



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015149488/11, 18.11.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
18.11.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.11.2015

(45) Опубликовано: 10.08.2016

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для  
Вельтищева В.В. (НИИ СМ)

(72) Автор(ы):

Егоров Сергей Александрович (RU),  
Сарвира Денис Владимирович (RU),  
Григорьев Михаил Владимирович (RU),  
Третьяков Евгений Сергеевич (RU),  
Бритвин Владимир Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Московский государственный технический  
университет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ  
им. Н.Э. Баумана) (RU)

(54) ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫЙ ПОДВОДНЫЙ АППАРАТ С КОЛЕСНЫМ ШАССИ ДЛЯ  
ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СУДОВ

(57) Реферат:

Полезная модель относится к транспортным средствам с движителями иными, чем обычные колеса или гусеницы, и дополнительно к колесам, конкретно, гибридный телеуправляемый подводный аппарат (ТПА) с винто-моторными агрегатами (ВМА) совместно с колесным шасси, предназначенный для освидетельствования бортов судов под водой. Задача - создание гибридного ТПА (с ВМА и с колесным шасси) с существенно расширенными функциональными возможностями за счет использования дополнительных конструктивно-функциональных модулей в составе ТПА. Технический результат заключается в создании ТПА с колесным шасси с существенно расширенными функциональными возможностями, конкретно: 1) с гораздо более

комплексной (комплексированной) навигационной системой - в составе следующих измерителей: - гидроакустической навигационной системой (ГАНС) с длинной базой (маяк-ответчик установлен на ТПА); - системой счисления пути по корпусу судна на основе видеoinформации; - системой счисления пути по корпусу судна на основе одометров правого и левого борта, установленных на ТПА; - бесплатформенной системой ориентации на основе волоконно-оптических гироскопов, микромеханических акселерометров и магнитоиндуктивных датчиков. 2) с дополнительной функцией очистки диагностируемой поверхности борта судна с помощью щеток с линейными приводами для подъема и опускания щеток. 2 з.п. ф-лы. 5 ил.

### Область техники

Полезная модель относится к транспортным средствам с двигателями иными, чем обычные колеса или гусеницы, и дополнительно к колесам, конкретно, гибридный телеуправляемый подводный аппарат (ТПА) с винто-моторными агрегатами (ВМА) совместно с колесным шасси, предназначенный для освидетельствования бортов судов под водой.

### Уровень техники

Наиболее близким аналогом (прототипом) можно признать гибридный ТПА с колесным шасси для освидетельствования судов по патентной заявке США US 2007276552 UNDERWATER CRAWLER VEHICLE HAVING SEARCH AND IDENTIFICATION CAPABILITIES AND METHODS OF USE (МПК В62D 57/00, опубл. 29.11.2007), содержащий модульную конструкцию, состоящую из верхнего модуля ТПА с несущей рамой и нижнего модуля шасси с четырьмя колесами с приводами; на раме ТПА вортекс-генератором посередине нижней площадки рамы для прижима изделия колесами шасси к борту освидетельствуемого судна; двумя вертикальными двигателями в виде ВМА по бокам от вортекс-генератора и горизонтальными двигателями в виде ВМА; светильниками для видеокамеры; горизонтально расположенным поперек в передней части ТПА герметичным прозрачным цилиндрическим прочным корпусом для электроники комплекса измерений и управления; датчиковым обрудованием (видеокамера в прочном герметичном корпусе, сонар (гидролокатор бокового обзора), трекинг-система (навигационная) система).

Однако данный ТПА обладает ограниченными функциональными возможностями освидетельствования состояния корпусных конструкций бортов судов под водой.

### Раскрытие полезной модели

Задача полезной модели - создание гибридного ТПА (с ВМА и с колесным шасси) с существенно расширенными функциональными возможностями за счет использования дополнительных конструктивно-функциональных модулей в составе ТПА.

Технический результат заключается в создании ТПА с колесным шасси с существенно расширенными функциональными возможностями, конкретно:

1) с гораздо более комплексной (комплексированной) навигационной системой - в составе следующих измерителей: - гидроакустической навигационной системой (ГАНС) с длинной базой (маяк-ответчик установлен на ТПА); - системой счисления пути по корпусу судна на основе видеоинформации; - системой счисления пути по корпусу судна на основе одометров правого и левого борта, установленных на ТПА; - бесплатформенной системой ориентации на основе волоконно-оптических гироскопов, микромеханических акселерометров и магнитоиндуктивных датчиков;

2) с дополнительной функцией очистки диагностируемой поверхности борта судна с помощью щеток с линейными приводами для подъема и опускания щеток.

Технический результат достигается тем, что предлагаемый ТПА с колесным шасси для освидетельствования состояния корпусных конструкций судов содержит модульную конструкцию, состоящую из верхнего модуля ТПА с несущей рамой и нижнего модуля шасси с четырьмя колесами с приводами; вертикальными двигателями и горизонтальными двигателями в виде ВМА; светильниками и видеокамерами; горизонтально расположенным герметичным цилиндрическим прочным корпусом для электроники комплекса измерений и управления; датчиковым обрудованием наблюдения и измерений.

При этом ТПА дополнительно имеет: комплексную навигационную систему в составе следующих измерителей: - гидроакустической навигационной системой (ГАНС) с

длинной базой (маяк-ответчик установлен на ТПА); - системой счисления пути по корпусу судна на основе видеоинформации; - системой счисления пути по корпусу судна на основе одометров правого и левого борта ТПА и бесплатформенной системы ориентации на основе волоконно-оптических гироскопов, микромеханических акселерометров и магнитоиндуктивных датчиков. Также есть щетки для очистки диагностируемой поверхности и линейные приводы для подъема опускания щеток и диагностических датчиков.

