианты, в которых внешний корпус получают разверткой гидрокрыла с ламинарным обтеканием как тело вращения вокруг оси корпуса на угол меньше чем 360° . В этом случае проход будет частично открыт по щели, проходящей по длине корпуса. Если угол выбирается в диапазоне $180-360^\circ$ и предпочтительно ближе к 360° , то корпус будет оставаться, по существу, кольцевым для обеспечения гидродинамической подъемной силы при любом угле крена.

На фиг. 5a-5d и 12a-12с иллюстрируется схема планирующего погружаемого аппарата с поплавковым управляющим двигателем, однако, в альтернативном варианте профили корпуса, показанные на фиг. 5a-5d или на фиг. 12a-12с, могут использоваться в погружаемой планирующей игрушке, которую можно использовать, например, в плавательном бассейне. Профиль планирующего аппарата, показанный на фиг. 5d (без лопастей), является наиболее предпочтительным для такого применения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Погружаемый аппарат, снабженный внешним корпусом, который определяет ось корпуса и имеет, по существу, кольцевую форму, если смотреть вдоль его оси, а внутреннее пространство кольца представляет собой проход, открытый с обоих концов, так что когда аппарат погружен в жидкость, то она заполняет проход, причем аппарат содержит дополнительно средства для его вращения вокруг прохода.

2. Аппарат по п.1, в котором средства для его вращения вокруг прохода размещены в проходе.

3. Аппарат по любому из предыдущих пунктов, в котором средства для его вращения вокруг прохода содержат движительную систему.

4. Аппарат по п.3, в котором движительная система имеет симметрию вращения вокруг оси корпуса.

5. Аппарат по п.3 или 4, в котором движительная система содержит одну или более пар движителей, причем каждая пара содержит первый движитель, который устанавливается с возможностью поворота с первой стороны от оси корпуса, а второй движитель из этой пары устанавливается с возможностью поворота со второй стороны от оси корпуса напротив первого движителя.

6. Аппарат по любому из предыдущих пунктов, в котором средства для его вращения вокруг прохода содержат одну или более управляющих поверхностей.

7. Аппарат по п.6, в котором средства для его вращения вокруг прохода содержат одну или более пар управляющих поверхностей, каждая из которых содержит первую управляющую поверхность с первой стороны от оси корпуса и вторую управляющую поверхность со второй стороны от оси корпуса напротив первой управляющей поверхности.

8. Аппарат по п.6 или 7, в котором каждая управляющая поверхность содержит плавник.

9. Аппарат по любому из предыдущих пунктов, в котором средства для его вращения вокруг прохода содержат инерциальную систему управления, в состав которой входит одна или несколько масс, каждой из которых может быть придано ускорение, так чтобы равное ускорение, направленное в противоположном направлении, придавалось аппарату.

10. Аппарат по любому из предыдущих пунктов, который содержит дополнительно систему управления плавучестью.

11. Способ погружения аппарата в соответствии с любым предыдущим пунктом, который выполняет следующие стадии:

погружение аппарата в жидкость, в результате чего жидкость заполняет проход, и приведение аппарата во вращение вокруг оси корпуса за некоторое число оборотов.

12. Способ по п.11, содержащий дополнительно стадию удерживания аппарата от поступательного движения при приведении аппарата во вращение.

13. Способ по п.11, содержащий дополнительно стадию наклона аппарата под углом к течению в жидкости при его вращении вокруг его оси, в результате чего возникают силы Магнуса.

14. Способ по п.11, содержащий дополнительно стадию включения движительной системы в ограниченной части оборота аппарата.

15. Способ по п.11, в котором аппарат содержит дополнительно датчик, а способ дополнительно включает стадию придания аппарату поступательного движения при его вращении вокруг своей оси и стадию получения информации из датчика чаще чем один раз за оборот.

16. Способ по п.15, содержащий дополнительно стадию обработки информации датчика, полученную в процессе последовательных оборотов, для получения синтезированной апертуры датчика в двух измерениях.

17. Способ по п.11, содержащий дополнительно измерение близости аппарата к внешнему объекту и управление положением аппарата в зависимости от измеренного расстояния.

