

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014130160/03, 22.07.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.07.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.07.2014

(45) Опубликовано: 27.09.2015 Бюл. № 27

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2383849 C2, 10.03.2010 . US 5522319 A1, 04.06.1996 . RU 94326 U1, 20.05.2010 . US 4590861 A1, 27.05.1986 . RU 2303232 C2, 20.07.2007. US 2587243 A1, 26.02.1952. GB 2326220 A, 16.12.1998

Адрес для переписки:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр. 1,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для Ладова
С.В. (НИИ СМ, СМ-4)

(72) Автор(ы):

Ладов Сергей Вячеславович (RU),
Федоров Сергей Владимирович (RU),
Баянова Яна Михайловна (RU)

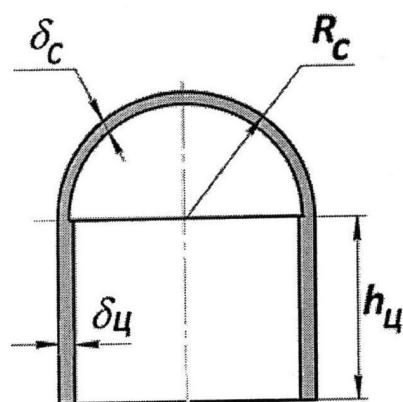
(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ
им. Н.Э. Баумана) (RU)C1
2564428 C1
RU(54) КОМБИНИРОВАННАЯ КУМУЛЯТИВНАЯ ОБЛИЦОВКА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ
ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ КОМПАКТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области ракетно-космической и оборонной техники и может быть использовано в различных кумулятивных устройствах (КУ), предназначенных для формирования высокоскоростных компактных элементов (ВКЭ) при моделировании воздействия метеоритных частиц или космического мусора искусственного происхождения на корпус космических объектов и при экспериментальном исследовании материалов в условиях высокоскоростного ударного нагружения. Комбинированная кумулятивная облицовка (КО) для формирования высокоскоростных компактных элементов содержит струеобразующую часть в форме сферического сегмента и сопряженную с ней отсекающую часть в форме цилиндра с внешним радиусом, равным внешнему радиусу поперечного сечения струеобразующей части в плоскости сопряжения. Высота сферического сегмента выбирается в диапазоне (1,2...1,8) R_C , где R_C - внешний радиус

сферического сегмента. Изобретение позволяет усовершенствовать конструкцию комбинированной КО, как одного из элементов простейшего КУ для формирования ВКЭ, обеспечивающей формирование ВКЭ с необходимыми массово-скоростными характеристиками. 4 ил.



Фиг. 1

R
U
2
5
6
4
4
2
8
C
1

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2014130160/03, 22.07.2014

(24) Effective date for property rights:
22.07.2014

Priority:

(22) Date of filing: 22.07.2014

(45) Date of publication: 27.09.2015 Bull. № 27

Mail address:

105005, Moskva, 2-ja Baumanskaja ul., 5, str. 1,
MGTU im. N.Eh. Baumana, TsZIS, dlja Ladova
S.V. (NII SM, SM-4)

(72) Inventor(s):

Ladov Sergej Vjacheslavovich (RU),
Fedorov Sergej Vladimirovich (RU),
Bajanova Jana Mikhajlovna (RU)

(73) Proprietor(s):

federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Moskovskij
gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet imeni
N.Eh. Baumana" (MGTU im. N.Eh. Baumana)
(RU)

(54) COMBINED CUMULATIVE FACING FOR FORMATION OF HIGH-SPEED COMPACT ELEMENTS

(57) Abstract:

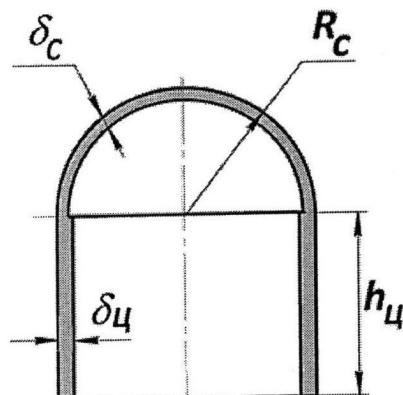
FIELD: aviation.