Дополнительные функции очистки и диагностических датчиков реализованы дополнительными модулями с возможностью их присоединения-отсоединения от ТПА: прочным корпусом для электроники комплекса измерений и управления, расположенный наверху рамы ТПА вдоль нее; на переднем краю ТПА и шасси устройство очистки щетками диагностируемой поверхности борта судна; сзади (на корме) ТПА и шасси устройство измерения параметров состояния корпусных конструкций диагностическими датчиками с видеокамерой наблюдения за измерением (кормовой видеокамерой обзора диагностических датчиков со светильником); на переднем краю сверху прочного корпуса маяк-ответчик ГАНС, а снизу шасси датчики-одометры системы счисления пути ТПА по борту судна; для маневрирования ТПА в свободном плавании без прижима к борту судна наличием по углам рамы ТПА четырех горизонтальных движителей по векторной схеме, расположенных под углом относительно осей аппарата; для прижима изделия колесами шасси к борту судна (вместо вортекс-генератора и двух вертикальных движителей в прототипе) наличием четырех вертикальных движителей (винтомоторных агрегата) рядом с горизонтальными движителями, - навесным оборудованием: видеокамерой в наклонно-поворотном устройстве; вперед смотрящей навигационной видеокамерой со светильниками; кормовой видеокамерой со светильником для наблюдения и съемки диагностических датчиков измерений.

Также дополнительно при необходимости проведения замеров деформаций профиля локального места корпусной конструкции судна аппарат может быть укомплектован специальными средствами, а именно: возможна в устройстве измерений параметров состояния корпусных конструкций установка поперечной линейки контактных датчиков перемещения для измерения деформаций профиля, и в зависимости от габаритов корпуса судна линейка может быть различной длины и с различным количеством датчиков подпружиненного перемещения в точках контакта с измеряемой поверхностью корпусной конструкции. Программное обеспечение выводит на экран оператора показания с датчиков, автоматически отбраковывая их в соответствии с нормами нормативно-технической документации.

Перечень фигур

Фиг. 1 - вид ТПА в ракурсе;

Фиг. 2 - вид в ракурсе с раскладкой ТПА по отдельным конструктивно-функциональным модулям;

Фиг. 3 - вид ТПА сбоку;

Фиг. 4 - вид ТПА сверху;

Фиг. 5 - вид ТПА спереди.

Осуществление полезной модели

Позициями в единой сквозной нумерации на фигурах обозначены следующие основные модули, узлы и элементы ТПА с колесным шасси:

Модули ТПА (верхний уровень деления конструкции ТПА):

1 - базовый ТПА;

2 - колесное шасси полноприводное (снизу базового ТПА);

3 - блок электроники (в прочном герметичном цилиндрическом корпусе) комплекса измерения (сверху базового ТПА);

4 - устройство очистки (спереди базового ТПА и колесного шасси);

5 5 - устройство измерения параметров (толщины, возможных дефектов и деформаций профиля) локального места борта судна (сзади базового ТПА и колесного шасси).

Базовый ТПА 1:

6 - рама базового ТПА;

7 - вертикальные движители (ВМА) - 4 штуки;

8 - горизонтальные движители (ВМА) - 4 штуки;

10 9 - в центре рамы - прочный герметичный цилиндрический корпус с блоком электроники ТПА с передней обзорной видеокамерой;

10 - блок электроники ГАНС (гидроакустической навигационной системы);

3 11 - маяк-ответчик ГАНС - спереди и сверху на краю цилиндрического корпуса блока электроники комплекса измерений;

15 12 - светильники и видеокамера для построения масштабного фотоплана для видеонавигации.

Колесное шасси 2:

13 - рама колесного шасси;

14 - колеса с независимыми приводами;

20 15 - блок управления приводами колес;

16 - одометры (2 штуки).

Устройство очистки 4:

17 - рама устройства очистки;

18 - очистные щетки с приводами;

25 19 - линейный привод подъема-опускания рамы с очистными щетками.

Устройство измерения 5:

20 - рама устройства измерения параметров (толщины, возможных дефектов и деформаций профиля) локального места корпусной конструкции (борта) судна;

21 - датчиковый блок измерения параметров локального места борта судна;

30 22 - линейный привод подъема-опускания рамы с датчиковым блоком измерения параметров локального места борта судна;

23 - светильник и видеокамера наблюдения и съемки диагностических датчиков и измеряемого локального места борта судна.

35 Примечание: на фигурах не показаны поплавки на базовом ТПА, колесном шасси, переднем и заднем модулях устройств для создания близкой к нулевой плавучести как ТПА в целом, так и его отдельных модулей, что минимизирует энергозатраты на изменение крена и дифферента, что важно при работе ТПА в широком диапазоне пространственных положений в зависимости от положения исследуемого локального места борта судна.

40 Таким образом предлагаемый ТПА с колесным шасси для освидетельствования состояния корпусных конструкций судов характеризуется модульностью конструкции ТПА, состоящей из базового ТПА и присоединенных к нему дополнительных модулей: колесное шасси, устройство очистки, устройство измерения, электронной аппаратуры управления измерением и обработки результатов в отдельном герметичном корпусе.

45 При этом базовый ТПА работоспособен без дополнительных модулей и может быть использован в качестве самостоятельного осмотрового (поискового) ТПА.

Основой базового ТПА является несущая трубчатая рама, на которой закреплены герметичный корпус с электронной аппаратурой, движители, видеокамера, светильники,

навигационное оборудование и дополнительные модули. Базовый ТПА оборудован восемью двигателями, расположение которых (четыре вертикально направленных и четыре горизонтальных, развернутых под углом к продольной оси ТПА) позволяет ТПА перемещаться в воде в произвольном направлении или сохранять неподвижность, поддерживая при этом произвольные углы крена, дифферента и курса. Двигателями базового ТПА являются винтомоторные агрегаты, включающие гребной винт в кольцевой (направляющей) насадке и электродвигатель, соединенные магнитной муфтой. В середине базового ТПА продольно расположен цилиндрический герметичный корпус с аппаратурой, передняя стенка которого выполнена в виде полусферического иллюминатора, в центре которого расположена обзорная видеокамера (с возможностью наклона и поворота) для визуального контроля обстановки впереди ТПА. Базовый ТПА также оборудован видеокамерой и светильниками в герметичных корпусах для построения масштабированного фотоплана локального места борта судна перед началом очистки. В верхней части ТПА на переднем верхнем краю корпуса блока 3 электроники расположен маяк-ответчик ГАНС.