18. Способ по п.11, содержащий дополнительно стадию укладки кабеля с аппарата.

19. Применение аппарата по любому из пп.1-11, содержащий погружение аппарата в трубу, запол-

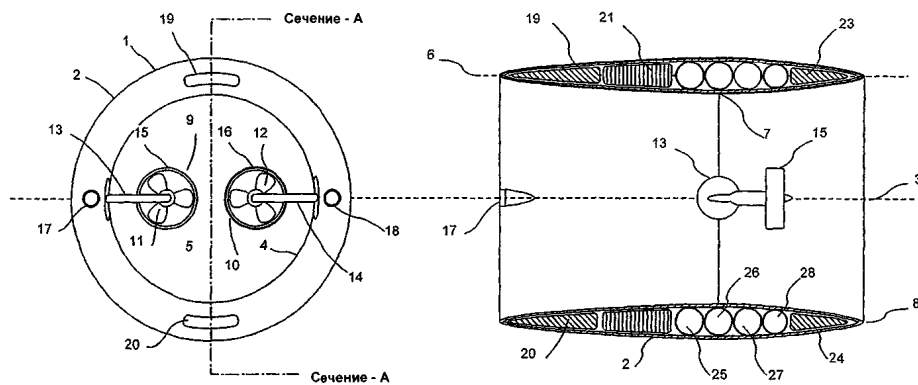
ненную жидкостью, для проверки, ремонта или других целей.

20. Способ постановки на стоянку аппарата, выполненного по любому из пп.1-11, который содержит введение аппарата в ангар, имеющий, по существу, цилиндрическую форму.

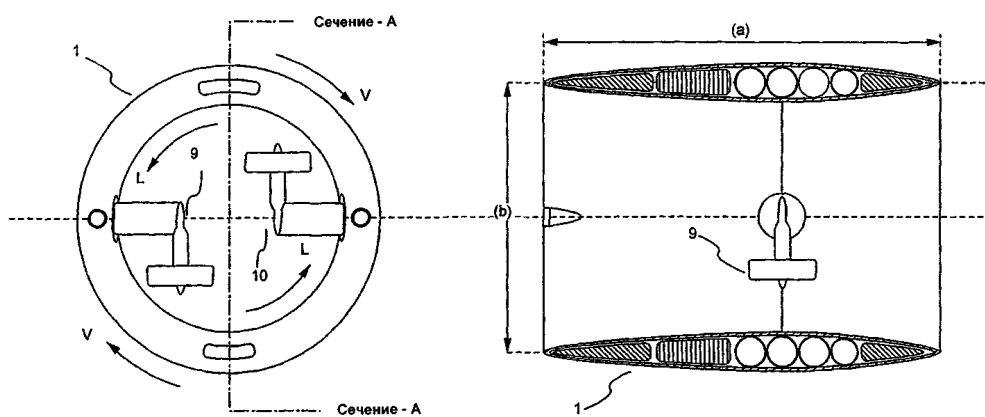
21. Способ постановки на стоянку аппарата, выполненного по любому из пп.1-11, который содержит введение выступа ангара в проход аппарата.

22. Способ разворачивания аппарата, выполненного по любому из пп.1-11, который содержит выведение аппарата из ангара, имеющего, по существу, цилиндрическую форму.