SUBSTANCE: invention can be used in various cumulative devices (CD) intended for formation of high-speed compact elements (HSCE) when simulating the impact of meteoric particles or space debris of artificial origin on bodies of space objects and at the pilot study of materials in conditions of high-speed shock loading. The combined cumulative facing (CF) for formation of high-speed compact elements contains the jet-forming part in the form of spherical segment and the cutting part interfaced to it in the form of cylinder with the external radius equal to the external radius of cross section of the jet-forming part in the interface plane. The spherical segment height is selected in the range (1.2...1.8) R_s , where R_s - external radius of the spherical segment.

EFFECT: invention allows to improve the design of combined CF as one of elements of the elementary

CD for formation of HSCEs providing the formation of HSCE with required mass and high-speed characteristics.

4 dwg



ФИГ. 1

C 1
2 5 6 4 4 2 8
2 5 6 4 4 2 8
R UR U
2 5 6 4 4 2 8
C 1

Область техники

Изобретение относится к области ракетно-космической и оборонной техники и может быть использовано в различных кумулятивных устройствах (КУ), предназначенных для формирования высокоскоростных компактных элементов (ВКЭ) при моделировании 5 воздействия метеоритных частиц или космического мусора искусственного происхождения на корпус космических объектов и при экспериментальном исследовании материалов в условиях высокоскоростного ударного нагружения.

Уровень техники

Для определения реакции сложных конструкций на удар частиц с космическими

10 скоростями требуется разработка устройств, позволяющих в наземных условиях осуществить разгон компактных металлических элементов массой от одного до нескольких десятков граммов ($m=1\dots20$ г) до скоростей порядка $V=6\dots9$ км/с и более [1, 2]. При этом устройства должны быть достаточно просты в конструктивном исполнении и адаптированы к условиям моделирования коллективного воздействия 15 ВКЭ.

Для решения данной задачи применяются различные взрывные метающие устройства, в том числе КУ, формирующие ВКЭ [1, 2]. Основным элементом подобных КУ, помимо заряда взрывчатого вещества (ВВ) и детонирующего устройства, является кумулятивная облицовка (КО), устанавливаемая в профилированной выемке заряда ВВ и

20 предназначеннная для формирования струйного течения материала с соответствующим распределением массы и скорости его отдельных частиц при движении в пространстве. При этом известным способом формирования ВКЭ при использовании КУ является организация в нужный момент времени «отсечки» высокоскоростной части струйного течения материала, из которой в дальнейшем формируется собственно безградиентный 25 ВКЭ необходимой массы и скорости. Такая отсечка может быть реализована различными способами, например, с помощью метания пластин сбоку на струю или детонации бокового заряда [2], однако в этих случаях схемы организации отсечки достаточно громоздки, а механизм их реализации усложнен. В этой связи достаточно

30 применение для данных целей комбинированных КО, состоящих из струеобразующей и отсекающей частей, сопрягающихся между собой.

В работах [1, 2] приводится ссылка на КУ, разработанное Потаповым П.И., в котором используется облицовка комбинированной формы полусфера-цилиндр (ПЦ-облицовка). В этом случае полусфера, являющаяся частным случаем сферического сегмента (при

35 условии равенства высоты сегмента его внешнему радиусу), выполняет роль струеобразующей части комбинированной КО, формирующей собственно струйное течение материала с соответствующим распределением массы и скорости вдоль струи, а цилиндр, сопрягающийся с ней, выполняет роль отсекающей части, позволяющей отсечь часть струйного течения материала и выделить собственно ВКЭ определенной

40 массы и скорости. Применение подобных комбинированных КО в составе КУ позволило получить ВКЭ в диапазоне изменения масс $m=3,5\dots40$ г и скоростей $V=4,5\dots4,7$ км/с при использовании цилиндрических зарядов ВВ на основе тротила-гексогена и стальных КО.

Полученные скорости метания ВКЭ более чем в 2 раза ниже требуемых. Повышение 45 скорости формируемых ВКЭ может достигаться, например, за счет совершенствования конструкции ПЦ-облицовки, повышения мощности заряда ВВ, изменения способа инициирования заряда ВВ, введения в конструкцию КУ дополнительных элементов.

Заявляемой предметной областью предлагаемого изобретения является достижение

необходимых уровней скоростей и масс ВКЭ за счет совершенствования конструкции комбинированной КО, как одного из элементов КУ.

Анализ патентно-информационных источников позволил выявить ряд аналогов предлагаемого технического решения в части использования комбинированной ПЦ-облицовки в составе КУ.