Колесное шасси включает четыре ведущих колеса с индивидуальными электроприводами, при этом два задних колеса помещены на поперечно качающейся неразрезной балке, что обеспечивает постоянный прижим всех колес и равномерное распределение нагрузки между ними на неровной поверхности. Колесное шасси включает одометры, причем для повышения точности исчисления пройденного пути применены два одометра, расположенные по боковым сторонам, симметрично относительно продольной оси ТПА.

Рабочим органом устройства очистки является вращающаяся с регулируемой скоростью круглая щетка, по периферии корпуса которой установлены кольцевые ножи для разрушения твердых обрастаний. Устройство очистки снабжено механизмом навески с электроприводом, который опускает рабочий орган на очищаемую поверхность, с использованием пружин обеспечивая заданное усилие прижатия, не зависящее от пространственного положения ТПА и неровностей поверхности, а также поднимает рабочий орган в транспортное положение.

Устройство измерения также снабжено механизмом навески с электроприводом, который опускает датчик на поверхность измеряемой стенки, с использованием пружин обеспечивая заданное усилие прижатия, не зависящее от пространственного положения ТПА и неровностей поверхности, и поднимает рабочий орган в транспортное положение. Устройство измерения снабжено видеокамерой и светильником в герметичных корпусах для визуального контроля процесса измерения.

ТПА предназначен для мониторинга технического состояния судов, в том числе, ледового плавания и ледоколов, с использованием специальных технических средств освидетельствования части корпуса и устройств, находящихся под водой. Комплекс ТПА, в состав которого входит патентуемый ТПА, позволяет выполнять оценку технического состояния стальных морских судов длиной от 12 до 350 м, в том числе арктического плавания, с осадкой до 20 м:

- рабочая температура морской воды от  $-4^{\circ}$  до  $+35^{\circ}\text{C}$ ; - изменения толщины борта судна в диапазоне от 6 до 80 мм с погрешностью не более 0,1 мм.; - проведение не менее 3 замеров на лист борта судна.

Тактико-технические характеристики ТПА:

Движение в воде:

- маршевая скорость, м/с  $-0,45...+0,3$ ;

- лаговая скорость, м/с  $-0,2...+0,2$ ;

- вертикальная скорость, м/с -0,3...+0,45
- диапазон углов, град.:
- курса 0...360;
- дифферента -90...+90;
- 5 - крена -180...+180;
- диапазон угловых скоростей, град/с:
- по курсу -20...+20;
- по дифференту -11...+11;
- по крену -10...+10.
- 10 Движение на колесах: - линейная скорость, м/с -0,4...+0,4.
- Движительно-рулевой комплекс:
- четыре ВМА, установленных в горизонтальной плоскости по векторной схеме, и четыре вертикальных ВМА;
- четыре колеса с независимыми приводами на основе двигателя постоянного тока,
- 15 редуктора, тормоза, инкрементного датчика угла.
- Навесное оборудование:
- видеокамера в наклонно-поворотном устройстве;
- навигационная видеокамера со светильниками;
- кормовая видеокамера со светильником для обзора диагностических датчиков и
- 20 записи локального места работы этих датчиков.
- Режимы работы системы управления ТПА:
- движение в воде: ручной/автоматизированный;
- движение на колесах: ручной/автоматизированный/автоматический по траектории.
- Варианты комплексированного решения навигационной задачи ТПА представлены в текстовом виде в таблице.

25

Таблица

Навигационная система		Курс
30 ГАНС автономно	ГАНС	гироазимутальный/ одометрический/ от видеосистемы
одометр левый автономно	одометр левый с коррекцией по ГАНС	гироазимутальный/ одометрический/ от видеосистемы
35 одометр правый автономно	одометр правый с коррекцией по ГАНС	
среднее значение одометров автономно	среднее значение одометров с коррекцией по ГАНС	
40 видеосистема автономно	видеосистема с коррекцией по ГАНС	гироазимутальный/ одометрический/ видеосистемы

Построение и отработка информационно-управляющей системы гибридного ТПА (ТПА с ВМА и с модулем колесным шасси):

Режим плавания

45

Требования:

- 6 управляемых координат: курс, крен, дифферент, марш, лаг, глубина;
- стабилизация больших углов крена и дифферента

Режим движения на колесах

## Требования:

- 2 управляемые координаты: курс, марш;
- программные режимы работы;
- высокие требования к точностям продольных перемещений

5 Результаты отработки информационно-управляющей системы ТПА:

## Режим плавания

Девияция компаса не более 20°

## Погрешности стабилизации углов и координат:

- Курс  $\leq 1,2\%$ ;
- 10 - Крен  $\leq 0,4\%$ ;
- Дифферент  $\leq 0,3\%$ ;
- Глубина  $\leq 0,4\%$ ;

## Режим движения на колесах

## Компоненты погрешностей измерения гироазимутального курса:

- 15 - угловой случайный дрейф не более 1°/ч;
- погрешность масштаба не более 1%;
- Погрешность измерения глубины не более 0,05 м;
- Погрешность стабилизации угла курса не более 1,3%;
- Погрешность счисления пути на прямолинейных отрезках не более 1,1%;
- 20 - Погрешность определения координат на типовой траектории (количество галсов - 4, длина 4 м, ширина 0,5 м) не более 16%.

Опытный образец патентуемого ТПА в составе комплекса успешно прошел предварительные морские испытания и впервые выставлялся в составе выставочной экспозиции МГТУ им. Н.Э. Баумана на Международном выставочном Форуме «Морская Индустрия России-2015» 19-21 мая 2015 г. в Москве (организатор Форума - ООО «МегаЭкспо» (Москва)).