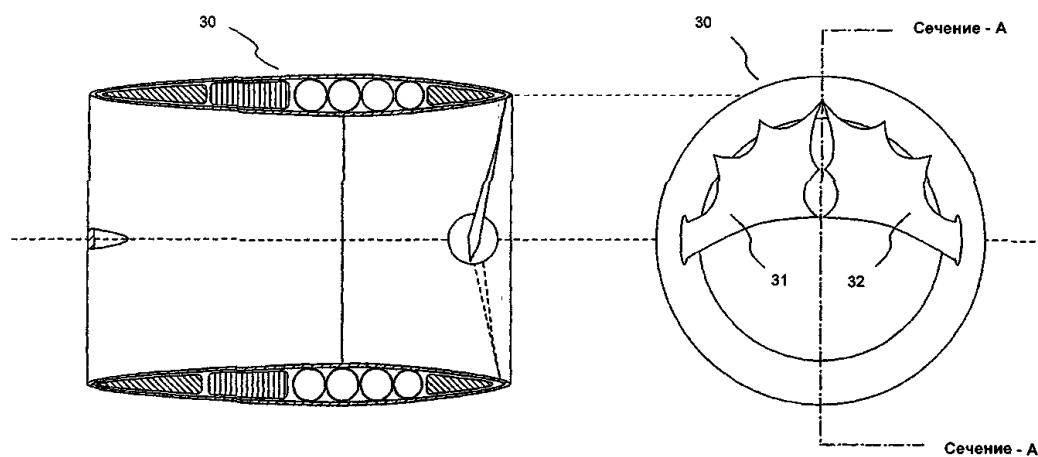
23. Способ разворачивания аппарата, выполненного по любому из пп.1-11, который содержит сход аппарата с выступа ангара, входящего в проход аппарата.



