

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11)

2 259 302⁽¹³⁾ С2

(51) МПК⁷

В 63 С 11/46, В 63 В 21/56



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2003131101/11, 23.10.2003

(24) Дата начала действия патента: 23.10.2003

(43) Дата публикации заявки: 27.04.2005

(45) Опубликовано: 27.08.2005 Бюл. № 24

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US 3255723 A, 14.06.1966. US 3613290
A, 19.10.1971. WO 01/34461 A1, 17.05.2001.

Адрес для переписки:

119296, Москва, ул. Вавилова, 56, стр.1,
кв.46, Ю.Е.Устюгину

(72) Автор(ы):

Устюгин Ю.Е. (RU),
Устюгина Г.П. (RU)

(73) Патентообладатель(ли):

Устюгин Юрий Евгеньевич (RU),
Устюгина Галина Павловна (RU)

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗАТОПЛЕННОГО ТЕЛА

(57) Реферат:

Изобретение относится к транспорту и касается технологии перемещения затопленных тел. Способ перемещения затопленного тела основан на перемещении контейнера, удерживаемого тросом в водной среде. Для перемещения затопленного тела применяют внутреннее пространство контейнера. Точку захвата контейнера тросом выбирают так, что она смещена вперед от точки, соответствующей условию, что удержание в ней контейнера, помещенного в поток, не приводит к возникновению момента силы реакции среды. Поступательное движение контейнера возбуждают воздействием результирующей силы управляемого натяжения выбиравшего троса управления и порождаемой ею силы реакции среды. Устройство для перемещения затопленного тела имеет

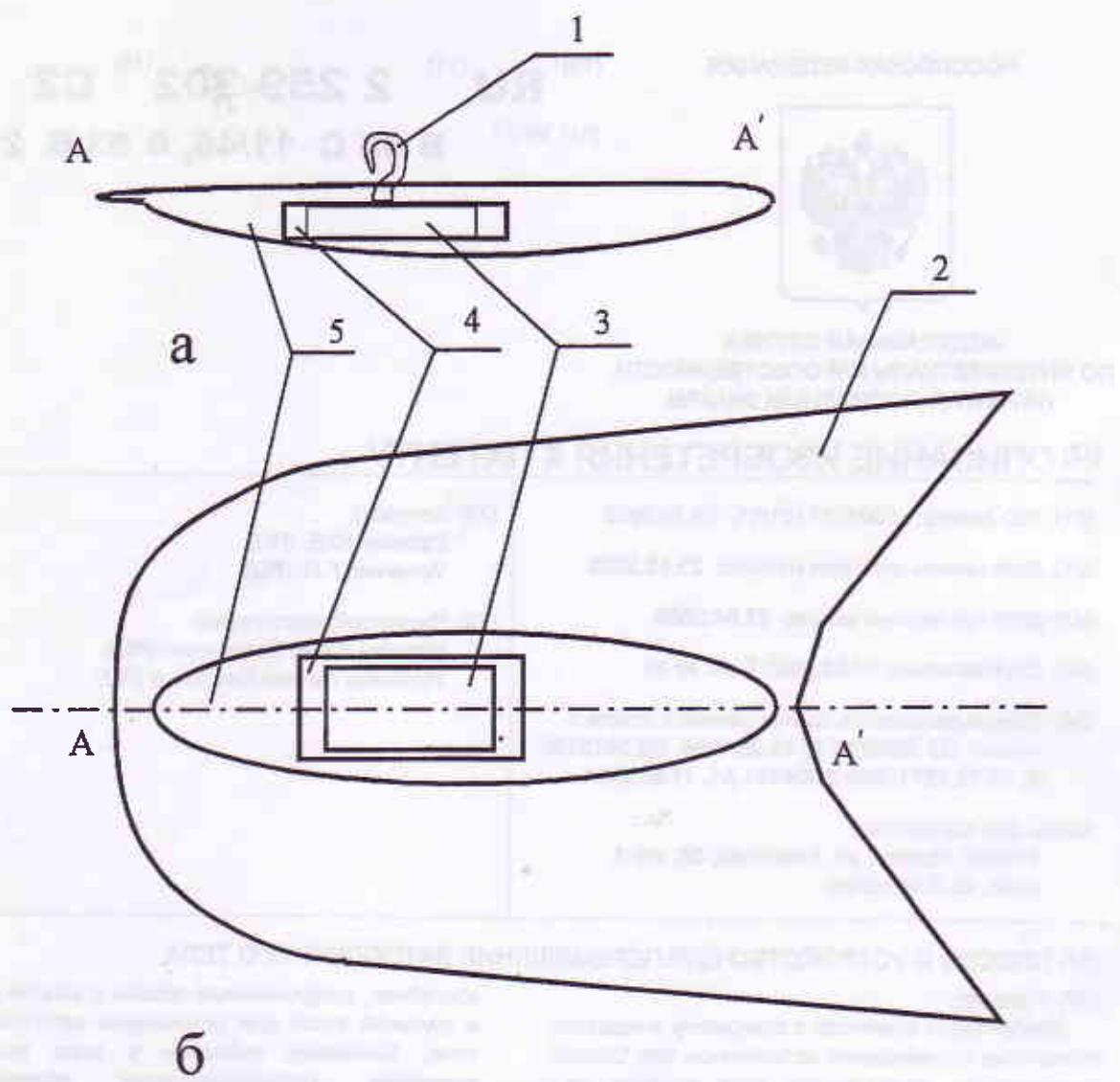
контейнер, удерживаемый тросом в водной среде, и грузовой отсек для размещения затопленного тела. Контейнер выполнен в виде крыла с внешними гидродинамически обтекаемыми формами, а трос является выбиравшим и закреплен в точке захвата контейнера, расположенной на расстоянии $\delta=0,29l$, где l - ширина контейнера от точки, соответствующей возникновению максимального лобового сопротивления и равного нулю момента силы реакции среды, по средней продольной линии геометрической симметрии контейнера в сторону его поступательного перемещения. Технический результат реализации изобретения заключается в повышении эксплуатационных качеств транспортных средств для перемещения затопленных тел. 2 н.п. ф-лы, 6 ил.

R 2 2 5 9 3 0 2

R U

R U 2 2 5 9 3 0 2 C 2

R U 2 2 5 9 3 0 2 C 2



Фиг. 2

R U 2 2 5 9 3 0 2 C 2

Уровень техники.

Изобретение относится к средствам перемещения затопленного тела.

Известны (Джозеф Горз. Подъем затонувших кораблей. <http://www.navalcollection.ru/index.html>) способы перемещения затопленного тела в виде

- 5 подъема затопленных судов с помощью наполнителей их внутреннего объема воздухом, пенопластами, гранулами или сферами.