## Формула полезной модели

1. Телеуправляемый подводный аппарат (ТПА) с колесным шасси для освидетельствования состояния корпусных конструкций судов, содержащий модульную конструкцию, состоящую из верхнего модуля ТПА с несущей рамой и нижнего модуля шасси с четырьмя колесами с приводами; вертикальными движителями и горизонтальными движителями в виде винто-моторных агрегатов (ВМА); светильниками и видеокамерами; горизонтально расположенным герметичным цилиндрическим прочным корпусом для электроники комплекса измерений и управления; датчиковым обрудованием наблюдения и измерений, отличающийся тем, что дополнительно имеет комплексную навигационную систему в составе следующих измерителей: - гидроакустической навигационной системы (ГАНС) с длинной базой, при этом маяк-ответчик установлен на ТПА; - системы счисления пути по корпусу судна на основе видеоинформации; - системы счисления пути по корпусу судна на основе одометров правого и левого борта ТПА и бесплатформенной системы ориентации на основе волоконно-оптических гироскопов, микромеханических акселерометров и магнитоиндуктивных датчиков; также есть щетки для очистки диагностируемой поверхности и линейные приводы для подъема/опускания щеток и диагностических датчиков.

2. Телеуправляемый подводный аппарат по п.1, отличающийся тем, что дополнительные функции очистки и диагностических датчиков реализованы дополнительными модулями с возможностью их присоединения/отсоединения от ТПА:

прочным корпусом для электроники комплекса измерений и управления, расположенным  
наверху рамы ТПА вдоль нее; на переднем краю ТПА и шасси рамное устройство  
очистки щетками диагностируемой поверхности борта судна; сзади ТПА и шасси рамное  
5 устройство измерения параметров состояния корпусных конструкций диагностическими  
датчиками с видеокамерой наблюдения за измерением; на переднем краю сверху  
прочного корпуса маяк-ответчик ГАНС, а снизу шасси датчики-одометры системы  
счисления пути ТПА по борту судна; для маневрирования ТПА в свободном плавании  
без прижима к борту судна наличием по углам рамы ТПА четырех горизонтальных  
10 ВМА по векторной схеме, расположенных под углом относительно осей аппарата; для  
прижима изделия колесами шасси к борту судна наличием четырех вертикальных ВМА  
рядом с горизонтальными ВМА, - навесным видео и осветительным оборудованием:  
видеокамерой в наклонно-поворотном устройстве в прочном корпусе в раме базового  
ТПА; впередсмотрящей навигационной видеокамерой со светильниками; кормовой  
15 видеокамерой со светильником для наблюдения и съемки диагностических датчиков  
измерений.

3. Телеуправляемый подводный аппарат по п.1 или 2, отличающийся тем, что в  
устройстве измерений параметров состояния корпусных конструкций установлена  
поперечная линейка контактных датчиков перемещения для измерения деформаций  
профиля, и в зависимости от габаритов корпуса судна линейка может быть различной  
20 длины и с различным количеством датчиков подпружиненного перемещения в точках  
контакта с измеряемой поверхностью корпусной конструкции.

25

30

35

40

45

## Реферат

### Телеуправляемый подводный аппарат с колесным шасси

для освидетельствования состояния корпусных конструкций судов

Полезная модель относится к транспортным средствам с двигателями иными, чем обычные колеса или гусеницы, и дополнительно к колесам, конкретно, гибридный телеуправляемый подводный аппарат (ТПА) с винто-моторными агрегатами (ВМА) совместно с колесным шасси, предназначенный для освидетельствования бортов судов под водой. Задача – создание гибридного ТПА (с ВМА и с колесным шасси) с существенно расширенными функциональными возможностями за счет использования дополнительных конструктивно-функциональных модулей в составе ТПА. Технический результат заключается в создании ТПА с колесным шасси с существенно расширенными функциональными возможностями, конкретно: 1) с гораздо более комплексной (комплексированной) навигационной системой – в составе следующих измерителей: - гидроакустической навигационной системой (ГАНС) с длинной базой (маяк-ответчик установлен на ТПА); - системой счисления пути по корпусу судна на основе видеoinформации; - системой счисления пути по корпусу судна на основе одометров правого и левого борта, установленных на ТПА; - бесплатформенной системой ориентации на основе волоконно-оптических гироскопов, микромеханических акселерометров и магнитоиндуктивных датчиков. 2) с дополнительной функцией очистки диагностируемой поверхности борта судна с помощью щеток с линейными приводами для подъема и опускания щеток. 2 з.п.ф-лы. 5 ил.

**Телеуправляемый подводный аппарат с колесным шасси  
для освидетельствования состояния корпусных конструкций судов**

**Область техники**

Полезная модель относится к транспортным средствам с двигателями иными, чем обычные колеса или гусеницы, и дополнительно к колесам, конкретно, гибридный телеуправляемый подводный аппарат (ТПА) с винто-моторными агрегатами (ВМА) совместно с колесным шасси, предназначенный для освидетельствования бортов судов под водой.

**Уровень техники**

Наиболее близким аналогом (прототипом) можно признать гибридный ТПА с колесным шасси для освидетельствования судов по патентной заявке США US2007276552 UNDERWATER CRAWLER VEHICLE HAVING SEARCH AND IDENTIFICATION CAPABILITIES AND METHODS OF USE (МПК B62D57/00, опублик. 29.11.2007), содержащий модульную конструкцию, состоящую из верхнего модуля ТПА с несущей рамой и нижнего модуля шасси с четырьмя колесами с приводами; на раме ТПА вортекс-генератором посредине нижней площадки рамы для прижима изделия колесами шасси к борту освидетельствуемого судна; двумя вертикальными двигателями в виде ВМА по бокам от вортекс-генератора и горизонтальными двигателями в виде ВМА; светильниками для видеокамеры; горизонтально расположенным поперек в передней части ТПА герметичным прозрачным цилиндрическим прочным корпусом для электроники комплекса измерений и управления; датчиковым оборудованием (видеокамера в прочном герметичном корпусе, сонар (гидролокатор бокового обзора), трекинг-система (навигационная) система).