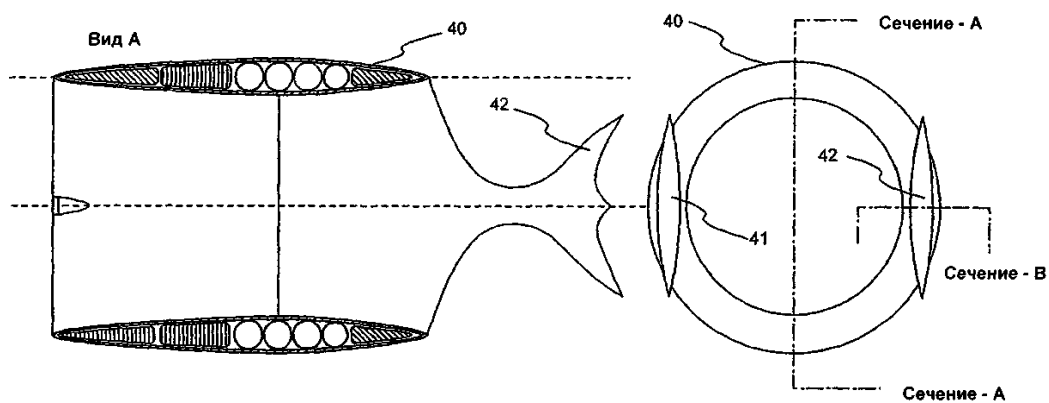
Фиг. 1a-1b



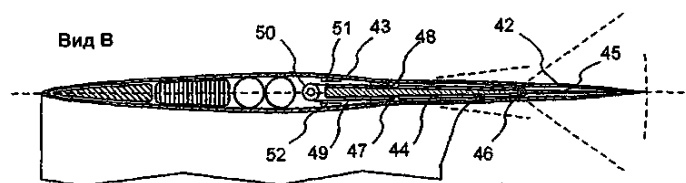
Фиг. 2a-2b



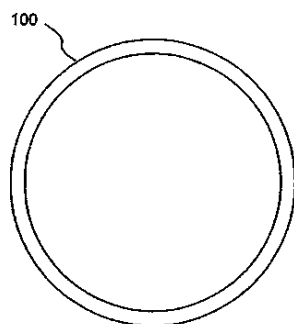
Фиг. 3b-3a



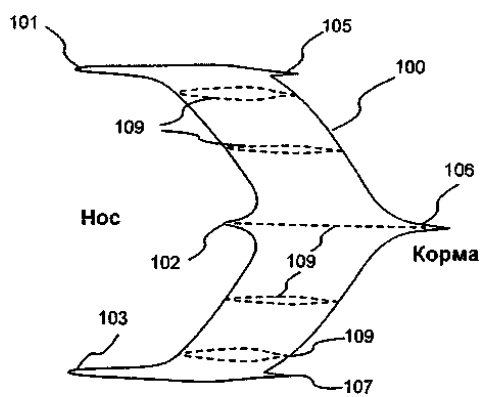
Фиг. 4b-4a



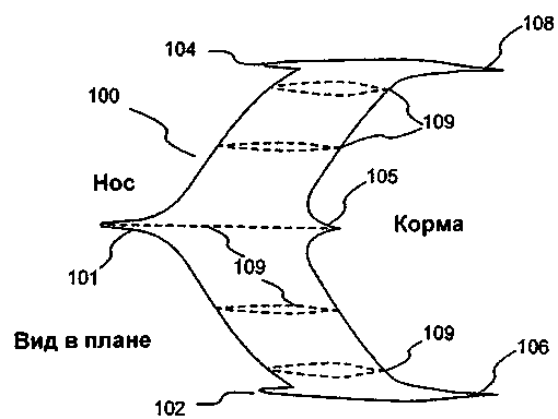
Фиг. 4с



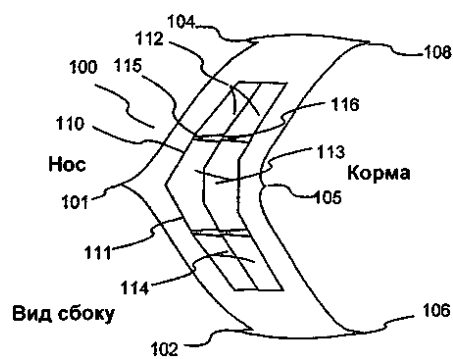
Вид спереди
Фиг. 5а



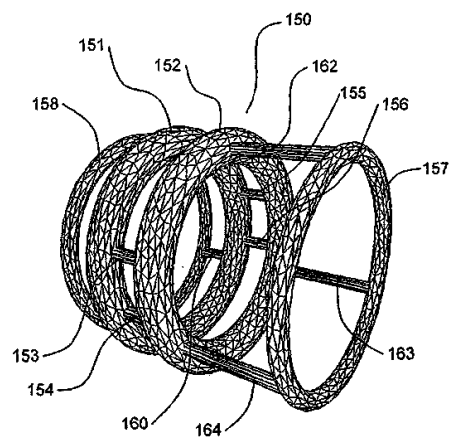