К недостаткам этих способов относится то, что они:

- весьма ограничены в своем применении, поскольку ориентированы на индивидуальные отдельные случаи;
- 10 - сопровождаются образованием отходов в виде уже использованных материалов и связанными с их производством, применением и утилизацией расходами.

Известен способ перемещения в водном пространстве с помощью подводных лодок с винтовыми двигателями (Сайт Штурм глубины, <http://www.deepstorm.ru>), осуществляющими как основное маршевое движение, так и движения, корректирующие азимутальное

- 15 направление в водном пространстве.

К недостаткам таких автономных средств перемещения относится:

- необходимость выделять часть внутреннего пространства судна под заполнение его расходуемыми топливно-энергетическими ресурсами и соответствующим оборудованием;
- ограниченность запасами топливно-энергетических ресурсов на судне;
- 20 - ограниченность времени нахождения экипажа судна под водой;
- ограниченность глубиной погружения;
- постоянно присутствует риск гибели экипажа, сопровождающей потерю самого судна;
- уровень нахождения такого судна под водой задается регулировкой количества воды на судне в виде балласта;

- 25 - челночные движения судна от водной поверхности к заданному месту погружения и обратно экономически не выгодны, и могут оправдываться, главным образом, военными или спасательными целями,

Общеизвестно устройство - винт (Энциклопедический словарь. Под редакцией Б.А.Введенского. М., "БСЭ", 1953, т.1, с.307),

- 30 К его недостатком относятся:

- ограничение устройства функцией двигателя, не осуществляющего функции контейнера;
- значительные непроизводительные потери энергии на турбулентность создаваемого потока и на его закручивание.

- 35 Известно устройство подводно-наводное судно-двигатель Митурича (<http://www.submarina.ru/>).

Гибкий корпус самого судна, совершающий в качестве двигателя волнообразные движения, обладает тем недостатком, что предполагает:

- присутствие людей на судне-двигителе, что порождает риск гибели экипажа;
- 40 - необходимое наличие на борту судна топливно-энергетических запасов и запасов, обеспечивающих жизнедеятельность экипажа;
- наличие риска безвозвратной потери судна;
- отсутствие постоянного коммуникативного взаимодействия с пунктом управления движением судна и функциями судового оборудования.

- 45 Наиболее близким к предлагаемому является плавсредство двойного назначения (патент США № 3255723), которое может в режиме буксировки использоваться как на поверхности воды, так и для погружения под воду. Плавсредство рассчитано на индивидуальное применение. Глубина погружения плавсредства изменяется в режиме буксировки и задается человеком, находящимся внутри плавсредства, путем изменения

- 50 вручную угла атаки боковых плоскостей, находящихся вне корпуса плавсредства. Воздействие встречного потока воды на эти плоскости приводит к возникновению вертикальной составляющей силы, направленной вверх или вниз в зависимости от угла атаки плоскостей во встречном потоке воды.

К недостаткам такого способа относится:

- средство рассчитано на его использование одним человеком и на обязательное его присутствие внутри перемещаемой емкости;
- обязательность наличия средств жизнеобеспечения и спасательных средств;
- 5 - все функциональные возможности средства ограничены состоянием здоровья человека и риском его гибели;
- движущая сила, перемещающая емкость по глубине, является результирующей силы натяжения буксирующего троса и силы реакции среды, порождаемой действиями оператора, размещенного внутри емкости, путем изменения им вручную угла атаки
- 10 внешних плоскостей, задающих уровень погружения.

Целью изобретения являются создание способа пространственного перемещения затопленного тела в жидкой среде, лишенного перечисленных недостатков, а также создание устройства, позволяющего реализовать предлагаемый способ перемещения затопленного тела.

- 15 Эта цель достигается применением специального грузового контейнера-двигителя, управляемого и контролируемого соединительным с наводным плавсредством тросом, при тяговом воздействии которого на контейнер-двигитель возникает такая сила реакции среды, что результирующая этих двух сил, сила тяги, приводит к поступательному движению контейнера.

20 Сущность изобретения.

В аэrodинамике широко известна так называемая поляра Лилиенталя. (Фиг.1.

Фотография из книги Б.Экка "Введение в техническую гидромеханику". Госэнергоиздат. М., Л., 1941). Она связывает подъемную силу F_y и силу сопротивления F_x , возникающие при перемещении аэродинамического тела в газовой среде для различных углов атаки α . При

- 25 этом чаще всего в поле зрения специалистов оказывается область малых углов атаки α , меньших 10° , где подъемная сила имеет максимальную величину при минимальной силе сопротивления. При этом очень мало внимания уделяется части поляры для больших углов атаки в области α , меньших, но близких к 90° . Между тем в этой области поляры, при большой силе лобового сопротивления, максимальной для заданного положения тела, существует далекая от нулевого значения величина подъемной силы, способствующая вертикальному подъему, в частности, воздушного змея. Судя по фиг.1 эта сила при α , приблизительно равном 80° , достигает значений, равных половине величины максимальной подъемной силы,

- 35 При определенных условиях движения затопленного тела в жидкой среде под действием внешней силы, например в морской воде, возможна одновременная эксплуатация свойств обеих областей поляры Лилиенталя - малых и больших углов атаки α .

Поясним это.

- Если погруженному телу придать гидродинамически оптимальные формы, например, в виде формы тела морского животного - ската, то при поступательном по аналогии со скатом движении вперед лобовое сопротивление такого тела в десятки раз меньше аналогичного сопротивления для, например, цилиндрического тела, расположенного поперек встречного потока жидкости, с миделевым сечением, равным аналогичному сечению ската (Л. Прандтль. Гидроаэромеханика. R&C Dynamics. Москва-Ижевск. 2002). К тому же, если тело обладает произвольной формой затопленного тела, то лобовое сопротивление еще больше. Тогда искусственное придание затопленному телу обтекаемой формы должно сократить энергетические затраты на перемещение затопленного тела или на его подъем.

- 50 Придание гидродинамически обтекаемой формы можно осуществить применением контейнера-оболочки требуемой формы, в котором располагается тело, подлежащее перемещению. Однако технически более доступен вариант горизонтального размещения такого контейнера, а не вертикального. Особенно в начальной стартовой стадии подъема тела. Но в этом случае действует очевидный аргумент против применения доступного варианта - это максимальная сила лобового сопротивления среды из-за близкого к

перпендикулярному расположения максимального миделевого сечения тела направлению подъема, а потому заведомая неэффективность такого подъема при искусственном увеличении лобового сопротивления затопленного тела исключает применимость технически доступного варианта.