Однако данный ТПА обладает ограниченными функциональными возможностями освидетельствования состояния корпусных конструкций бортов судов под водой.

**Раскрытие полезной модели**

Задача полезной модели – создание гибридного ТПА (с ВМА и с колесным шасси) с существенно расширенными функциональными возможностями за счет использования дополнительных конструктивно-функциональных модулей в составе ТПА.

Технический результат заключается в создании ТПА с колесным шасси с существенно расширенными функциональными возможностями, конкретно:

1) с гораздо более комплексной (комплексированной) навигационной системой – в составе следующих измерителей: - гидроакустической навигационной системой (ГАНС) с длинной базой (маяк-ответчик установлен на ТПА); - системой счисления пути по корпусу судна на основе видеоинформации; - системой счисления пути по корпусу судна на основе одометров правого и левого борта, установленных на ТПА; - бесплатформенной системой

ориентации на основе волоконно-оптических гироскопов, микромеханических акселерометров и магнитоиндуктивных датчиков;

2) с дополнительной функцией очистки диагностируемой поверхности борта судна с помощью щеток с линейными приводами для подъема и опускания щеток.

Технический результат достигается тем, что предлагаемый ТПА с колесным шасси для освидетельствования состояния корпусных конструкций судов содержит модульную конструкцию, состоящую из верхнего модуля ТПА с несущей рамой и нижнего модуля шасси с четырьмя колесами с приводами; вертикальными движителями и горизонтальными движителями в виде ВМА; светильниками и видеокамерами; горизонтально расположенным герметичным цилиндрическим прочным корпусом для электроники комплекса измерений и управления; датчиковым оборудованием наблюдения и измерений.

При этом ТПА дополнительно имеет: комплексную навигационную систему в составе следующих измерителей: - гидроакустической навигационной системой (ГАНС) с длинной базой (маяк-ответчик установлен на ТПА); - системой счисления пути по корпусу судна на основе видеоинформации; - системой счисления пути по корпусу судна на основе одометров правого и левого борта ТПА и бесплатформенной системы ориентации на основе волоконно-оптических гироскопов, микромеханических акселерометров и магнитоиндуктивных датчиков. Также есть щетки для очистки диагностируемой поверхности и линейные приводы для подъема опускания щеток и диагностических датчиков.

Дополнительные функции очистки и диагностических датчиков реализованы дополнительными модулями с возможностью их присоединения-отсоединения от ТПА: прочным корпусом для электроники комплекса измерений и управления, расположенный наверху рамы ТПА вдоль нее; на переднем краю ТПА и шасси устройство очистки щетками диагностируемой поверхности борта судна; сзади (на корме) ТПА и шасси устройство измерения параметров состояния корпусных конструкций диагностическими датчиками с видеокамерой наблюдения за измерением (кормовой видеокамерой обзора диагностических датчиков со светильником); на переднем краю сверху прочного корпуса маяк-ответчик ГАНС, а снизу шасси датчики-одометры системы счисления пути ТПА по борту судна; для маневрирования ТПА в свободном плавании без прижима к борту судна наличием по углам рамы ТПА четырех горизонтальных движителей по векторной схеме, расположенных под углом относительно осей аппарата; для прижима изделия колесами шасси к борту судна (вместо вихрегенератора и двух вертикальных движителей в прототипе) наличием четырех вертикальных движителей (винтомоторных агрегата) рядом с горизонтальными движителями, - навесным оборудованием: видеокамерой в наклонно-поворотном устройстве; вперед смотрящей навигационной видеокамерой со светильниками; кормовой

видеокамерой со светильником для наблюдения и съемки диагностических датчиков измерений.

Также дополнительно при необходимости проведения замеров деформаций профиля локального места корпусной конструкции судна аппарат может быть укомплектован специальными средствами, а именно: возможна в устройстве измерений параметров состояния корпусных конструкций установка поперечной линейки контактных датчиков перемещения для измерения деформаций профиля, и в зависимости от габаритов корпуса судна линейка может быть различной длины и с различным количеством датчиков подпружиненного перемещения в точках контакта с измеряемой поверхностью корпусной конструкции. Программное обеспечение выводит на экран оператора показания с датчиков, автоматически отбраковывая их в соответствии с нормами нормативно-технической документации.

#### Перечень фигур

Фиг.1 – вид ТПА в ракурсе;

Фиг.2 – вид в ракурсе с раскладкой ТПА по отдельным конструктивно-функциональным модулям;

Фиг.3 – вид ТПА сбоку;

Фиг.4 – вид ТПА сверху;

Фиг.5 – вид ТПА спереди.

#### Осуществление полезной модели

Позициями в единой сквозной нумерации на фигурах обозначены следующие основные модули, узлы и элементы ТПА с колесным шасси:

Модули ТПА (верхний уровень деления конструкции ТПА):

- 1- базовый ТПА;
- 2- колесное шасси полноприводное (снизу базового ТПА);
- 3- блок электроники (в прочном герметичном цилиндрическом корпусе) комплекса измерения (сверху базового ТПА);
- 4- устройство очистки (спереди базового ТПА и колесного шасси);
- 5- устройство измерения параметров (толщины, возможных дефектов и деформаций профиля) локального места борта судна (сзади базового ТПА и колесного шасси).

Базовый ТПА 1:

- 6- рама базового ТПА;
- 7- вертикальные движители (ВМА) – 4 штуки;
- 8- горизонтальные движители (ВМА) – 4 штуки;
- 9- в центре рамы – прочный герметичный цилиндрический корпус с блоком электроники ТПА с передней обзорной видеокамерой;

- 10- блок электроники ГАНС (гидроакустической навигационной системы);
- 11- маяк-ответчик ГАНС - спереди и сверху на краю цилиндрического корпуса блока 3 электроники комплекса измерений;
- 12- светильники и видеокамера для построения масштабного фотоплана для видеонавигации.