Так, в известном техническом решении [3] предлагается устройство метания маховской детонационной волной, состоящее из ВВ, стальной комбинированной ПЦ-облицовки, металлического корпуса, в котором заключен заряд ВВ, детонационной разводки на торце или боковой поверхности заряда. Утверждается, что при столкновении падающих детонационных волн образуется маховская волна, давление в которой существенно выше, чем за фронтом падающей стационарной волны. Это явление и используется для увеличения скорости метания компактного элемента.

При наличии общих признаков данного технического решения с предлагаемым в части использования комбинированной ПЦ-облицовки в составе КУ, оно позволяет получить скорости метания стальных ВКЭ массой $m=12$ г в диапазоне $V=7,5\dots8,0$ км/с. Это существенно больше приводимых в работах [1, 2] значений для простейших КУ с комбинированной ПЦ-облицовкой, однако результат получен не за счет изменения конструкции КО, а за счет увеличения массы заряда ВВ по отношению к массе КО и усложнения конструкции в целом.

Другим возможным аналогом предлагаемого технического решения в части конструкции комбинированной КО может быть изобретение [4]. В нем предлагается устройство, состоящее из заряда ВВ цилиндрической формы с осевой кумулятивной выемкой в форме полусфера-цилиндра с металлической облицовкой и детонационного устройства. При этом в полости кумулятивной выемки заряда соосно с ней установлен вкладыш с осевой кумулятивной выемкой в форме полусфера-цилиндра и с фланцем со ступенчатой торцевой поверхностью, обращенной к заряду. Вкладыш присоединен к торцевой поверхности облицовки торцевой поверхностью ступени фланца с меньшим диаметром наружной боковой поверхности, а ступень фланца с большим диаметром наружной боковой поверхности, равным или большим диаметром наружной боковой поверхности заряда, расположена с заданным зазором относительно ближе расположенного торца заряда.

При наличии общих признаков данного технического решения с предлагаемым в части использования комбинированной ПЦ-облицовки в составе КУ, оно позволяет получить скорости метания стальных ВКЭ массой в единицы граммов в диапазоне $V=7,3\dots7,5$ км/с. Это больше приводимых в работах [1, 2] значений скоростей для простейших КУ с комбинированной ПЦ-облицовкой, однако результат получен не за счет изменения конструкции КО, а за счет введения дополнительных элементов в конструкцию КУ, существенно ее усложняющих.

Наиболее близким техническим решением, принятым за прототип, является техническое решение комбинированной КО в составе КУ [5], в котором струеобразующая часть КО выполнена в форме полусфера (частного случая сферического сегмента) постоянной толщины, а отсекающая часть КО - в форме цилиндра, при этом обе части облицовки сопрягаются и имеют один и тот же внешний радиус, а цилиндрическая часть имеет толщину, примерно на 20...25% большую, чем толщина полусферической части (Фиг. 1).

В данной конструкции формирование ВКЭ осуществляется путем отсечки части струйного течения, образованного из полусферической части КО, с помощью схлопывания цилиндрической части КО на оси конструкции. При этом на формирование

струйного течения необходимой массы и скорости существенно влияет форма и толщина струеобразующей части комбинированной КО, а эффективность отсечки зависит от высоты и толщины цилиндрической части комбинированной КО. На основе подобной комбинированной КО было экспериментально отработано КУ, которое в дальнейшем будем называть базовым вариантом ПЦ-облицовки, обеспечивающее при

соответствующих геометрических параметрах R_C , δ_C , h_C , $R_{Ц}$ комбинированной КО и использовании заряда ВВ на основе тротила-гексогена цилиндрической формы диаметром 90 мм и высотой 144 мм формирование стального ВКЭ массой $m=17\pm4$ г со скоростью $V=6,0$ км/с.

Общими признаками с предлагаемой КО является наличие струеобразующей части КО, выполненной в форме сферического сегмента, и сопрягающейся с ней отсекающей части КО в форме цилиндра, внешний радиус которого равен внешнему радиусу поперечного сечения струеобразующей части в плоскости сопряжения.

Реализация данного технического решения приводит к устойчивому формированию ВКЭ необходимой массы, однако скорость его метания оказывается меньшей требуемого порога, заявленного для решения поставленной задачи.

Раскрытие изобретения

Решаемой задачей настоящего изобретения является усовершенствование конструкции комбинированной КО, как одного из элементов простейшего КУ для формирования ВКЭ, обеспечивающей формирование ВКЭ с необходимыми массово-скоростными характеристиками, превышающими характеристики, достигнутые в прототипе и обеспечивающие решение заявленной задачи.

