

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С  
ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) Всемирная Организация  
Интеллектуальной Собственности  
Международное бюро



(10) Номер международной публикации  
**WO 2012/144929 A1**

(43) Дата международной публикации  
26 октября 2012 (26.10.2012)

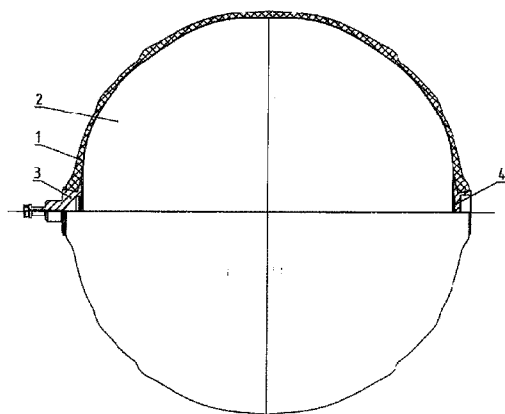
WIPO | РСТ

- (51) Международная патентная классификация:  
*F17C 1/06* (2006.01) *F16J 12/00* (2006.01)
- (21) Номер международной заявки: РСТ/RU2011/000931
- (22) Дата международной подачи:  
28 ноября 2011 (28.11.2011)
- (25) Язык подачи: Русский
- (26) Язык публикации: Русский
- (30) Данные о приоритете:  
2011115524 21 апреля 2011 (21.04.2011) RU
- (72) Изобретатели; и
- (71) Заявители : ЛУКЬЯНЕЦ, Сергей Владимирович (LUKYANETS, Sergei Vladimirovich) [RU/RU]; ул. Майолик, 4-77, Хотьково, Московская обл., 141350, Khotkovo (RU). МОРОЗ, Николай Григорьевич (MOROZ, Nikolai Grigorievich) [RU/RU]; ул. Черняховского, 10-53, Хотьково, Московская обл., 141350, Khotkovo (RU). ЛЕБЕДЕВ, Игорь Константинович (LEBEDEV, Igor Konstantinovich) [RU/RU]; ул. Черняховского, 11-22, Хотьково, Московская обл., 141350, Khotkovo (RU).
- (74) Агент: КОЛОМЕЙЦЕВА, Алла Ефимова (KOLOMETSEVA, Alla Efimovna); ул. Генерала Кузнецова, 19/1-365, Москва, 109156, Moscow (RU).
- (81) Указанные государства (если не указано иначе, для каждого вида национальной охраны): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Указанные государства (если не указано иначе, для каждого вида региональной охраны): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), европейский патент (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[продолжение на следующей странице]

(54) Title: HIGH-PRESSURE VESSEL MADE OF COMPOSITE MATERIALS

(54) Название изобретения : БАЛЛОН ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ



фиг.1

$$\sin \gamma = \frac{\pi r^2}{2 \sum_{i=1}^k T_i \cos \varphi_i} \quad (I)$$

(57) Abstract: The high-pressure vessel comprises a neck in at least one of the bases, a thin-walled hermetic liner made of stainless steel and an external heavy-duty casing which is made of composite material and is formed by a combination of casing layers consisting of groups of bands oriented along the surface of the liner in geodesic directions with reinforcing material threads arranged therein being at various angles and having various linear densities. The casing layers are embedded one into another. The first of the casings from the neck to the second casing is the surface of a geodesic isotensoid, and subsequent casings along sections of the polar openings in said casings coincide with a smooth surface of specified shape. The technical result of the invention is an increase in strength and reliability at a minimal mass under extreme loads.

(57) Реферат: Баллон высокого давления содержит горловину, по крайней мере, в одном из днищ, тонкостенный герметизирующий лайнер из нержавеющей стали и внешнюю силовую оболочку из композиционного материала, образованную комбинацией слоев-оболочек из групп лент, ориентированных по поверхности лайнера в геодезических направлениях с разными углами и линейными плотностями соответственно расположенных в них нитей армирующего материала. Слои-оболочки вложены друг в друга. Первая из оболочек от горловины до второй оболочки является поверхностью геодезического изотенсоида, а последующие по

сечениям своих полюсных отверстий совпадают с гладкой поверхностью заданной формы. Техническим результатом изобретения является повышение прочности и надежности при минимальной массе при предельных нагрузках.



WO 2012/144929 A1

Декларации в соответствии с правилом 4.17:

— об авторстве изобретения (правило 4.17 (iv))

Опубликована:

— с отчётом о международном поиске (статья 21.3)

## **Баллон высокого давления из композиционных материалов**

### ***Область техники***

Баллоны для сжатых газов под высоким давлением являются устройствами, используемыми в различных областях народного хозяйства и техники и, в частности, могут найти применение в качестве резервуаров высокого давления для транспортировки сжатых газов, топливных баков транспортных средств, баллонов с воздушно-кислородными смесями для дыхательной аппаратуры и др.

Изобретение относится к конструкции сосудов, предназначенных для указанного выше использования (хранения, транспортирования и использования сжатых газов и др.).

### ***Предшествующий уровень техники***

Основными требованиями, предъявляемыми к таким газовым баллонам, являются: обеспечение их высокой конструктивной прочности при минимальном разбросе их функциональных характеристик и эксплуатационной надежности при минимальных значениях весовых характеристик, а также низкой материалоемкости и обеспечение длительного срока службы.

Выпускаемые в настоящее время композитные баллоны высокого давления содержат внутреннюю тонкостенную герметичную оболочку - лайнер и внешнюю силовую оболочку из композиционного материала, образованную намоткой на поверхность лайнера жгутов высокомолекулярного волокна (например, углеволокна), пропитанного связующим.

В баллонах подобного типа, чтобы избежать утечек текучей среды или нарушения герметичности, особое значение придается материалу герметизирующей оболочки - лайнера.

Известны примеры создания композитных баллонов давления с использованием термопластов в качестве основного материала лайнера

(см., например, патенты GB 1023011, EP 0300931, WO 99/27293, WO 99/13263, US 4925044, RU 2150634).

Известны многочисленные примеры создания баллонов давления с использованием металлического лейнера из различных сплавов (см., например, US 5494188, US 5538680, US 5653358, US 5862938, US 5938209, US 5979692, US 6190598, US 6202674, US 6202674, US 6230922, US 2003111473, 6,810,567).