Колесное шасси 2:

- 13- рама колесного шасси;
- 14- колеса с независимыми приводами;
- 15- блок управления приводами колес;
- 16- одометры (2 штуки).

Устройство очистки 4:

- 17- рама устройства очистки;
- 18- очистные щетки с приводами;
- 19- линейный привод подъема-опускания рамы с очистными щетками.

Устройство измерения 5:

- 20- рама устройства измерения параметров (толщины, возможных дефектов и деформаций профиля) локального места корпусной конструкции (борта) судна;
- 21- датчиковый блок измерения параметров локального места борта судна;
- 22- линейный привод подъема-опускания рамы с датчиковым блоком измерения параметров локального места борта судна;
- 23- светильник и видеокамера наблюдения и съемки диагностических датчиков и измеряемого локального места борта судна.

Примечание: на фигурах не показаны поплавки на базовом ТПА, колесном шасси, переднем и заднем модулях устройств для создания близкой к нулевой плавучести как ТПА в целом, так и его отдельных модулей, что минимизирует энергозатраты на изменение крена и дифферента, что важно при работе ТПА в широком диапазоне пространственных положений в зависимости от положения исследуемого локального места борта судна.

Таким образом предлагаемый ТПА с колесным шасси для освидетельствования состояния корпусных конструкций судов характеризуется модульностью конструкции ТПА, состоящей из базового ТПА и присоединенных к нему дополнительных модулей: колесное шасси, устройство очистки, устройство измерения, электронной аппаратуры управления измерением и обработки результатов в отдельном герметичном корпусе.

При этом базовый ТПА работоспособен без дополнительных модулей и может быть использован в качестве самостоятельного осмотрового (поискового) ТПА.

Основой базового ТПА является несущая трубчатая рама, на которой закреплены герметичный корпус с электронной аппаратурой, движители, видеокамера, светильники,

навигационное оборудование и дополнительные модули. Базовый ТПА оборудован восемью двигателями, расположение которых (четыре вертикально направленных и четыре горизонтальных, развернутых под углом к продольной оси ТПА) позволяет ТПА перемещаться в воде в произвольном направлении или сохранять неподвижность, поддерживая при этом произвольные углы крена, дифферента и курса. Двигателями базового ТПА являются винтомоторные агрегаты, включающие гребной винт в кольцевой (направляющей) насадке и электродвигатель, соединенные магнитной муфтой. В середине базового ТПА продольно расположен цилиндрический герметичный корпус с аппаратурой, передняя стенка которого выполнена в виде полусферического иллюминатора, в центре которого расположена обзорная видеокамера (с возможностью наклона и поворота) для визуального контроля обстановки впереди ТПА. Базовый ТПА также оборудован видеокамерой и светильниками в герметичных корпусах для построения масштабированного фотоплана локального места борта судна перед началом очистки. В верхней части ТПА на переднем верхнем краю корпуса блока 3 электроники расположен маяк-ответчик ГАНС.

Колесное шасси включает четыре ведущих колеса с индивидуальными электроприводами, при этом два задних колеса помещены на поперечно качающейся неразрезной балке, что обеспечивает постоянный прижим всех колес и равномерное распределение нагрузки между ними на неровной поверхности. Колесное шасси включает одометры, причем для повышения точности исчисления пройденного пути применены два одометра, расположенные по боковым сторонам, симметрично относительно продольной оси ТПА.

Рабочим органом устройства очистки является вращающаяся с регулируемой скоростью круглая щетка, по периферии корпуса которой установлены кольцевые ножи для разрушения твердых обрастаний. Устройство очистки снабжено механизмом навески с электроприводом, который опускает рабочий орган на очищаемую поверхность, с использованием пружин обеспечивая заданное усилие прижатия, не зависящее от пространственного положения ТПА и неровностей поверхности, а также поднимает рабочий орган в транспортное положение.

Устройство измерения также снабжено механизмом навески с электроприводом, который опускает датчик на поверхность измеряемой стенки, с использованием пружин обеспечивая заданное усилие прижатия, не зависящее от пространственного положения ТПА и неровностей поверхности, и поднимает рабочий орган в транспортное положение. Устройство измерения снабжено видеокамерой и светильником в герметичных корпусах для визуального контроля процесса измерения.

ТПА предназначен для мониторинга технического состояния судов, в том числе, ледового плавания и ледоколов, с использованием специальных технических средств освидетельствования части корпуса и устройств, находящихся под водой. Комплекс ТПА, в состав которого входит патентуемый ТПА, позволяет выполнять оценку технического состояния стальных морских судов длиной от 12 до 350 м, в том числе арктического плавания, с осадкой до 20 м:

- рабочая температура морской воды от  $-4^{\circ}$  до  $+35^{\circ}$  С; - изменения толщины борта судна в диапазоне от 6 до 80 мм с погрешностью не более 0,1 мм.; - проведение не менее 3 замеров на лист борта судна.

#### Тактико-технические характеристики ТПА:

##### Движение в воде:

- маршевая скорость, м/с  $-0,45 \dots +0,3$ ;
- лаговая скорость, м/с  $-0,2 \dots +0,2$ ;
- вертикальная скорость, м/с  $-0,3 \dots +0,45$
- диапазон углов, град.:
  - курса  $0 \dots 360$ ;
  - дифферента  $-90 \dots +90$ ;
  - крена  $-180 \dots +180$ ;
- диапазон угловых скоростей, град/с:
  - по курсу  $-20 \dots +20$ ;
  - по дифференту  $-11 \dots +11$ ;
  - по крену  $-10 \dots +10$ .

Движение на колесах: - линейная скорость, м/с  $-0,4 \dots +0,4$ .

##### Двигательно-рулевой комплекс:

- четыре ВМА, установленных в горизонтальной плоскости по векторной схеме, и четыре вертикальных ВМА;
- четыре колеса с независимыми приводами на основе двигателя постоянного тока, редуктора, тормоза, инкрементного датчика угла.