В предлагаемом способе контейнер выполняется гибким и упругим с гидродинамически оптимальной формой, например, в виде рыбьего хвоста (фиг.2), для поступательного перемещения. С наводного плавсредства он захватывается тросом (фиг.3, а). Захват на контейнере (фиг.2) располагается сверху на некотором расстоянии от переднего края в области продольной оси симметрии контейнера, причем это расстояние меньше расстояния от места расположения захвата до задней кромки контейнера. Т.е. захват располагается между центром, определяющим максимальное лобовое сопротивление контейнера (для простоты рассуждений - он же центр масс) и его передним краем. Этим создаются условия для одновременного присутствия условий движения тела, характерного для крайних частей поляры Лилиенталя. В результате воздействия на контейнер тяговой силой троса F (Фиг.3, б) как при операции подъема груза возникают силы взаимодействия контейнера с водной средой. Это сила играет роль силы, порождающей лобовое сопротивление для движения контейнера вверх (часть поляры Лилиенталя в области углов атаки α , близких к 90°). Очевидно, что чем больше прикладываемая с помощью троса тяговая сила, тем больше сила сопротивления. Из-за смещения точки захвата контейнера от центра максимального лобового сопротивления возникает момент силы, поворачивающий контейнер-движитель так, что сила реакции среды и тяговая сила образуют угол, меньший 180° . В результате векторного сложения двух сил - тяговой силы F , порождаемой тросом, и силы реакции среды N возникает вектор силы тяги R , задающий направление поступательного перемещения контейнера (фиг.3, в). Вместе с тем, образуется угол α атаки для поступательного движения контейнера. Тогда, с одной стороны, возникает подъемная сила, соответствующая тяговому усилию, т.е. части поляры Лилиенталя с большими углами атаки α , близкими к 90° . И это способствует возникновению поступательного движения контейнера. С другой стороны, условия поступательного движения контейнера определяются частью поляры Лилиенталя, соответствующей движению тела (контейнера) под малыми углами атаки α , близкими к 0° . В этом случае сопротивление среды, как лобовое сопротивление, в десятки раз меньше сопротивления, соответствующего перемещению или подъему тела без контейнера.

Сам контейнер, движущийся под действием приложенных сил, в каждой точке траектории своего движения принимает такое пространственное положение, что сопротивление среды минимально по отношению к возникшему движению контейнера. Из векторного сложения тяговой силы и силы реакции среды следует, что чем больше приложенная сила, тем больше сила реакции и тем меньше угол между векторами этих сил, α , следовательно, больше результирующая этих сил. В результате ускорение движения контейнера будет больше.

1. Оценим энергетическую эффективность предлагаемого способа перемещения затопленного тела в случае подъема от дна до свободной поверхности жидкости.

Поскольку при подъеме контейнера с грузом трос постоянно отбирается, наматываясь, например, на барабан, то расстояние от плавсредства до контейнера уменьшается. Контейнер в пространстве совершает перемещение по криволинейной траектории от нижней придонной точки до поверхности. В силу сокращения длины троса путь, проходимый контейнером, меньше, чем четвертая часть окружности $2\pi h/4=1,57h$ с радиусом h , равным глубине расположения тела, но больше вертикальной прямой h , равной глубине расположения тела.

При обычном подъеме работа A_1 , которая должна быть совершена, может быть так определена

$$A_1 = mgh + F_{comp}h, \quad (1)$$

где m - масса тела, уменьшенная на силу Архимеда;

g - ускорение свободного падения;

h - глубина залегания тела;

$F_{\text{сопр}}$ - сила сопротивления среды.

- Правая часть равенства (1) представляет собой сумму двух работ, первая из которых равна работе по подъему тела массой m на высоту h , а второе слагаемое - работа, совершаемая подъемным устройством против силы сопротивления $F_{\text{сопр}}$ среды.

Предлагаемый способ определяет работу A_2

$$A_2 = mgh + F'_{\text{сопр}} s + m_k gh, \quad (2)$$

где m_k - масса контейнера;

- 10 s - криволинейный путь, проходимый контейнером от дна до поверхности;

$F'_{\text{сопр}}$ - сопротивление перемещаемого контейнера, испытываемое при его движении по криволинейной траектории длиной s .

- При этом первое из трех слагаемых представляет работу по подъему тела массой m на высоту h , численно ту же, что и в уравнении (1), но физически отличающуюся тем, что в 15 ней содержится переход кинетической энергии движения контейнера под действием силы тяги по криволинейной траектории в его потенциальную энергию на уровне свободной поверхности жидкости. Второе слагаемое это работа по преодолению силы сопротивления $F'_{\text{сопр}}$ среды при перемещении контейнера вдоль криволинейной траектории, длиной s .

- 20 Третье слагаемое - это работа по перемещению контейнера массой m_k , уменьшенной на величину силы Архимеда, от дна к поверхности.

Сравнение работ A_1 и A_2 дает

$$A_1 - A_2 = F_{\text{сопр}} h - F'_{\text{сопр}} s - m_k gh. \quad (3)$$

Для удобства сравнения допустим формальное равенство

$$F_{\text{сопр}} h = F'_{\text{сопр}} s + m_k gh. \quad (4)$$

- 25 где левая часть будет соответствовать работе A_1 , а правая - A_2 . И в ходе дальнейших преобразований левой и правой частей выражения (4) проследим за справедливостью допущенного равенства.

При оценивании силы лобового сопротивления в виде

$$30 F_{\text{сопр}} = C_x S V^2 \rho / 2 \quad (5)$$

(Б.Экк. Введение в техническую гидромеханику. Госэнергоиздат. М., Л., 1941),

где C_x - коэффициент лобового сопротивления, определяемый экспериментально. S - площадь миделевого сечения тела;

V - скорость потока;

- 35 ρ - плотность вещества потока,

принято удобным при сравнениях параметров, характеризующих движение тел в сплошных средах, пользоваться безразмерным коэффициентом сопротивления C_x . При этом в зависимости от формы тела и состояния его поверхности значения этой величины изменяются от сотых для гидродинамически оптимальных тел до примерно двух для гидродинамически неоптимальных. Если исходя из вышеизложенного полагать, что

40 $F'_{\text{сопр}} = 0,1 F_{\text{сопр}}$ и $s = 1,5h$, а также принимать $m_k = 0,1m$, то равенство (4) запишется в виде
 $F_{\text{сопр}} h = 0,1 \cdot 1,5 F_{\text{сопр}} h + 0,1mgh \quad (6)$

или

$$0,85 F_{\text{сопр}} h = 0,1mgh \quad (7)$$

- 45 При ускоренном движении тела

$$F_{\text{сопр}} = 0,5 m_B g \quad (8)$$

что следует, например, из книги Л.Прандтля (Гидроаэромеханика. R&C Dynamics. M. - Ижевск. 2002. Стр. 246 - 248.).