Известны многочисленные примеры создания композитных баллонов давления с использованием тонкостенных металлических лейнеров из различных сплавов (см., например, патенты US 3 066 822, US 3 446 385, US 5 292 027, US 5,822,838, US 5 918 759, WO 03/029718, RU 2255829, JP2005133847, WO2005022026, RU 2149126, RU 2094695, RU 2077682, RU 2001115743, RU 2000123739, RU 2140602, RU 2187746, RU 93049863, RU 2065544, RU 2001115191, RU 2003115384, RU 2002101904, GB1161846, EP0497687, US 5287988). Известные конструкции баллонов из композиционных материалов, как правило, представляют собой конструкции, образованные намоткой спиральных и кольцевых слоев армирующего материала, распределенного с различными плотностями по стенке композитной оболочки баллона (см. приведенные выше патенты и книгу Образцов И.Ф., Васильев В.В. и Бунаков В.А., Оптимальное армирование оболочек вращения из композиционных материалов, М., Машиностроение, 1977). Данные конструкции баллонов содержат композитную силовую оболочку с цилиндрической частью и днищами, причем цилиндрическая часть силовой оболочки содержит спиральные и кольцевые слои композиционного материала, а днища сосуда только спиральные слои. Соотношение толщин кольцевых и спиральных слоев в таких конструкциях выбирается для того, чтобы обеспечить технический результат - равнопрочность баллона давления. Это значит, что одновременно достигаются разрушающие напряжения в спиральных и кольцевых слоях. Это позволяет значительно снизить массу сосуда по сравнению с металлическими аналогами.

Реализация указанных конструкций позволяет частично решить задачу обеспечения минимальных значений весовых характеристик и обеспечение длительного срока службы баллона в силу того, что, как

правило, масса внутреннего лайнера используемого в конструкции баллона составляет до 50% от общей массы конструкции баллона. В тоже время известно, что использование в качестве конструкции лайнера оболочек специальных геометрических форм (например, сферической формы в патенте RU 2256844 C1, 20.07.2005) позволяет существенно снизить его массу в сравнении с лайнером цилиндрической формы аналогичного объема. В силу специфики геометрической формы для такого лайнера и вес композитной оболочки также существенно снижается. Таким образом, использование рациональных геометрических форм лайнера и композиционного материала позволяет обеспечивать высокоэффективные конструкции баллонов высокого давления.

Однако обеспечение рациональных геометрических форм лайнера требует проведения конструктивных изменений как в геометрии лайнера так и силовой оболочке из композиционного материала.

Аналогами предлагаемого конструктивного решения исполнения метало композитного баллона с тонкостенным лайнером являются решения по патентам US 5653358, EP 0714753, US 7497919, US 2007062959, US 3655085, US 4369894.

Недостатком решения по патенту US 5653358 является то, что в данном случае рассматриваемое решение исполнения баллона касается только одной определенной формы, а именно сферического баллона. Кроме того предлагаемое решение очень трудоемко в исполнении, что приводит к резкому удорожанию баллона.

В патентах US 7497919 и US 2007062959 сделана попытка частично устранить отмеченный недостаток решения по патенту US 5653358, однако в данном случае такое конструктивное исполнение еще более увеличивает трудоемкость его изготовления.

В решении по патенту EP 0714753 предложено использовать сложную геометрию профиля меридиана, образующего поверхности днищ, состоящую из частей поверхности геодезического изотезоида, которая обеспечивает равнопрочность конструкции по всей длине образующего меридиана и тем самым позволяет облегчить конструкцию.

Однако в данном случае не решается главная задача снижения массы лейнера.

К отмеченному выше решению по патенту US 5653358 следует отнести и решения, изложенные в патентах US 4369894 и US 3655085. В данном случае предложено конкретное исполнение баллона сферической формы. Однако при таком исполнении конструкции баллона сферической формы она является не оптимальной с точки зрения равнонапряженности всех образующих ее армирующих нитей.

Общим недостатком отмеченных решений является то, что в них не обеспечивается решение задачи оптимизации конструкции баллона в целом, то есть выбора рациональной формы днища лейнера и рационального размещения армирующих волокон в композиционной оболочке.

За прототип принято техническое решение по патенту RU 2175088 С1, 20.10.2001. В сосуде давления, имеющем сферическую форму и состоящем из внутренней герметичной оболочки и внешней силовой оболочки из композиционного материала, внутренняя герметичная тонкостенная оболочка (лейнер) выполнена цельнометаллической из алюминиевого сплава без использования сварных или иных соединений ее частей, а внешняя оболочка выполнена из органопластика на основе органических волокон марки Армос с многозонной геодезической укладкой по сферической поверхности и углами наклона к оси сосуда от  $5,7^\circ$  до  $73,15^\circ$ .

Однако использование данного решения не обеспечивает выполнения совместности деформирования алюминиевого сплава и композита в силу различия их механических свойств, что в результате приводит к одноразовому использованию получаемого баллона и не позволяет использовать его для многократного циклического использования.

### ***Раскрытие изобретения***

Задача, на решение которой направлено заявляемое изобретение, заключается в создании новой оптимальной геометрии лейнера баллона, что позволит повысить безопасность эксплуатации баллона при

существенном снижении массовых характеристик в сравнении с существующими конструкциями. Это позволит резко расширить и области применения легких композитных сосудов высокого давления.

Техническим результатом от применения заявленной конструкции является повышение прочности и надежности при минимальной массе при предельных нагрузках. Преимущество изобретения заключается в простоте его технологической реализации и потребительской привлекательности, т.к. у потребителя появляется возможность не опасаться разрушения баллона высокого давления при достижении предельных нагрузок. Это расширяет возможности использования баллона по изобретению особенно в бытовых условиях и на транспортных средствах, где используются сжатые газы.

Технический результат достигается за счет того, что баллон высокого давления содержит горловину, по крайней мере, в одном из днищ, тонкостенный герметизирующий лейнер из нержавеющей тонкостенной стали и внешнюю силовую оболочку из композиционного материала, образованную комбинацией слоев-оболочек из групп лент, ориентированных по поверхности лейнера в геодезических направлениях с разными углами и линейными плотностями соответственно расположенных в них нитей армирующего материала, при этом профиль меридиана, образующего поверхность днищ лейнера, имеет форму кривой, плотно охватывающей образующие меридианы вложенных друг в друга частей слоев - оболочек, первая из которых от горловины до второй является поверхностью геодезического изотенсоида, а последующие по сечениям своих полюсных отверстий совпадают с условной гладкой поверхностью заданной формы и удовлетворяют условию

$$\sin \gamma = \frac{\pi p r^2}{2 \sum_{i=1}^k T n_i \cos \varphi_i},$$

где  $\gamma$  - угол между осью вращения и нормалью к поверхности в рассматриваемом сечении,  $T$  - усилия разрыва армирующих нитей,  $n$  - мощность армирования (число нитей) в  $i$ -ой слое - оболочке,  $\varphi_i$  - угол

армирования в рассматриваемом сечении,  $r$  - радиус рассматриваемого сечения,  $p$  - давление в баллоне,  $k$  - число вложенных слоев-оболочек.