##### Навесное оборудование:

- видеокамера в наклонно-поворотном устройстве;
- навигационная видеокамера со светильниками;
- кормовая видеокамера со светильником для обзора диагностических датчиков и записи локального места работы этих датчиков.

##### Режимы работы системы управления ТПА:

- движение в воде: ручной/автоматизированный;
- движение на колесах: ручной/автоматизированный/автоматический по траектории.

Варианты комплексированного решения навигационной задачи ГПА представлены в текстовом виде в таблице.

Таблица

Навигационная система		Курс
ГАНС автономно	ГАНС	гироазимутальный/ одометрический/ от видеосистемы
одометр левый автономно	одометр левый с коррекцией по ГАНС	гироазимутальный/ одометрический/ от видеосистемы
одометр правый автономно	одометр правый с коррекцией по ГАНС	
среднее значение одометров автономно	среднее значение одометров с коррекцией по ГАНС	
видеосистема автономно	видеосистема с коррекцией по ГАНС	гироазимутальный/ одометрический/ видеосистемы

Построение и отработка информационно-управляющей системы гибридного ТПА (ТПА с ВМА и с модулем колесным шасси):

Режим плавания

Требования:

- 6 управляемых координат: курс, крен, дифферент, марш, лаг, глубина;
- стабилизация больших углов крена и дифферента

Режим движения на колесах

Требования:

- 2 управляемые координаты: курс, марш;
- программные режимы работы;
- высокие требования к точностям продольных перемещений

Результаты отработки информационно-управляющей системы ТПА:

Режим плавания

Девияция компаса не более  $20^\circ$

Погрешности стабилизации углов и координат:

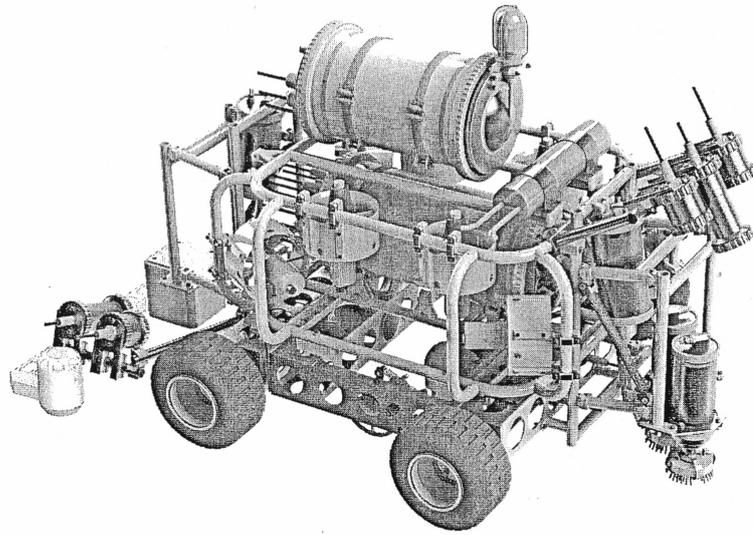
- Курс  $\leq 1,2\%$ ;
- Крен  $\leq 0,4\%$ ;
- Дифферент  $\leq 0,3\%$ ;
- Глубина  $\leq 0,4\%$ ;

Режим движения на колесах

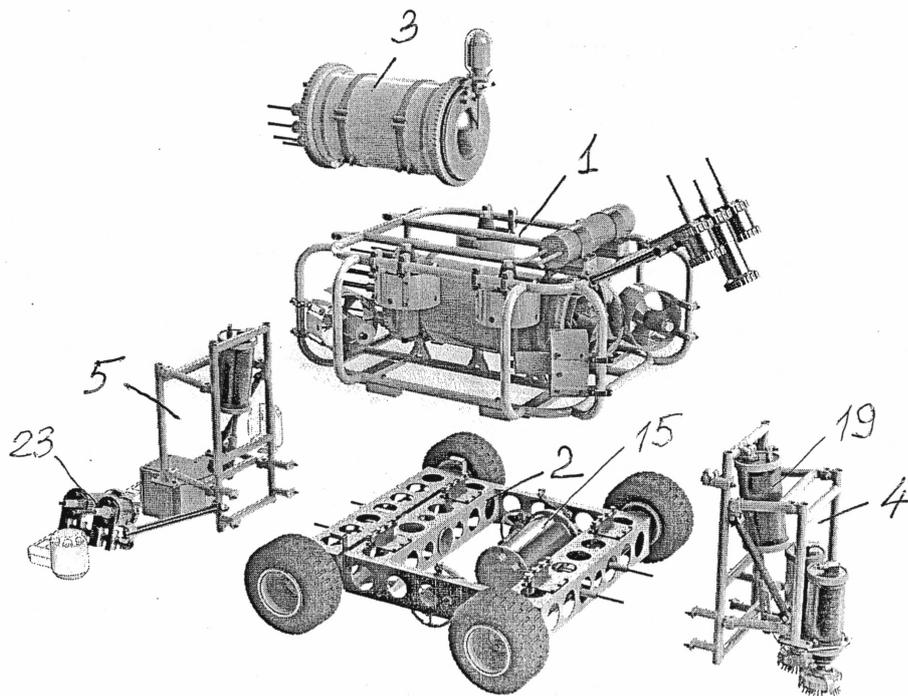
Компоненты погрешностей измерения гироазимутального курса:

- угловой случайный дрейф не более  $1^\circ/\text{ч}$ ;
- погрешность масштаба не более  $1\%$ ;
- Погрешность измерения глубины не более  $0,05\text{ м}$ ;
- Погрешность стабилизации угла курса не более  $1,3\%$ ;
- Погрешность счисления пути на прямолинейных отрезках не более  $1,1\%$ ;
- Погрешность определения координат на типовой траектории (количество галсов – 4, длина 4м, ширина 0,5м) не более  $16\%$ .