Техническим результатом является повышение массы ВКЭ до значений, позволяющих решить поставленную задачу.

Технический результат достигается тем, что в известном техническом решении комбинированной КО для формирования ВКЭ, состоящей из струеобразующей части КО, выполненной в форме сферического сегмента и сопрягающейся с ней отсекающей части КО, выполненной в форме цилиндра, струеобразующая часть КО выполнена в форме сферического сегмента, высота которого превышает его радиус. В дальнейшем такие комбинированные облицовки, в отличии от ПЦ-облицовок, будем называть СЦ-облицовками (облицовки комбинированной формы сфера-цилиндр).

На Фиг. 2 показано техническое решение предлагаемой комбинированной КО, где в качестве струеобразующей части комбинированной КО вместо сферического сегмента, высота которого равна его внешнему радиусу ($h_C=R_C$), как представлено в прототипе, предлагается использовать сферический сегмент, имеющий высоту $h_C>R_C$ (усеченная сфера), сопрягающийся с цилиндрической частью комбинированной облицовки, причем $R_{Ц}=h_C$, (как в прототипе) и $R_{Ц}<R_C$ (в отличие от прототипа).

Решение об увеличении высоты сферического сегмента h_C и, соответственно,

уменьшении радиуса $R_{Ц}$ цилиндрической части комбинированной КО относительно радиуса R_C сферического сегмента является ключевым в решении проблемы своевременной отсечки головной части струйного течения. Уменьшая радиус цилиндрической части и, соответственно, время ее схлопывания, можно «настроить» процесс отсечки так, чтобы в результате от струйного течения отделялся его головной участок необходимой длины. В результате новая форма облицовки имеет поднутрение в месте соединения струеобразующей и отсекающей частей. Придание струеобразующей части комбинированной КО формы с наличием поднутрения также выгодно с точки зрения повышения массово-скоростных характеристик подлежащего отсечке струйного

течения. Физическая причина увеличения скорости формируемого струйного течения заключается в том, что в данном случае создаются условия для обжатия облицовки, более близкие к сферически симметричной кумуляции. Кроме того, снижается градиент осевой скорости на головном участке формирующегося струйного течения, что приводит к возрастанию массы материала, участвующего в процессе сферического обжатия при увеличении высоты h_C нагружаемого взрывом сферического сегмента сверх его радиуса R_C . При этом высота h_C сферического сегмента выбирается из условия, чтобы радиус его основания совпадал с радиусом $R_{Ц}$ цилиндрической части комбинированной облицовки.

10 Перечень фигур

Фиг. 1. Схема комбинированной ПЦ-облицовки со струеобразующей частью в виде сферического сегмента, высота которого равна его внешнему радиусу (прототип).

Фиг. 2. Схема комбинированной СЦ-облицовки со струеобразующей частью в виде сферического сегмента, высота которого превышает его внешний радиус.

Фиг. 3. Конфигурация течения и распределение скорости на оси симметрии при взрывном обжатии комбинированных облицовок со струеобразующей частью в виде сферического сегмента: а - $h_C=1,0 R_C$; б - $h_C=1,4 R_C$; в - $h_C=1,6 R_C$; г - $h_C=1,8 R_C$.

Фиг. 4. Массово-скоростные распределения для струйных течений, формируемых комбинированными облицовками со струеобразующей частью в виде сферического сегмента: 1 - $h_C=1,0 R_C$; 2 - $h_C=1,8 R_C$.

Осуществление изобретения

С целью определения преимуществ предлагаемого технического решения были проведены соответствующие численные расчеты по методике, которая была предварительно протестирована на результатах экспериментальных исследований [1, 5]. При этом за базовый для сравнения вариант был выбран прототип с диаметром цилиндрического заряда ВВ 90 мм, высотой 144 мм и параметрами КО: $R_C=26$ мм, $\delta_C=2,5$ мм, $h_{Ц}=R_C=26$ мм, $\delta_{Ц}=3,2$ мм (Фиг. 1). Параметры ВВ составляли: плотность 30 $1700 \text{ кг}/\text{м}^3$, скорость детонации 8000 м/с; материал КО - сталь.

Результаты проведенных исследований частично представлены на Фиг. 3 и Фиг. 4.