Для функционирования конструкции баллона важно, чтобы максимальный диаметр поверхности геодезического изотенсоида был в 1.2 - 1.8 раза больше диаметра полюсного отверстия второй вложенной слоя-оболочки.

Для функционирования конструкции также важно, чтобы максимальные диаметры вложенных друг в друга слоев-оболочек находились в интервале между полюсными отверстиями соседних слоев-оболочек.

Функционирование заявленной конструкции наиболее эффективно, когда траектории укладки армирующих нитей в слоях-оболочках являются траекториями геодезических направлений для рассматриваемой слоя - оболочки и определяются отношением диаметра ее полюсного отверстия к текущему диаметру.

Дополнительно поставленная задача решается и за счет того, что суммарная линейная плотность (количество) лент во всех слоях-оболочках с соответственно расположенными в них однонаправленными волокнами выбрана из условия

$$\sum_{i=1}^k n_i \cos \varphi_{0i} = \frac{\pi p R_c^2}{2T},$$

где  $R_c$  - максимальный радиус баллона, а также за счет того, что линейная плотность (количество) лент с соответственно расположенными в них однонаправленными нитями на каждой из вложенных слоев-оболочек выбрана из условия

$$n_k \cos \varphi_{0k} = \frac{\pi p R_k^2}{2T} - \sum_{i=1}^{k-1} n_i \cos \varphi_i,$$

где  $R_k$  - максимальный радиус вложенной слоя-оболочки.

Частичной модификацией предложенного решения являться то, что в качестве условной гладкой поверхности выбрана сфера, а количество вложенных слоев-оболочек три. Причем в данном случае, диаметры полюсных отверстий вложенных слоев-оболочек составляют 0.1, 0.5 и 0.765 от максимального диаметра баллона.



Также частичной модификацией предложенного решения являться то, что в качестве условной гладкой поверхности выбрана коническая поверхность, а количество вложенных слоев-оболочек шесть и для них диаметры полюсных отверстий вложенных слоев - оболочек составляют 0.3, 0.42, 0.53, 0.65, 0.76 и 0.88 от максимального диаметра баллона.

Преимущество изобретения заключается в простоте его реализации и потребительской привлекательности.

### ***Краткое описание чертежей***

На фиг. 1 изображен общий вид слоистого баллона.

На фиг. 2 представлен общий контура меридиана, образующего поверхность днища баллона.

На фиг. 3 представлен пример формы поверхности лейнера оболочки образованной из трех зон намотки.

На фиг. 4 представлен пример реализации сферической оболочки, образованной из трех зон намотки, и форма внешней поверхности баллона.

На фиг. 5 представлен пример технологической реализации армирующих лент слоев-оболочек на поверхности лейнера, форма которого выбрана с использованием данного изобретения.

### ***Варианты осуществления изобретения***

Как показано на фиг. 1 (один из примеров выполнения) баллон высокого давления содержит прочную (оболочку) корпус 1, например, из композиционного материала в виде многослойного каркаса, слои которого получены намоткой перекрещивающихся однонаправленных нитей из стекловолокна или угольного волокна с пропиткой полимерным связующим. В этот корпус 1 в процессе его изготовления вмотан тонкостенный металлический лейнер 2, в полюсных отверстиях которого вмонтированы фланцы 3 и 4.

В целом, проектирование композитной оболочки такого баллона на первом этапе ведется как проектирование оболочки вращения, образованной намоткой системы лент композиционного материала уложенных под углами  $\varphi_i$  к образующей и нагруженной внутренним давлением. Особенностью данного подхода является то, что ставится одновременно несколько связанных между собой задач оптимизации конструкции.

Первую из них можно сформулировать следующим образом: при известной конструкции лейнера баллона требуется найти такую структуру распределения армирующего материала, которая обеспечивала бы минимальный вес конструкции баллона при нагрузке баллона расчетным внутренним давлением.

Вторая задача формулируется так: требуется найти такую геометрию баллона при которой возникающие при нагрузке баллона внутренним давлением деформации в композиционном материале были одинаковы по всей поверхности с целью выполнения ограничений на циклическую прочность материала лейнера на период, определенный назначенным сроком службы.

Базой для проектирования баллона используют теорию безмоментных оболочек вращения. При этом в общих уравнениях используемой теории оболочек пренебрегают действием на оболочку погонных поперечных (перерезывающих) сил, крутящих и изгибающих моментов. Единственными неизвестными остаются напряжения: меридиональные  $\sigma_a$ , кольцевые  $\sigma_b$  называемые мембранными напряжениями. В данном случае взамен оболочки как конструкции рассматривают ее срединную поверхность, а вместо напряжений в материале  $\sigma_i$  погонные нормальные силы  $T_1$ ,  $T_2$ .

Так как рассматриваемая оболочка является статически определимой, меридиональное и кольцевое усилия  $T_1$  и  $T_2$  возникающие в ней в процессе действия внутреннего давления могут быть найдены независимо от характеристик ее материала. Предполагая, что в вершине оболочки имеется отверстие радиуса  $r_0$ , контур которого свободен от нагрузки, усилия  $T_1$  и  $T_2$  определяют из соотношений

$$T_1 = \frac{pR_2}{2} \left( 1 - \frac{r_0^2}{r^2} \right); \quad T_2 = \frac{pR_2}{2} \left[ 2 - \frac{R_2}{R_1} \left( 1 - \frac{r_0^2}{r^2} \right) \right],$$

для замкнутой оболочки (с заглушенным полюсным отверстием)

$$T_1 = \frac{pR_2}{2}, \quad T_2 = \frac{pR_2}{2} \left( 2 - \frac{R_2}{R_1} \right),$$

где  $p$  — интенсивность внутреннего давления в рассматриваемой оболочке,  $R_1, R_2$  — главные радиусы кривизны оболочки.

Как правило при рассмотрении первой задачи проектирования баллона используется алгоритм базирующийся на критерии равнонапряженности ( $T = const$  или  $\sigma l^* = const$ ) материала конструкции по всей поверхности, что предполагает определение рациональной формы срединной поверхности днищ оболочки конструкции. В качестве ограничений при этом выбирается условие совпадения нитей (жгутов) с углом армирования  $\varphi$  с траекториями максимальных главных напряжений.

Для численной методики проектирования рациональной формы срединной поверхности днищ баллона, более целесообразно использовать алгоритм, построенный на определении угла  $\gamma$  между осью вращения оболочки и нормалью к поверхности в рассматриваемом ее сечении из рассмотрения равновесия части оболочки, расположенной над данным сечением

$$2\pi r T_1 \sin \gamma = 2\pi \int_{r_0}^r p r dr + Q_1,$$

где  $\gamma$  — угол между осью вращения оболочки и нормалью к поверхности в рассматриваемом сечении  $r$ ,

$Q_1$  - осевое усилие в сечении оболочки с радиусом  $r_0$ .