причем m_B - это масса вытесненной телом воды,

- 50 а $0,5 m_B$, так называемая, присоединенная масса.

Считая, что вследствие заполненности погруженного тела водой и действия силы Архимеда эффективная масса тела отличается от массы воды на коэффициент, равный 0,5, выражение (8) перепишем в виде

$$F_{\text{comp}} = 0,5m_Bg \cdot 0,5 = 0,25m_Bg \quad (9)$$

В результате равенство (7) записывается в виде

$$0,85F_{\text{comp}}h = 0,85 \cdot 0,25m_Bg \cdot h = 0,1mgh \quad (10)$$

или в итоге приходим к очевидному неравенству

$$5 \quad 0,21mgh > 0,1mgh \quad (11)$$

В результате оказывается, что при определенных условиях предлагаемый способ перемещения тела под водой более экономичен, чем традиционный.

Этот аргумент становится еще более очевидным, если контейнер находится в условиях естественных подводных течений. В этом случае по аналогии с воздушным змеем может использоваться энергия движения этих течений как для подъема, так и произвольного перемещения затопленного тела в водном пространстве.

2. Случай прерывания действия прикладываемой силы натяжения троса.

В таком случае контейнер, получивший импульс поступательного движения и при этом приподнятый на некоторую высоту над поверхностью дна, в связи с прекращением

15 действия силы натяжения троса находится в состоянии свободного планирования, перемещаясь поступательно в водном пространстве под действием результирующей двух сил - силы тяжести и силы реакции среды. Движение осуществляется вдоль донной поверхности вплоть до контакта с ней. Регулируя высоту подъема контейнера над дном, можно задавать расстояние перемещения контейнера вдоль донной поверхности. Это 20 позволяет пошаговым образом перемещать затопленное тело на произвольные заданные расстояния и в произвольном заданном азимутальном направлении вдоль донной поверхности с учетом ее профиля.

Таким образом, с помощью предлагаемого способа перемещения затопленного тела водная среда становится более доступной для регулярного глубокого проникновения.

25 Становится возможной управляемость перемещения контейнера с помощью надводных средств, снимающая необходимость присутствия человека на подводном аппарате. Снимаются риски потери экипажа судна в связи с отсутствием необходимости в нем. Управление направлением движения затопленного тела и манипуляторами, находящимися 30 на нем, возможно с помощью средств кабельной связи. Становится возможной челночная и пошаговая работа с помощью затопленного тела, допускающая исследование дна и разработку подводных месторождений. Отсутствует необходимость в материалах, способствующих подъему и спуску затопленного тела. Снимается необходимость в автономных маршевых двигателях и их топливно-энергетическом обеспечении. Имеет 35 место экономическое преимущество перед известными способами. Становятся доступными для регулярных исследования и проведения различного вида работ объекты на больших глубинах залегания, чем в традиционных случаях. Нет необходимости в балластных водах, задающих уровень погружения или подъема затопленного тела.

Рассмотрим контейнер, находящийся под действием тяговой силы троса (фиг.4). Для 40 определенности пусть это будет плоская пластина прямоугольной формы с размерами $I \times k$, где I - поперечный, а k - продольный ее размеры. Рассматривать пластину будем в плоскости ХОY прямоугольной системы координат, образованной осями X, Y и Z. Причем продольный размер пластины будет направлен параллельно оси Z. В результате на 45 плоскости ХОY проекция пластины будет выглядеть как отрезок АВ прямой линии, длиной I . Начало координат, точку О, выберем так, что она будет совпадать с точкой отбора троса, с начальной длиной r_0 . Это будет то расстояние, на которое затоплен контейнер. Ось ОХ направим по вертикали вниз так, что прямая, соединяющая точку О с контейнером, будет 50 совпадать с осью ОХ. Ось ОY направим в сторону возникающего поступательного движения контейнера так, что траектория движения, как плоская кривая, будет расположена в плоскости ХОY. Точкой С обозначим геометрический центр отрезка АВ, являющийся одновременно центром масс этого отрезка. Точкой О' обозначим точку захвата тросом контейнера на отрезке АВ.

Существуют две крайние ситуации: первая - это когда трос захватывает контейнер в точке, соответствующей максимальному миделевому сечению, т.е. в точке С, где

расстояние смещения точки захвата контейнера тросом от геометрического центра С $\delta=0$. В этом случае прикладываемая к контейнеру тяговая сила троса будет порождать максимальную противоположно направленную силу реакции среды. Это приводит к максимальным потерям в связи с совершением работы, затрачиваемой на преодоление 5 силы реакции среды, и сила тяги не возникает. Эффективность выполнения работ в таком случае низкая. Вторая ситуация - это когда трос захватывает контейнер в точке, расположенной в середине фронтовой линии контейнера. На плоскости XOY это положение соответствует точке А отрезка АВ, где $\delta=1/2$. В этом случае сила натяжения троса 10 минимальна, но не может быть меньше силы, необходимой для подъема груза со дна на поверхность и включающей в себя силу тяжести груза и силу сопротивления среды, пропорциональной квадрату скорости движения груза. При выводе контейнера из горизонтального положения осуществляется, прежде всего, поворот контейнера до 15 положения, близкого к перпендикулярному, что потребует приложения тягового усилия троса во много раз большего, чем вес груза. Сила тяги не возникает. Следовательно, к работе по подъему тела прибавится непроизводительная работа по переводу контейнера в вертикальное положение. Кроме того, функция перемещения затопленного тела ограничивается вертикальным подъемом. Т.е. эффективность работ и в этом случае 20 низкая. Следует ожидать, что между двумя крайними случаями, когда $\delta=0$ и $\delta=1/2$ должна существовать точка, расположение захвата контейнера в которой будет способствовать максимальной эффективности работ за счет возникновения силы тяги как результата действия двух неизбежно существующих начальных сил - тяговой силы троса и силы 25 реакции среды.

Эффективность действия тяговой силы будем оценивать как максимум этой силы в зависимости от параметра δ , приводящий к максимальному результирующему воздействию 30 этой силы и силы реакции среды на контейнер, в результате которого последний приобретает максимальную энергию движения при максимальной эффективности подъемного устройства. Физически это должно выглядеть так, что при приложении тягового усилия троса возникает сила реакции среды, вектора этих сил складываются и дают вектор результирующей силы, приводящий к поступательному движению контейнера по криволинейной траектории. При этом оптимальным считается случай, когда угловая скорость контейнера по отношению к мгновенной оси вращения всей системы и угловая скорость вращения контейнера по отношению к оси, проходящей через точку захвата контейнера, равны.