Вид с левого борта
Фиг. 5b



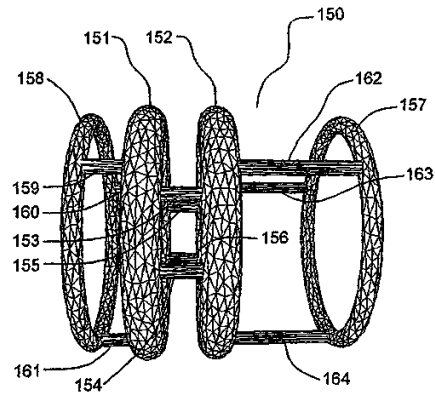
Фиг. 5с



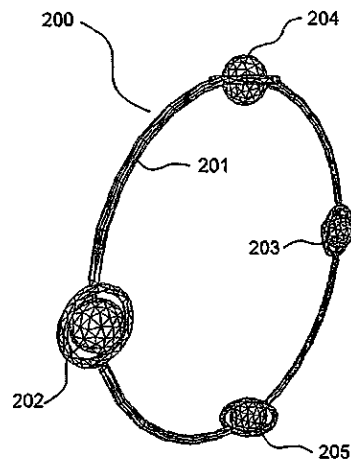
Фиг. 5d



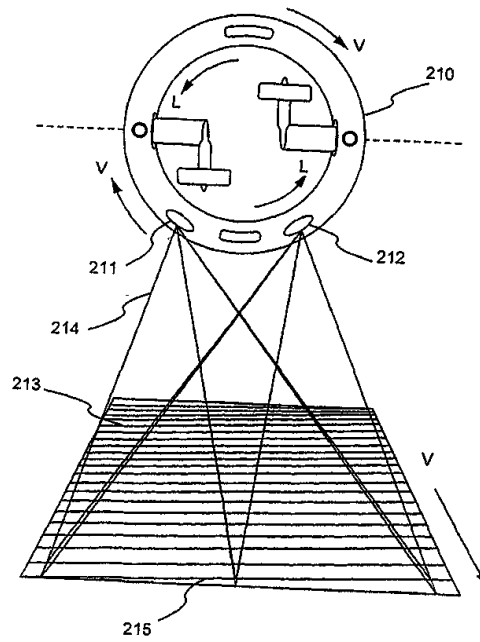
Вид в перспективе
Фиг. 6а



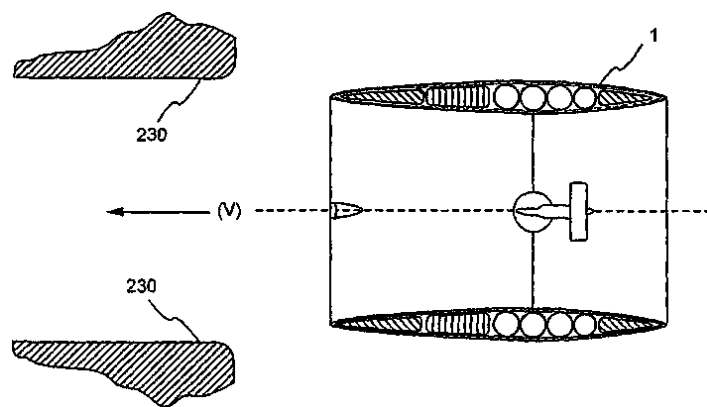
Вид сбоку
Фиг. 6b



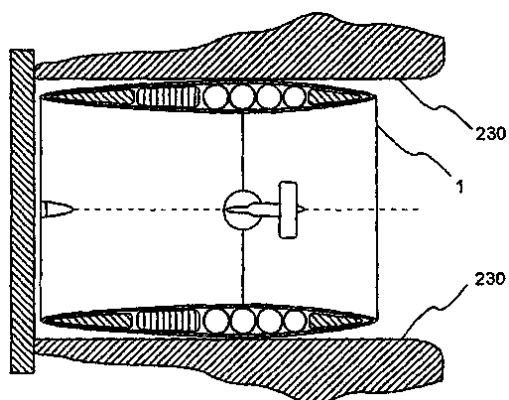
Вид в перспективе
Фиг. 7



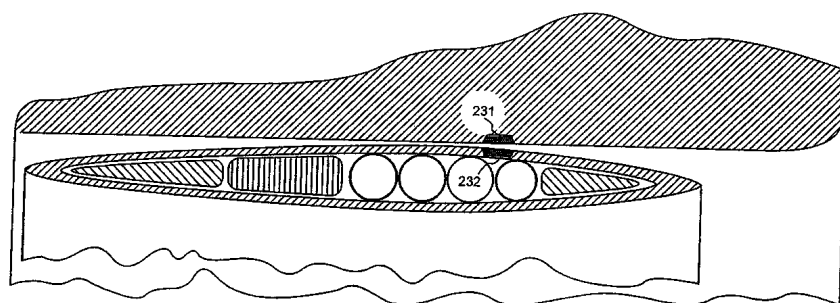