В силу того, что для композитной оболочки меридиональное усилие равно сумме меридиональных усилий в отдельных ее слоях, то есть  $T_1 = \sum_{i=1}^k T_i n_i \cos \varphi_i$  можно получить следующее соотношение

$$\sin \gamma = \frac{\pi \int_{r_1}^r p r dr + Q_1}{\sum_{i=1}^k T_i n_i \cos \varphi_i}$$

а используя выражения  $y = \int_{r_1}^r \operatorname{tg} \gamma dr$  и  $R_1 = \frac{ds}{d\gamma}$ ,  $R_2 = r / \cos \gamma$  численно можно определить координаты  $r$ ,  $y$  и главные радиусы кривизны  $R_1$ ,  $R_2$  рассматриваемой поверхности.

Для случая постоянного давления, действующего внутри баллона, данное соотношение принимает вид

$$\sin \gamma = \frac{\pi p r^2}{2 \sum_{i=1}^k T_i n_i \cos \varphi_i}$$

Очевидно, что форма поверхности днищ баллона существенно зависит от констант  $T_i n_i$ , то есть от действующих усилий в нитях армирующего материала и их количества в разных слоях, образующих оболочку баллона, которые в свою очередь выражаются через нагрузку  $p$  и характерные размеры оболочки.

При проектировании оптимального баллона целесообразно использовать условия постоянства усилий в каждой нити в каждом сечении и их равенства для каждого слоя  $T_i = \bar{t}$  и условия

геодезической укладки нитей по поверхности  $\sin \varphi_i = r_{0i} / r$  для каждого слоя материала.

В данном случае оболочка представляется как бы оболочкой состоящей из нескольких частей оболочек вложенных друг в друга (см. фиг. 2).

Для построения геометрической формы такой оболочки целесообразно использовать следующий алгоритм.

Задается некоторая условная поверхность и ее сечения  $r01, r02, r03, \dots, r0n$ , которые определяют число слоев, образующих оболочку.

Задаются первоначальные значения радиусов мнимых цилиндрических поверхностей  $R1, R2, R3, \dots, Rn$ , вложенных в оболочку с максимальным диаметром  $Rc$ . При этом учитывается условие, что  $r_{i+1} < Ri < r_{i+2}$ .

Последовательно начиная с первого участка  $r01 - r02$  для каждой мнимой оболочки с радиусом цилиндра  $Ri$ , используя зависимость

$$n_i \cos \varphi_i = \pi pr^2 / 2\bar{t} - \sum_{j=1}^{i-1} n_j \cos \varphi_j ,$$

здесь для каждой зоны  $\cos \varphi_i = \sqrt{1 - (r_i / R_i)^2}$

вычисляется значение  $n_i$ .

Используя полученные значения  $\bar{t}n_i$  также для каждой зоны  $i$ , определяется угол  $\gamma(r)$

$$\sin \gamma = \frac{\pi pr^2}{2 \sum_{i=1}^k \bar{t}n_i \cos \varphi_i}$$

и соответственно координаты  $x, y$  и главные радиусы кривизны  $R1, R2$  профиля меридиана, образующего поверхность оболочки днища баллона.

Оценивается приближение полученной поверхности с исходной условной поверхностью путем сравнения координат  $u_i$  в заданных

сечениях  $r_{0i}$ . В случае их не совпадения подбираются новые радиусы  $R_i$  мнимых поверхностей и процесс повторяется.

Вполне очевидно, что в силу того, что первый участок от полюсного отверстия баллона с радиусом  $r_{01}$  до начала второго слоя с радиусом  $r_{02}$  всегда является однослойным. В силу этого решение задачи на данном участке всегда приводит к тому, что форма поверхности данного участка всегда является только поверхностью геодезического изотензоида.

С конструктивных соображений баллон всегда имеет закладные фланцы (фиг.1 поз. 3,4), обеспечивающие функционирование баллона. В силу того, что в зоне контакта фланцев с поверхностью композитной оболочки возникает повышенное контактное давление, данная зона требует специальной корректировки. В силу известных рекомендаций, что данная контактная ширина должна составлять не менее  $1.225 r_{01}$  (см. Образцов И.Ф., Васильев В.В. и Бунаков В.А., Оптимальное армирование оболочек вращения из композиционных материалов, М., Машиностроение, 1977), минимальная длина первой зоны не должна быть менее  $1.225 r_{01}$ .

С технологической точки зрения, изготовление оболочки производится намоткой ленты, состоящей из нитей, и имеющей некоторую конечную ширину  $b$ . В зоне полюсного отверстия из-за конечной ширины ленты  $b$  образуется утолщение на оболочке, которое, как правило, имеет ширину больше ширины, контактирующей поверхности фланца лайнера. В силу этого, минимальная длина первой зоны не должна быть не менее  $1.225 r_{01}$  плюс половина ширины технологической ленты.

С другой стороны, второй слой - оболочка с радиусом полюсного отверстия  $r_{02}$  и все последующие наматываются также технологической лентой определенной ширины  $b$ , не всегда равной ширине ленты  $b$ , образующей первый слой. В силу этого, для обеспечения оптимальной работоспособности баллона в зоне начала второго слоя максимальный радиус цилиндрической части первой мнимой оболочки - изотезоида должен быть более  $r_{02} + b/2$ , что при

численном выражении приводит к величине 1.3 - 1.8 раза больше диаметра полюсного отверстия  $r_{02}$  второй вложенной слоя-оболочки.

Аналогично, как и при рассмотрении пары первых слоев для всех последующих слоев оболочек необходимо выполнение условия, что максимальные диаметры вложенных друг в друга слоев-оболочек находятся в интервале между полюсными отверстиями соседних слоев-оболочек.

Для обеспечения равнопрочности конструкции на каждом последующем участке должно выполняться условие

$$n_k \cos \varphi_{0k} = \frac{\pi p R_k^2}{2T} - \sum_{i=1}^{k-1} n_i \cos \varphi_i, \text{ с помощью которого устанавливается}$$

необходимое число армирующих нитей проходящих через данный участок (мощность армирования).

Очевидно также и то, что общая суммарная мощность армирования

$$\text{должна быть выбрана из условия } \sum_{i=1}^k n_i \cos \varphi_{0i} = \frac{\pi p R_c^2}{T}. \text{ В данном случае}$$

обеспечивается прочность баллона для заданного уровня действующего внутреннего давления.