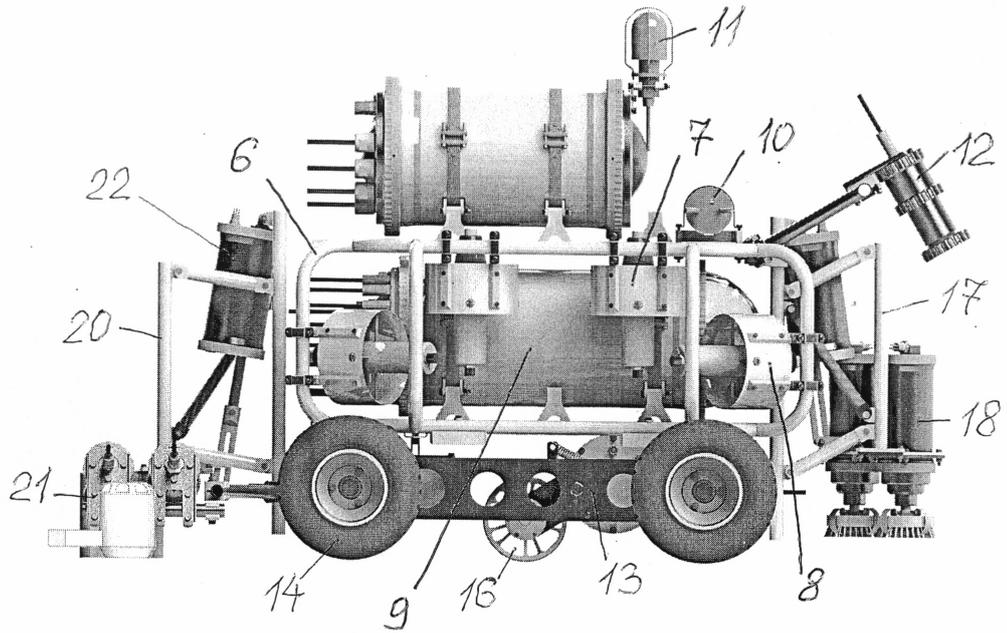
Опытный образец патентуемого ТПА в составе комплекса успешно прошел предварительные морские испытания и впервые выставлялся в составе выставочной экспозиции МГТУ им. Н.Э.Баумана на Международном выставочном Форуме «Морская Индустрия России-2015» 19-21 мая 2015 г. в Москве (организатор Форума – ООО «МегаЭкспо» (Москва)).



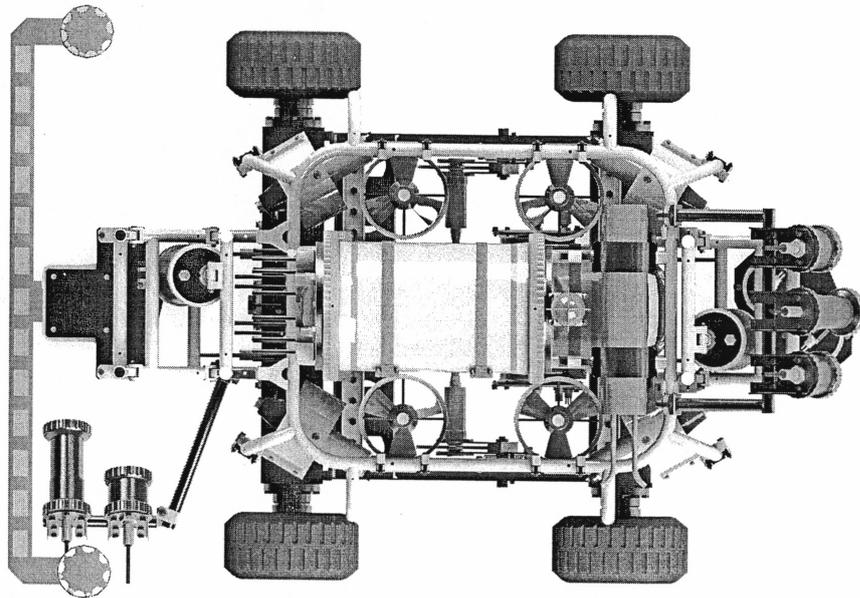
Фиг.1



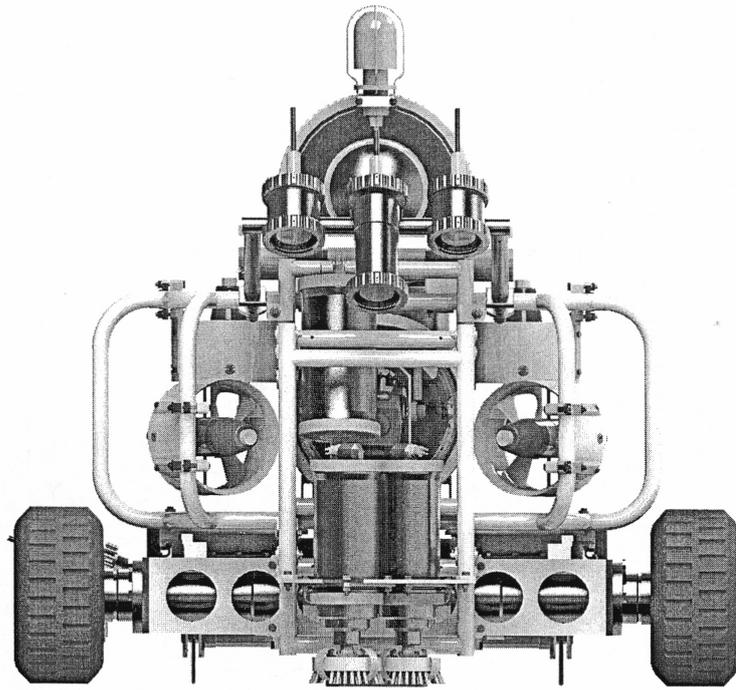
Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4



Фиг.5