Фиг. 8



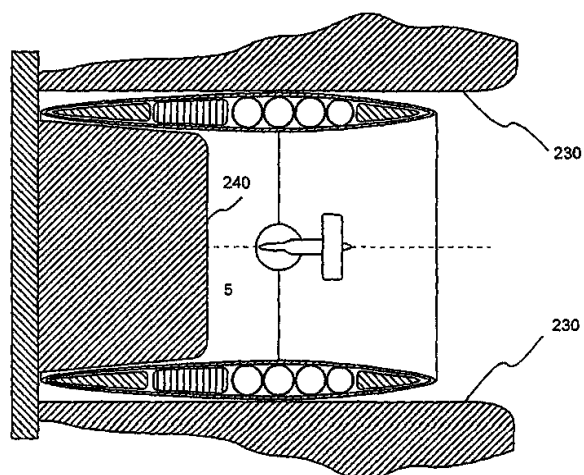
Фиг. 9а



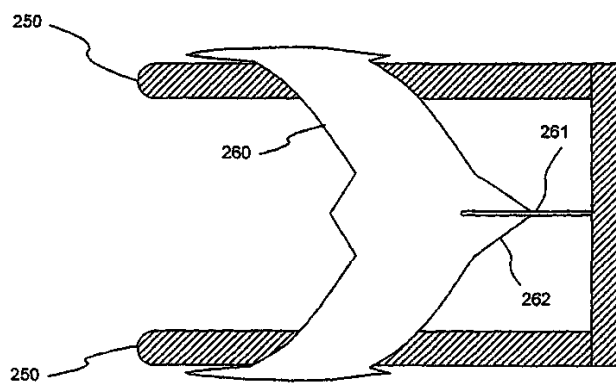
Фиг. 9b



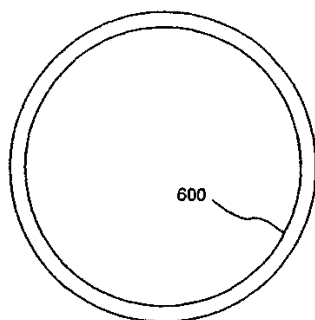
Фиг. 9с



Фиг. 10

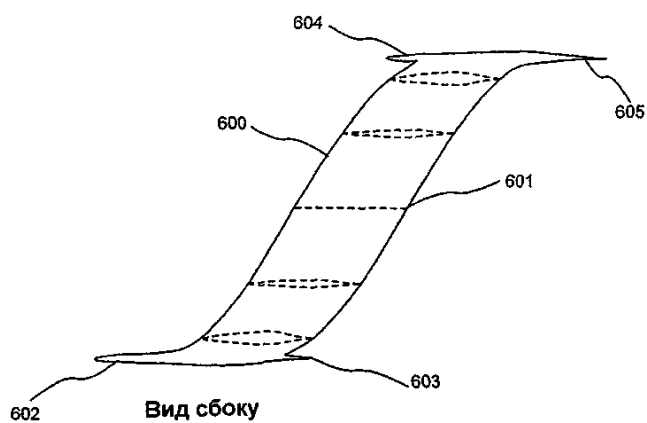


Фиг. 11



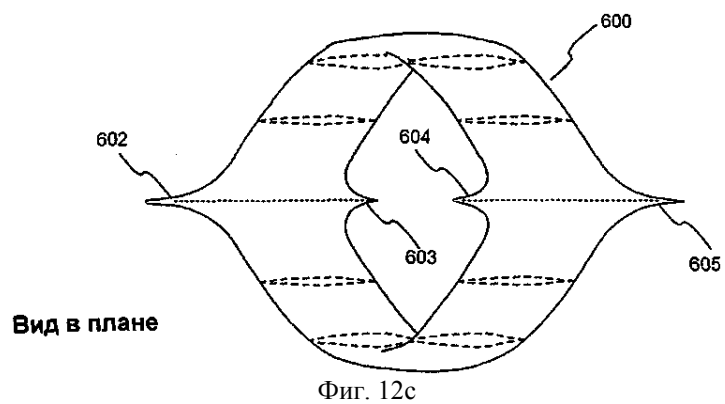
Вид спереди

Фиг. 12а



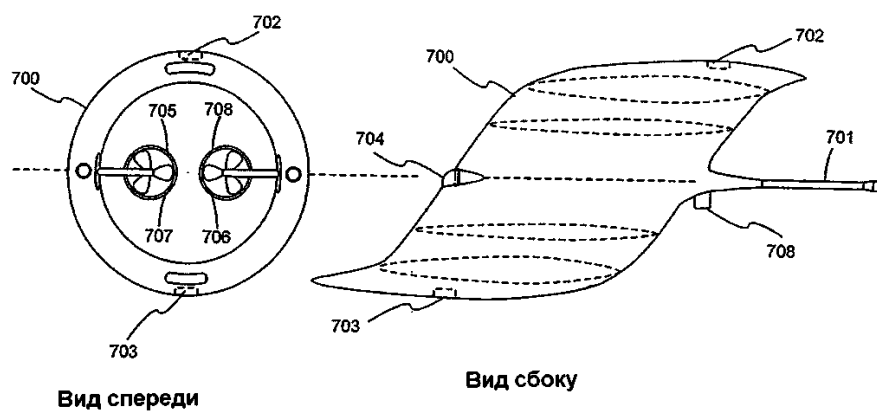
Вид сбоку

Фиг. 12b