Принципиально при технологической реализации оболочки баллона углы армирования могут выбираться из любых условий и соображений. Однако с технологической точки зрения в части реализации намотки наиболее выгодным является, чтобы для каждой оболочки-слоя траектория армирования совпадала с геодезическим направлением на рассматриваемой поверхности, то есть траектории определялись отношением диаметра ее полюсного отверстия рассматриваемого слоя к текущему диаметру. В данном случае обеспечивается устойчивый процесс укладки армирующих лент материала на рассматриваемых поверхностях.

Для конструкции баллона сферической формы в данном случае наиболее рациональной конструктивной схемой является оболочка, состоящая из трех вложенных друг в друга слоев оболочек. В данном случае обеспечивается достаточно хорошее приближение поверхности баллона к поверхности сферы, как по внутренней поверхности, так и по внешней (см. фиг.3 поз.4 .5). Конструкция является оптимальной с позиций прочности. С технологической точки зрения, в данном случае

ее изготовление является наименее трудоемкой. Для такой конструкции наилучшее приближение по внутренней поверхности и внешней поверхности к сферической поверхности обеспечивается при выполнении условия, что диаметры полюсных отверстий вложенных слоев-оболочек составляют 0,1, 0,5 и 0,765 от максимального диаметра баллона.

Для конструкции баллона с днищами конической формы наилучшее приближение по внутренней поверхности и внешней поверхности к поверхности конуса обеспечивается при выполнении условия, что количество вложенных слоев-оболочек шесть, а диаметры полюсных отверстий вложенных слоев-оболочек составляют 0,3, 0,42, 0,53, 0,65, 0,76 и 0,88 от максимального диаметра баллона.

В качестве примера реализации изобретения приводится конструкция композитного баллона высокого давления сферической формы, разработанная заявителем по предложенному в данном описании решению. Баллон, изготовленный из углепластика с пределом прочности при растяжении вдоль волокон  $\sigma_1$  - 5000 МПа предназначен для восприятия внутреннего давления  $p = 110$  МПа (экспериментальное значение разрушающего давления), имеет максимальный радиус  $R$  185 мм и радиус полюсного отверстия  $r$  - 18 мм. Основные параметры, реализованные в конструкции (фиг. 5): суммарная толщина всех слоев оболочек на максимальном диаметре 3,8 мм, внутренний объем 25 литров, вес 4,2 кг.

Такие характеристики сосуда обеспечивают его минимальный вес и гарантированное разрушение на максимальном диаметре, что подтверждается экспериментальными результатами.

С созданием предложенного решения конструкции баллона появилась реальная возможность использовать сосуды высокого давления из разных материалов с использованием тонкостенной металлической внутренней оболочки – лайнера произвольной формы. Изготовление и испытание сосудов высокого давления с предложенным лайнером для их герметизации подтвердили их высокую надежность и эффективность. Технический результат изобретения достигается в диапазонах указанных соотношений, полученных

расчетно - экспериментальным путем.



### *Промышленное применение*

Баллоны для сжатых газов под высоким давлением являются устройствами, используемыми в различных областях народного хозяйства и техники и, в частности, могут найти применение в качестве резервуаров высокого давления для транспортировки сжатых газов, топливных баков транспортных средств, баллонов с воздушно-кислородными смесями для дыхательной аппаратуры и др.

### **Формула изобретения**

1. Баллон высокого давления, характеризующийся тем, что содержит горловину, по крайней мере, в одном из днищ, тонкостенный герметизирующий лейнер из нержавеющей тонкостенной стали и внешнюю силовую оболочку из композиционного материала, образованную комбинацией слоев-оболочек из групп лент, ориентированных по поверхности лейнера в геодезических направлениях с разными углами и линейными плотностями соответственно расположенных в них нитей армирующего материала, при этом профиль меридиана, образующего поверхность днищ лейнера, имеет форму кривой, плотно охватывающей образующие меридианы вложенных друг в друга частей слоев - оболочек, первая из которых от горловины до второй является поверхностью геодезического изотенсоида, а последующие по сечениям своих полюсных отверстий совпадают с условной гладкой поверхностью заданной формы и удовлетворяют условию

$$\sin \gamma = \frac{\pi p r^2}{2 \sum_{i=1}^k T n_i \cos \varphi_i},$$

где  $\gamma$  - угол между осью вращения и нормалью к поверхности в рассматриваемом сечении,  $T$  - усилия разрыва армирующих нитей,  $n$  - мощность армирования (число нитей) в  $i$ -ой слое - оболочке,  $\varphi_i$  - угол армирования в рассматриваемом сечении,  $r$  - радиус рассматриваемого сечения,  $p$  - давление в баллоне,  $k$  - число вложенных слоев-оболочек.

2. Баллон по п. 1 характеризующийся тем, что максимальный диаметр геодезического изотенсоида в 1.2 - 1.8 раза больше диаметра полюсного отверстия второй вложенной слоя-оболочки.

3. Баллон по п. 1 характеризующийся тем, что максимальные диаметры вложенных друг в друга слоев-оболочек находятся в интервале между полюсными отверстиями соседних слоев-оболочек.

4. Баллон по п. 1 характеризующийся тем, что траектории укладки армирующих нитей в слоях-оболочках являются траекториями геодезических направлений для рассматриваемой слоя-оболочки и определяются отношением диаметра ее полюсного отверстия к текущему диаметру.

5. Баллон по п. 1 характеризующийся тем, что суммарная линейная плотность (количество) лент во всех слоях-оболочках с соответственно расположенными в них однонаправленными волокнами выбрана из условия

$$\sum_{i=1}^k n_i \cos \varphi_{0i} = \frac{\pi p R_c^2}{2T},$$

где  $R_c$  - максимальный радиус баллона.

6. Баллон по п. 1 характеризующийся тем, что линейная плотность (количество) лент с соответственно расположенными в них однонаправленными нитями на каждой из вложенных слоев-оболочек выбрана из условия

$$n_k \cos \varphi_{0k} = \frac{\pi p R_k^2}{2T} - \sum_{i=1}^{k-1} n_i \cos \varphi_i,$$

где  $R_k$  - максимальный радиус вложенной слоя-оболочки.