Оценим то расстояние δ , на котором должна располагаться точка захвата тросом 35 контейнера по отношению к геометрическому центру контейнера.

На фиг.4, а, б приведены:

XOY - исходная прямоугольная система координат;

X"O"Y" - система координат, связанная с мгновенной осью вращения, проходящей 40 через начало координат O";

ρ - мгновенная длина троса;

ρ' - расстояние от точки захвата контейнера до мгновенного центра O" кривизны траектории;

F - вектор прикладываемой тяговой силы троса;

N - вектор силы реакции среды;

AB=l - ширина контейнера;

l_1 - плечо силы f_1 ;

f_1 - вектор силы, задающей вращение контейнера вокруг точки захвата O'";

C - центр масс контейнера;

O'C=δ - расстояние смещения точки захвата контейнера от центра масс C;

$F_n=F-N'$ - нормальная составляющая силы, действующей на контейнер;

F_t - тангенциальная составляющая силы действующей на контейнер;

β - угол между мгновенным направлением движения контейнера и осью Y;

γ - мгновенное значение угла поворота мгновенного радиуса ρ' по отношению к оси X';
 ϕ - угол отклонения троса от вертикальной оси X;
 α - угол между тросом и мгновенным радиус-вектором ρ' .

5 Момент M_1 (нежирными буквами в дальнейшем обозначаются модули соответствующих векторов) силы F_t , прикладываемой к контейнеру и имеющей плечо ρ' , определяется произведением силы на плечо. Тот же момент силы определяется моментом инерции $J_{O''}$ системы и приобретенным угловым ускорением $d^2\gamma/dt^2$. Тогда имеет место равенство

$$10 M_1 = F_t \cdot \rho' = J_{O''} \cdot d^2\gamma/dt^2 \quad (1)$$

(Н.И.Карякин, К.Н.Быстров, П.С.Киреев. Краткий справочник по физике. "Высшая школа". М., 1962).

Другой момент M_2 силы f_1 , действующей на контейнер с плечом l_1 , причем в этом случае момент инерции - $J_{O''}$ и угловое ускорение - $d^2\gamma/dt^2$, определяется равенством

$$15 M_2 = f_1 \cdot l_1 = J_{O''} \cdot d^2\beta/dt^2 \quad (2)$$

Поскольку рассматривается случай равенства углов $\gamma=\beta$; и соответствующих угловых ускорений $d^2\gamma/dt^2=d^2\beta/dt^2$, то имеет место равенство

$$F_t \cdot \rho' / J_{O''} = f_1 \cdot l_1 / J_{O''} \quad (3)$$

20 Поскольку

$$F_t = F \cdot \sin \alpha, \quad \rho' = \rho \cdot \cos \alpha, \quad (4)$$

$$J_{O''} = m \cdot l^2 / 12 + m \cdot \rho'^2 = m \cdot l^2 / 12 + m \cdot \rho^2 \cdot \cos^2 \alpha \quad (5)$$

(m - эффективная равномерно распределенная масса контейнера, включающая присоединенную массу [Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Гидродинамика. "Наука". 1988]).

$$25 f_1 = 2 \cdot \delta \cdot N / I, \quad l_1 = l / 2, \quad J_{O''} = (m \cdot l^2 / 12 + m \cdot \delta^2), \quad (6)$$

то из равенства (3) с учетом (4), (5) и (6) вытекает

$$F = [(m \cdot l^2 / 12 + m \cdot \rho^2 \cdot \cos^2 \alpha) 2N / \rho \cdot \sin 2\alpha] \cdot \delta / (m \cdot l^2 / 12 + m \cdot \delta^2). \quad (7)$$

Обозначив все сомножители, не зависящие от δ , буквой K, равной

$$30 K = [(m \cdot l^2 / 12 + m \cdot \rho^2 \cdot \cos^2 \alpha) 2N / \rho \cdot \sin 2\alpha] \quad (8)$$

перепишем равенство (7) в виде

$$F = K \cdot \delta / (m \cdot l^2 / 12 + m \cdot \delta^2). \quad (9)$$

Тогда первая производная F' функции F по δ может быть записана в виде

$$35 F' = K \cdot [\delta / (m \cdot l^2 / 12 + m \cdot \delta^2)]' = \\ = K \cdot [(m \cdot l^2 / 12 + m \cdot \delta^2) - \delta \cdot (2m\delta)] / (m \cdot l^2 / 12 + m \cdot \delta^2)^2. \quad (10)$$

Равенство нулю первой производной $F'=0$ определяет, то значение величины δ , при котором функция F имеет экстремум (И.Н.Бронштейн, К.А.Семеняев. Справочник по математике. "Наука". 1964). Опуская промежуточные выражения и преобразования, запишем

$$(m \cdot l^2 / 12 + m \cdot \delta^2) - \delta \cdot (2m\delta) = 0; \quad l^2 / 12 = \delta^2; \quad \delta = l / (12)^{1/2} = 0,2887 \cdot 1 \quad (11)$$

А поскольку вторая производная F меньше нуля

$$45 F'' < 0, \quad (12)$$

то полученное значение величины δ определяет максимум функции F.

Таким образом, оказывается, что размещение точки захвата контейнера в соответствии с условием $\delta=0,2887 \cdot 1$ позволяет достичь оптимальных условий перемещения контейнера под действием результирующей тяговой силы троса и силы реакции среды. В этом случае поступательное движение тела энергетически оптимально. Т.е., имея в своем распоряжение подъемное оборудование, позволяющее развить тяговую силу F, следует определять точку захвата контейнера на основании полученного условия. Тогда возникающая скорость перемещения контейнера будет максимальной, а соответствующие

энергетические затраты - минимальными.

Изобретение поясняется иллюстрациями, на которых:

Фиг.1. Фотография поляры Лилиенталя, вычерчиваемой чернильной кистью на экране.

Кисть соединена с крылом в потоке воздуха под различными углами атаки α крыла к

потоку воздуха. F_y - подъемная сила, F_x - сила лобового сопротивления среды. На кривой для ориентации нанесены обычные значения -3° , 0° , 10° и 80° для угла атаки α .

Фотография поляры Лилиенталя взята из книги Б.Экка "Введение в техническую гидромеханику" (Госэнергоиздат. М., Л., 1941).

Фиг.2. Схематически показаны виды контейнера с грузом: а - разрез контейнера AA', б

10 - вид сверху. Обозначения: 1 - условный крюк или захват контейнера тросом; 2 - несущее крыло контейнера в виде "рыбьего хвоста"; 3 - условный груз, размещенный в грузовом отсеке 4; 5 - корпус контейнера,

Фиг.3. а - схематическое расположение плавсредства 1, контейнера 2 и тягового троса 3; б- схематическое расположение плавсредства и контейнера с условным указанием

15 вектора силы тяги F и вектора силы реакции среды N; в - показаны вектор результирующей силы R действия двух сил F и N, а также возникающий угол атаки а.