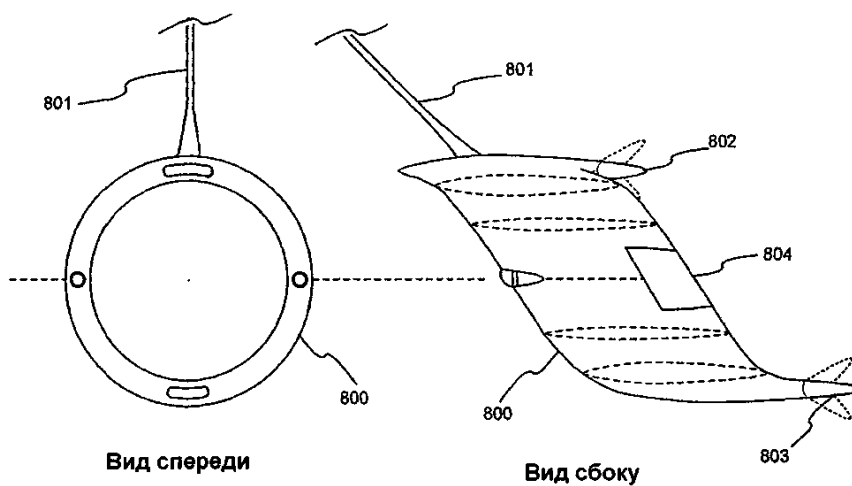


Вид в плане

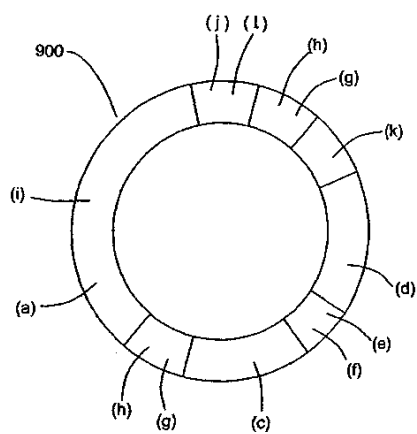
Фиг. 12с



Фиг. 13a-13b



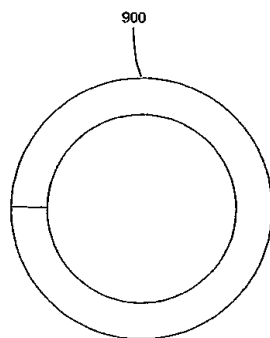
Фиг. 14a-14b



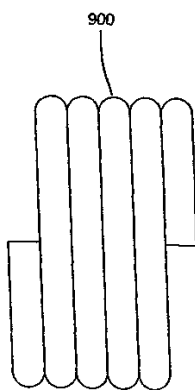
Вид аксиальной проекции

Фиг. 15a

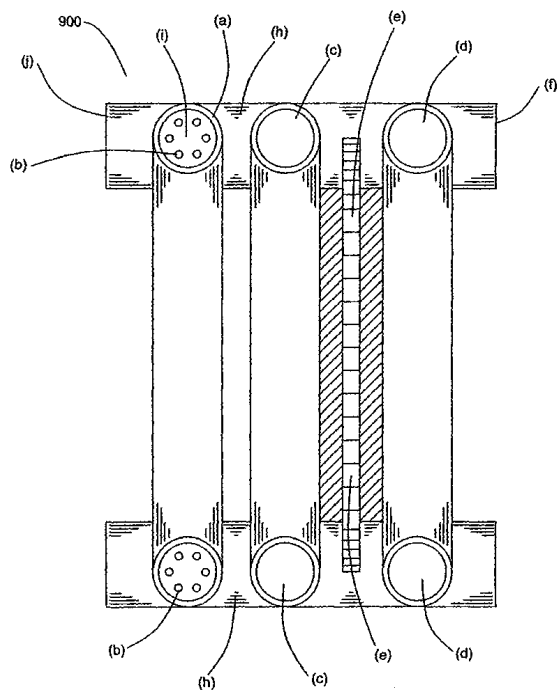
012402



Вид аксиальной проекции
Фиг. 15b



Вид сбоку
Фиг. 15c



Фиг. 15d