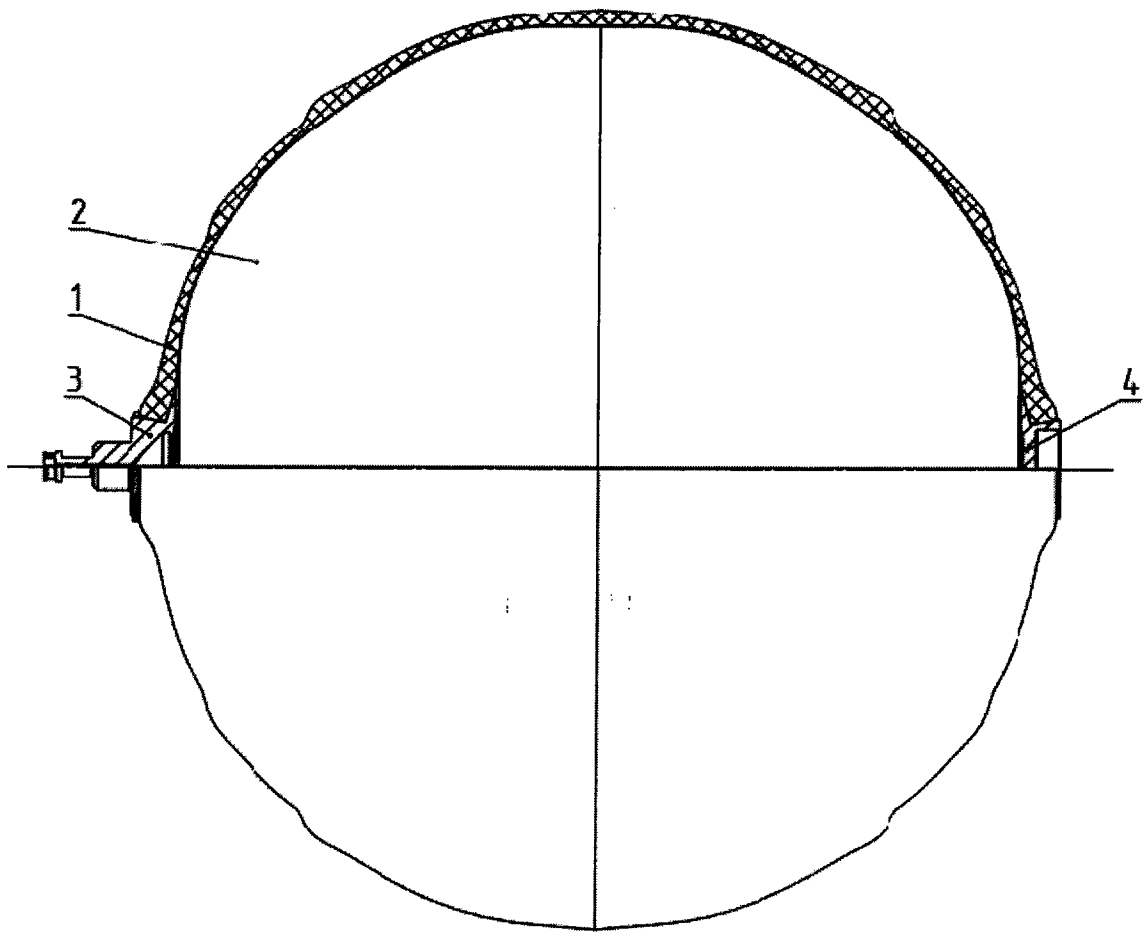
7. Баллон по п. 1 характеризующийся тем, что в качестве условной гладкой поверхности выбрана сфера, а количество вложенных слоев-оболочек три.

8. Баллон по п. 7 характеризующийся тем, диаметры полюсных отверстий вложенных слоев-оболочек составляют 0.1, 0.5 и 0.765 от максимального диаметра баллона.

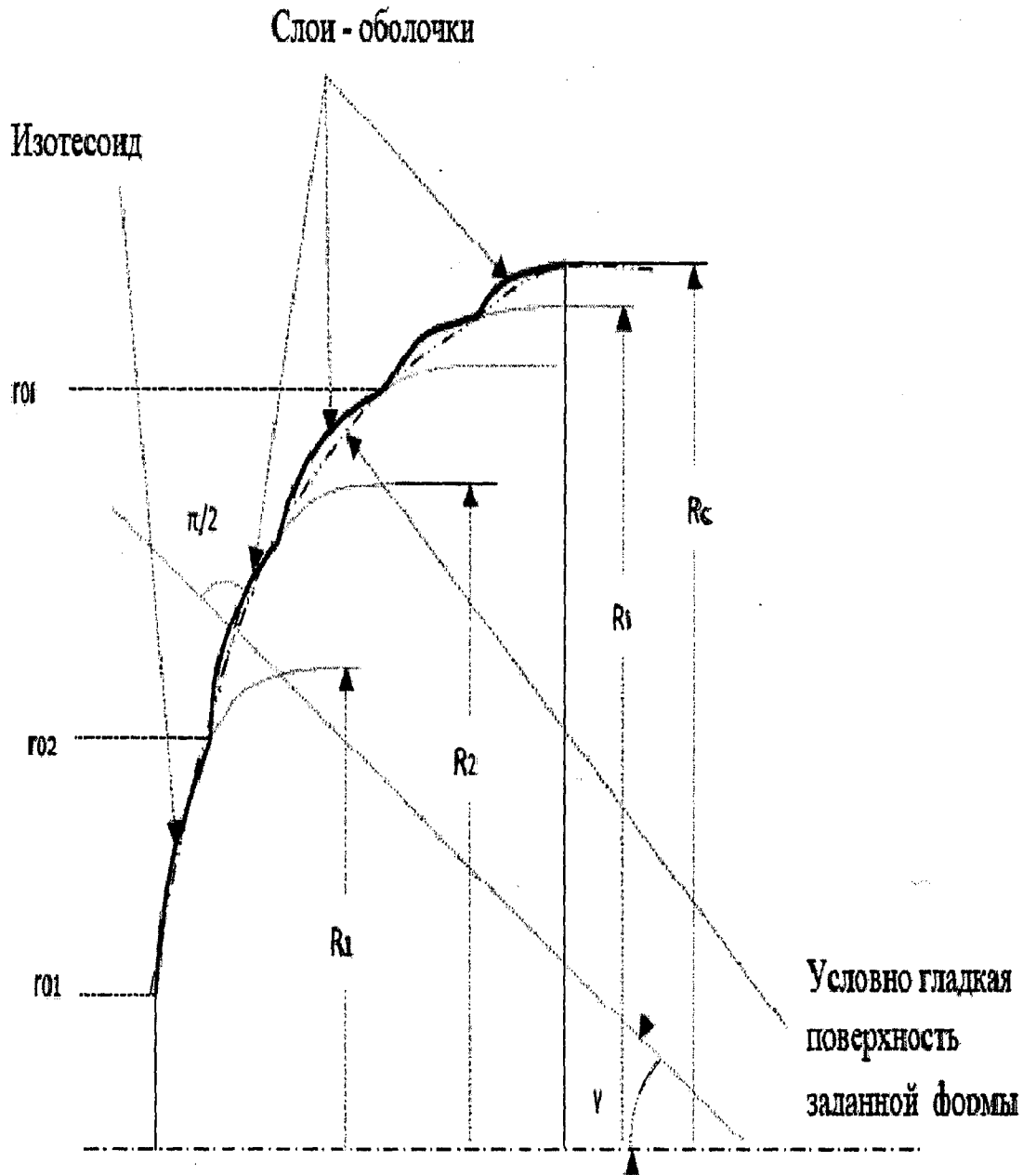
9. Баллон по п. 1 характеризующийся тем, что в качестве условной гладкой поверхности выбрана коническая поверхность, а количество вложенных слоев-оболочек шесть.