Фиг.4. а - геометрическая схема мгновенного расположения контейнера AB и троса OC в виде проекции на оси координат XOY с указанием векторов действующих сил F и N

20 предполагаемой траектории движения контейнера - сплошная кривая, мгновенной системы координат X"O"Y" и углов α , β , γ , φ , соответствующих пространственной картине движения контейнера под действием прикладываемой тяговой силы F троса, б - выноска проекции AB контейнера шириной l с геометрическим центром (центр масс) в точке C и указанием точки приложения силы f₁ и ее плеча l₁.

Фиг.5. Приведены фотографии: а - устройство для демонстрации способа, состоящее из

25 тягового коромысла цилиндрической формы, на разных концах которого закреплены тяговые нити. Одна нить (на фотографии слева) связана с грузом, другая (на фотографии справа) - с плоским контейнером-движителем (бэдж), содержащим внутри точно такой же груз; б - груз и контейнер погружены до дна в емкость (ванну) с водой, высота слоя которой 35 см (прямоугольный треугольник, тонально отличающийся от большей части

30 фона фотографии - это граница раздела свободная поверхность воды - боковая стенка ванны). Справа на границе фотографии присутствует фрагмент закрытого стока ванны.

Фиг.6. Приведены фотографии двух различных по первоначальной направленности выхода контейнера на свободную поверхность воды (а - вдоль продольной оси ванны; б -

35 попечерк направлению продольной оси ванны) моментов одновременного движения груза и контейнера с грузом, возникающих под действием силы, прикладываемой рукой к ним через коромысло и тяговые нити: а - контейнер еще находится в подводном положении, но уже близок к свободной поверхности воды; б - момент достижения контейнером границы вода - воздух - борт ванны (действие подъемной тяговой силы руки прекращено). Разрозненные светлые пятна на фотографии треугольной или близкой к этой формы - это кусочки пенопласта на свободной поверхности воды.

Способ и устройство для перемещения затопленного тела осуществляются следующим образом.

В качестве модели контейнера используется (фиг.5, а) стандартный бэдж

45 размерами $9 \times 5,7 \text{ mm}^2$. Бэдж двухслойный из упругого бесцветного синтетического материала толщиной 0,1 мм. В месте перегиба слоев толщина равна 0,8мм. К бэджу фабричным образом прикреплен зажим, к которому присоединяется тяговая нить на расстоянии S от геометрического центра, определяемом условием $\delta=0,2887 \cdot 1=0,2887 \cdot 5,7=1,65$ мм, другой конец которой соединен с коромыслом в виде цилиндра, удобным для 50 удержания его рукой. Внутрь бэджа помещен груз в виде стальных пластин общей массой 25 г. Таким образом моделируется грузовой отсек с грузом в контейнере, причем груз изолирован внешними слоями бэджа от потоков жидкости. На фиг.5, а можно видеть, что к другому концу коромысла присоединен тяговой нитью груз в связке, аналогичный грузу, размещенному в бэдже. Предполагается сравнить в ходе эксперимента поведение груза и

контейнера в одинаковых условиях равенства скорости одновременного отбора обеих нитей. Начальное стартовое положение обоих тел приведено на фотографии (фиг.5, б), где они расположены на дне емкости (ванны), наполненной водой на высоту 35 см. Длина тяговых нитей одинакова и равна 70 см.

В результате приложения рукой тягового усилия оба тела приходят в движение. При этом контейнер начинает двигаться по криволинейной траектории ускоренно к свободной поверхности жидкости и достигает ее раньше, чем груз, движущийся почти вертикально по направлению приложенной силы тяги. На фиг.6 приведены две фотографии груза и контейнера в заключительной фазе движения для двух изначально различных случаев направленности выхода контейнера на поверхность, когда контейнер уже близок к выходу на уровень свободной поверхности (фиг.6, а; движение контейнера вдоль оси ванны) и когда контейнер достиг границы вода - воздух - борт ванны после прекращения действия тягового усилия руки (фиг.6, б; движение контейнера поперек оси ванны). При этом груз еще находился под водой на уровне, близком к 0,5h. Качественно о положении контейнера и груза можно судить по напряженному состоянию нити, удерживающей груз, и расслабленному провисшему состоянию нити, связанной с контейнером, уже достигшим поверхности.

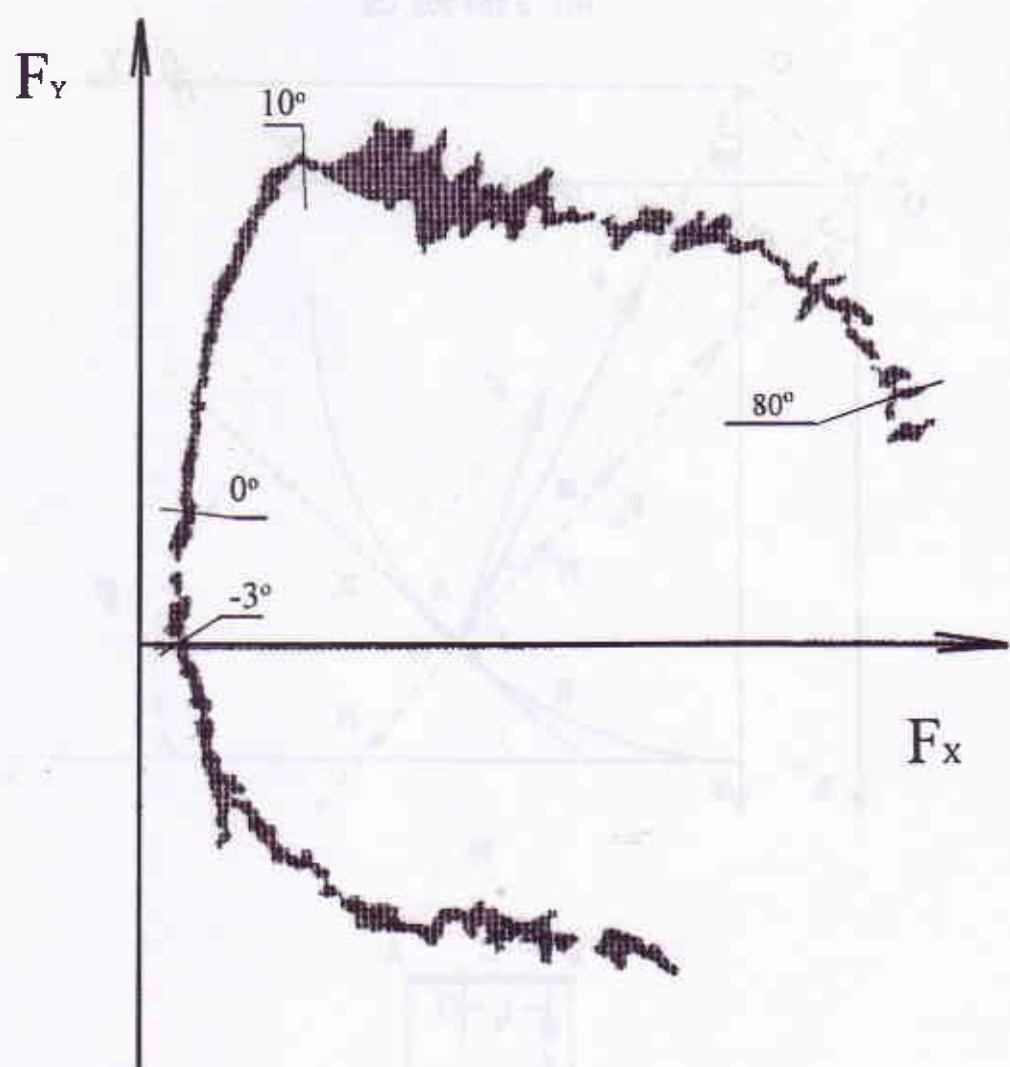
В результате экспериментов получены следующие результаты:

- при заданной одинаковой скорости отбора нити контейнер на 20% раньше достигает поверхности воды, чем груз;
- при увеличении силы натяжения троса пропорционально увеличивается ускорение движения контейнера и, следовательно, сокращается время достижения контейнером поверхности воды;
- изменение угла крена контейнера по отношению к горизонту (в нашем случае угол крена изменялся смещением центра масс груза внутри контейнера в боковую сторону от оси симметрии контейнера) приводит к изменению траектории от плоской криволинейной к пространственной криволинейной - вплоть до разворота на желаемый угол;
- при коротких временных интервалах действия прилагаемого тягового усилия по сравнению с интервалом времени полного выхода контейнера на поверхность становится возможным пошаговое перемещение контейнера вдоль донной поверхности на желаемое расстояние, осуществляющееся в виде подъема под действием тягового усилия на заданную высоту над дном и последующего свободного планирования вдоль донной поверхности до момента прихода контейнера в соприкосновение с дном;
- большие усилия, прикладываемые к тяговой нити, приводят к вылету контейнера из воды с такой скоростью движения, что высота подъема контейнера в воздухе превосходит глубину его первоначального нахождения в воде.

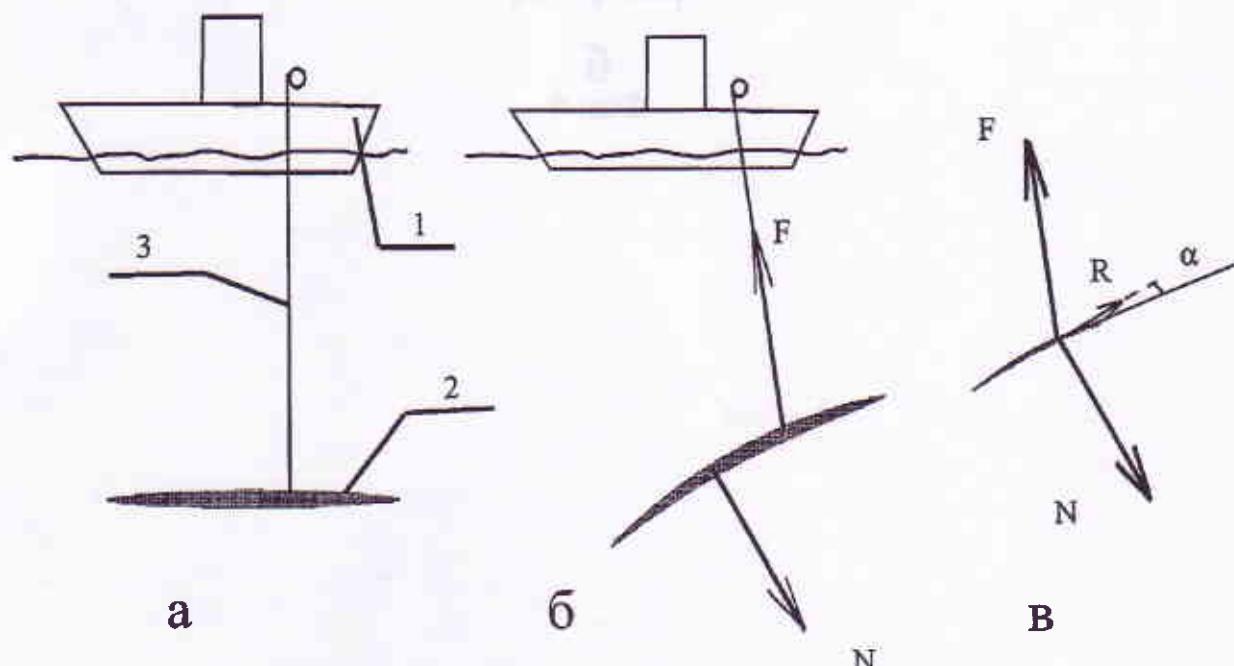
Формула изобретения

1. Способ перемещения затопленного тела, основанный на перемещении контейнера, удерживаемого тросом в водной среде, при этом для перемещения затопленного тела применяют внутреннее пространство контейнера, при этом точку захвата контейнера тросом выбирают так, что она смещена вперед от точки, соответствующей условию, что удержание в ней контейнера, помещенного в поток, не приводит к возникновению момента силы реакции среды, отличающийся тем, что поступательное движение контейнера возбуждают воздействием результирующей силы управляемого натяжения выбираемого троса управления и порождаемой ею силы реакции среды.
2. Устройство для перемещения затопленного тела, содержащее контейнер, удерживаемый тросом в водной среде и имеющий грузовой отсек для размещения затопленного тела, отличающееся тем, что контейнер выполнен в виде крыла с внешними гидродинамически обтекаемыми формами, а трос является выбираемым и закреплен в точке захвата контейнера, расположенной на расстоянии $\delta=0,29 \cdot l$, где l - ширина контейнера от точки, соответствующей возникновению максимального лобового сопротивления и равного нулю момента силы реакции среды, по средней продольной