10. Баллон по п. 9 характеризующийся тем, диаметры полюсных отверстий вложенных слоев - оболочек составляют 0.3, 0.42, 0.53, 0.65, 0.76 и 0.88 от максимального диаметра баллона.

1/5

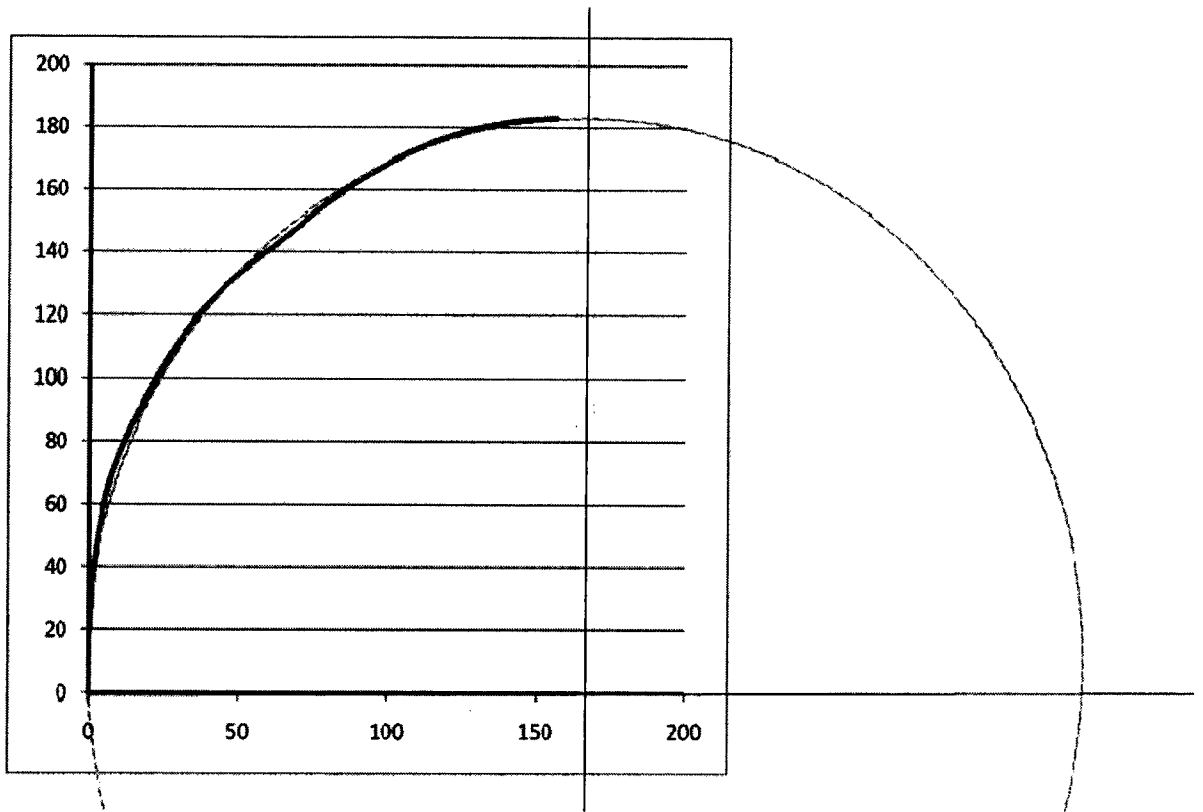


фиг.1



фиг.2

3/5



фиг.3

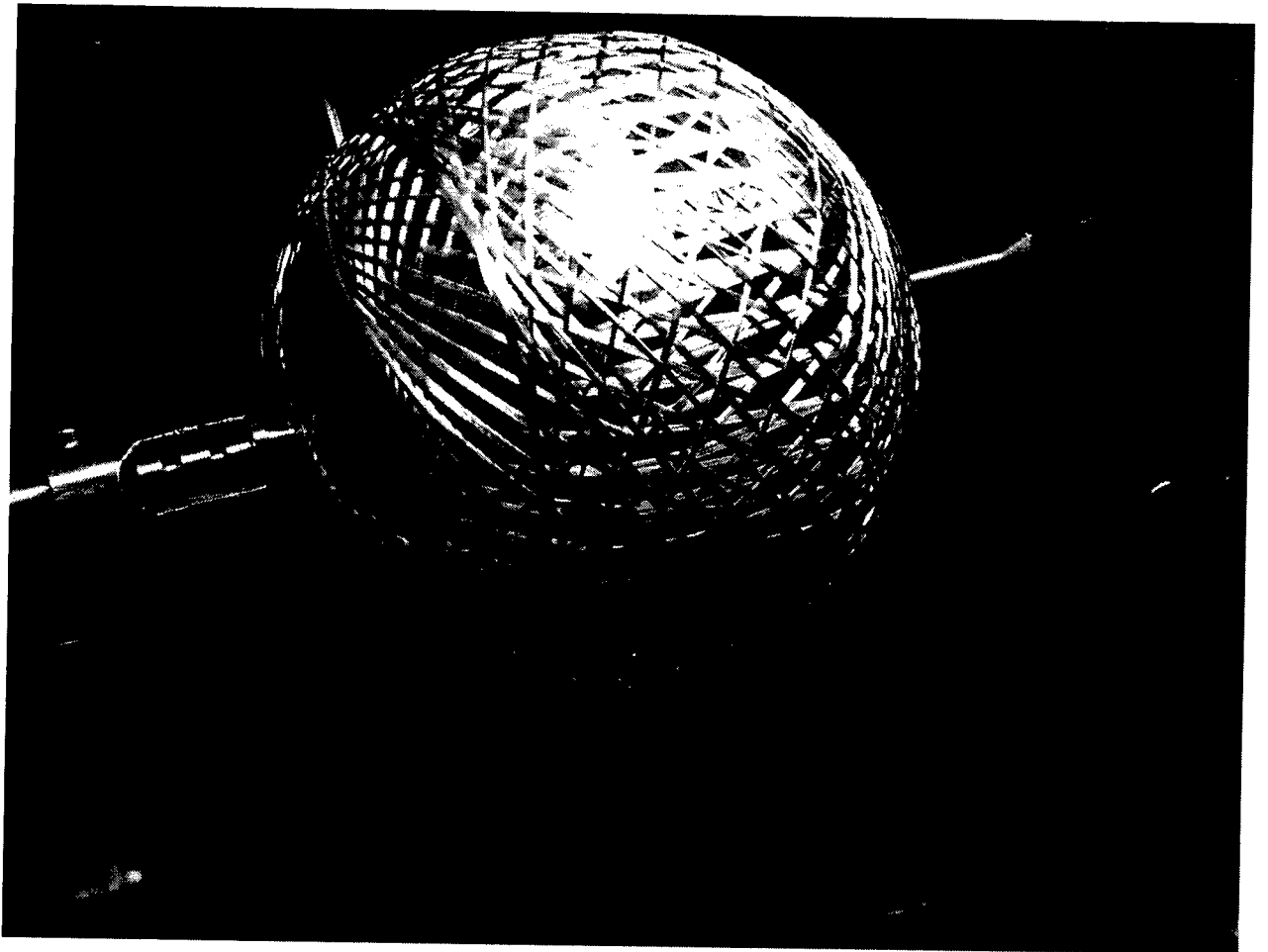
4/5



фиг.4



5/5



фиг.5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/RU 2011/000931

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER F17C 1/06 (2006.01); F16J 12/00 (2006.01) According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F17C 1/00, 1/06, 1/16, F16J 12/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatSearch (RUPTO internal), Esp@cenet, PAJ, DWPI, USPTO		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005106142 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 21.04.2005, fig.1 , the abstract, paragraphs [0014]-[0019]	1-10
Y	RU 2077682 C1 (TOVARISCHESTVO S OGRANICHENNOI OTVESTVENNOSTJU NAUCHNO-PROIZVODSTVENNOE OBIEDINENIE "POISK") 20.04. 1997, the claims	1-10
A	RU 2175088 C1 (KASHIN SERGEI MIKHAILOVICH) 20.10.2001	1-10
A	SU 859744 A1 (SEVERODONETSKY FILIAL VSESOJUZNOGO NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKOGO I KONSTRUKTORSKOGO INSTITUTA KHIMICHESKOGO MASHINOSTROENIYA) 05.09.1981	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 21 May 2012 (21.05.2012)		Date of mailing of the international search report 31 May 2012 (31.05.2012)
Name and mailing address of the ISA/ Facsimile No.		Authorized officer Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2011/000931

<p>A. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ <i>F17C 1/06 (2006.01)</i> <i>F16J 12/00 (2006.01)</i></p> <p>Согласно Международной патентной классификации МПК</p>																
<p>B. ОБЛАСТЬ ПОИСКА</p> <p>Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации)</p> <p>F17C 1/00, 1/06, 1/16, F16J 12/00</p> <p>Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки</p> <p>Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)</p> <p>PatSearch (RUPTO internal), Esp@cenet, PAJ, DWPI, USPTO</p>																
<p>C. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Категория*</th> <th>Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей</th> <th>Относится к пункту №</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2005106142 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 21.04.2005, фиг. 1, реферат, абз.[0014]-[0019]</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>RU 2077682 C1 (ТОВАРИЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "ПОИСК") 20.04.1997, формула</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>RU 2175088 C1 (КАШИН СЕРГЕЙ МИХАЙЛОВИЧ) 20.10.2001</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>SU 859744 A1 (СЕВЕРОДОНЕЦКИЙ ФИЛИАЛ ВСЕСОЮЗНОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО И КОНСТРУКТОРСКОГО ИНСТИТУТА ХИМИЧЕСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ) 05.09.1981</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>		Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №	Y	JP 2005106142 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 21.04.2005, фиг. 1, реферат, абз.[0014]-[0019]	1-10	Y	RU 2077682 C1 (ТОВАРИЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "ПОИСК") 20.04.1997, формула	1-10	A	RU 2175088 C1 (КАШИН СЕРГЕЙ МИХАЙЛОВИЧ) 20.10.2001	1-10	A	SU 859744 A1 (СЕВЕРОДОНЕЦКИЙ ФИЛИАЛ ВСЕСОЮЗНОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО И КОНСТРУКТОРСКОГО ИНСТИТУТА ХИМИЧЕСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ) 05.09.1981	1-10
Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №														
Y	JP 2005106142 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 21.04.2005, фиг. 1, реферат, абз.[0014]-[0019]	1-10														
Y	RU 2077682 C1 (ТОВАРИЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "ПОИСК") 20.04.1997, формула	1-10														
A	RU 2175088 C1 (КАШИН СЕРГЕЙ МИХАЙЛОВИЧ) 20.10.2001	1-10														
A	SU 859744 A1 (СЕВЕРОДОНЕЦКИЙ ФИЛИАЛ ВСЕСОЮЗНОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО И КОНСТРУКТОРСКОГО ИНСТИТУТА ХИМИЧЕСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ) 05.09.1981	1-10														
<p><input type="checkbox"/> последующие документы указаны в продолжении графы C.      <input type="checkbox"/> данные о патентах-аналогах указаны в приложении</p>																
<table border="0"> <tr> <td>* Особые категории ссылочных документов:</td> <td>“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной</td> </tr> <tr> <td>“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным</td> <td>поддачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение</td> </tr> <tr> <td>“Е” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее</td> <td>“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности</td> </tr> <tr> <td>“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)</td> <td>“У” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста</td> </tr> <tr> <td>“О” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.</td> <td>“&amp;” документ, являющийся патентом-аналогом</td> </tr> <tr> <td>“Р” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета</td> <td></td> </tr> </table>		* Особые категории ссылочных документов:	“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной	“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным	поддачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение	“Е” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее	“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности	“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)	“У” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста	“О” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.	“&” документ, являющийся патентом-аналогом	“Р” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета				
* Особые категории ссылочных документов:	“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной															
“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным	поддачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение															
“Е” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее	“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности															
“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)	“У” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста															
“О” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.	“&” документ, являющийся патентом-аналогом															
“Р” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета																
<p>Дата действительного завершения международного поиска</p> <p>21 мая 2012 (21.05.2012)</p>	<p>Дата отправки настоящего отчета о международном поиске</p> <p>31 мая 2012 (31.05.2012)</p>															
<p>Наименование и адрес ISA/RU: ФИПС, РФ, 123995, Москва, Г-59, ГСП-5, Бережковская наб., 30-1 Факс: (499) 243-33-37</p>	<p>Уполномоченное лицо: Борисова Т. Телефон № 499-240-25-91</p>															