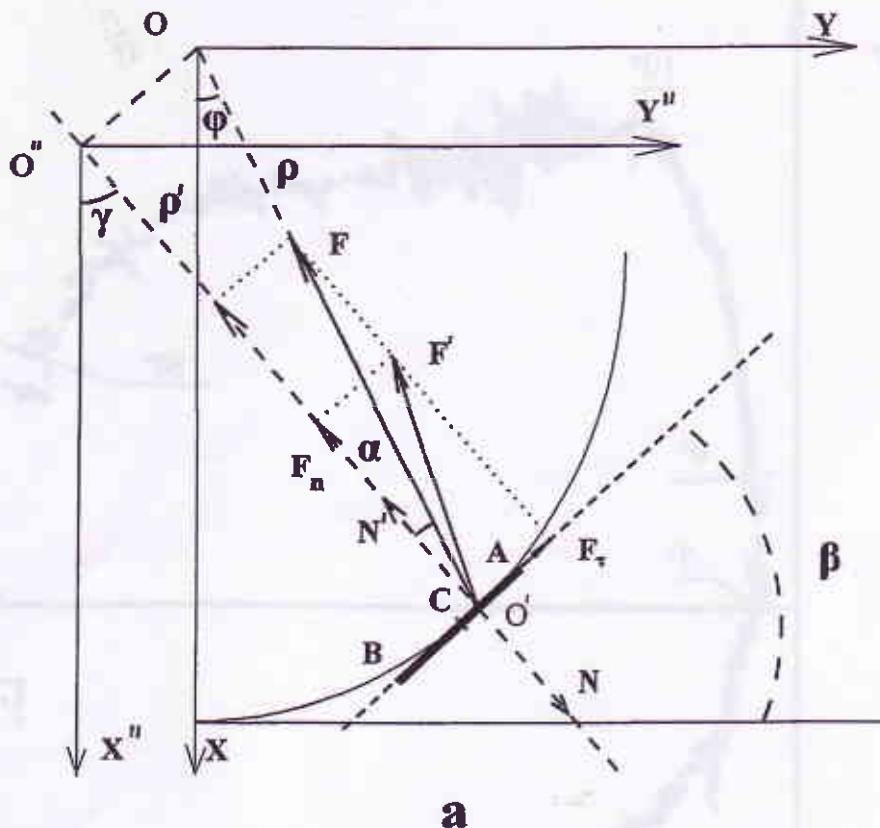
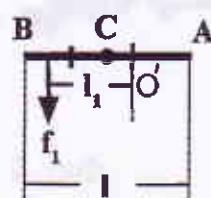
линии геометрической симметрии контейнера в сторону его поступательного перемещения.



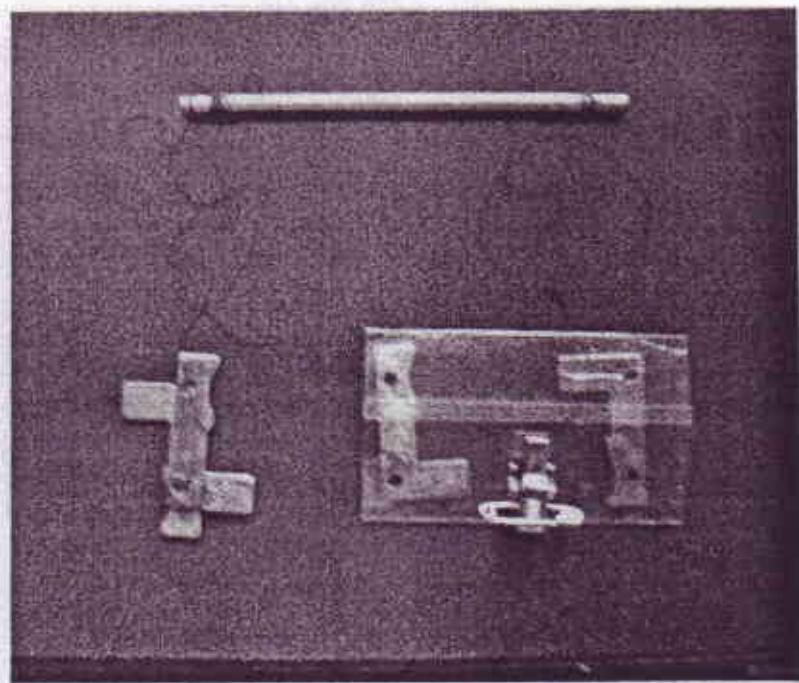
Фиг. 1



Фиг. 3

**a**

б
Фиг. 4



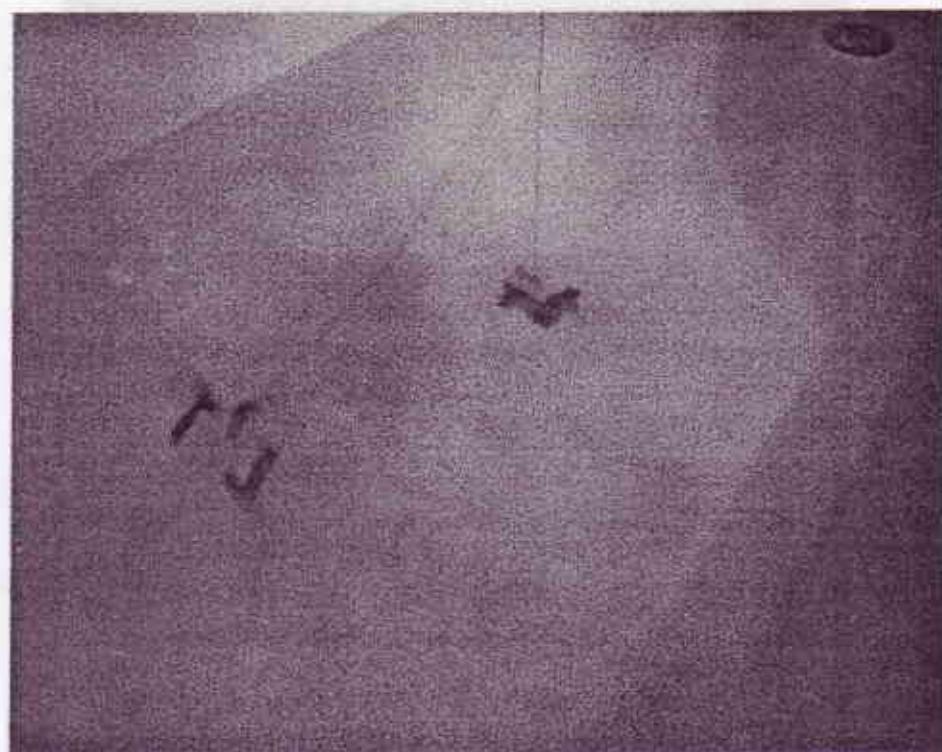
a



б

Фиг. 5

RU 2259302 C2



a



б

Фиг. 6