На Фиг. 3 приведены конфигурации течения материала и распределения скорости на оси симметрии на момент времени, когда уже произошла отсечка части струйного течения материала и выделения ВКЭ, на что указывает постоянный участок (полочка) осевой скорости. На картинах течения материала можно выделить три ярко выраженных участка: справа показан лидирующий утолщенный участок струйного течения, формирование которого происходит в результате схлопывания цилиндрической части облицовки и который после прекращения инерционного деформирования материала «превращается» в ВКЭ, движущийся как абсолютно твердое тело; вслед за ВКЭ движется сплошная струя материала, которая удлиняется с сокращением своего поперечного размера и является «феноменом» численного расчета, в модель которого не вводится критерий разрушения материала (по данным экспериментальной рентгенографии такой струи не наблюдается, вместо нее движется поток мелких отдельных частиц, постепенно рассеивающихся в радиальном направлении); наконец, слева показана основная 40 массивная часть струйного течения материала, которая резко «тормозится» и не оказывает влияния на действие ВКЭ. В проведенных расчетах наружный радиус облицовок в форме усеченного сферического сегмента составлял $R_C=26$ мм (как в прототипе), а их высота изменялась от $1,0 R_C$ (соответствовала базовому варианту

прототипа - полусфера) до $1,8 R_C$ (Фиг. 2).

Параметр $R_{Ц}$ в данной конструкции облицовки связан с параметрами R_C и h_C соответствующей геометрической зависимостью. Как видно из представленных на фиг. 3 распределений скорости на оси симметрии в момент, когда появляется «полочка», свидетельствующая о формировании безградиентного ВКЭ, наблюдается устойчивый прирост скорости при переходе к сферическому сегменту с условием $h_C > R_C$. Средний прирост скорости в указанном диапазоне изменения высоты сегмента h_C от $1,0 R_C$ до $1,8 R_C$ составил не менее 25% по отношению к прототипу и достиг значений 8,5...9,0 км/с.

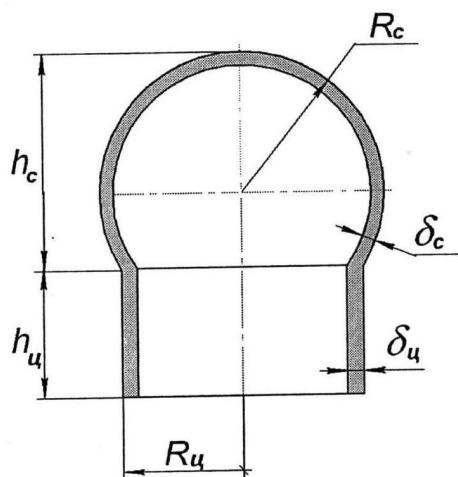
На Фиг. 4 показаны массово-скоростные распределения струйного течения материала для базового варианта-прототипа (кривая 1) и предлагаемого технического решения (кривая 2). По оси абсцисс определяется скорость безградиентного участка, выделяемая близкой к вертикали частью кривой, а по оси ординат - соответствующее этому участку значение массы (на уровне излома вертикальной части кривой). Видно, что для прототипа эти значения хорошо коррелируются с данными эксперимента [1, 5] - $V_z=6$ км/с, $m=17...20$ г. Для предлагаемого технического решения эти значения составляют, соответственно, $V_z=8,5...9,0$ км/с, $m=5...7$ г.

Использованные источники информации

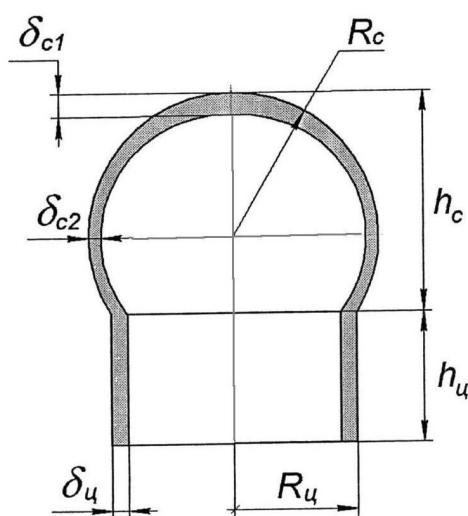
1. Высокоскоростное метание компактных элементов /А.Г. Балеевский, Ю.Г. Киселев, В.А. Могилев и др. // Сборник докладов научной конференции ВРЦ РААН «Современные методы проектирования и отработки ракетно-артиллерийского вооружения». - Саров: ВНИИЭФ, 2000. - С. 244-248.
2. Физика взрыва / Под ред. Л.П. Орленко. - Изд. 3-е, перераб - В 2 т., Т. 2. - М.: Физматлит, 2002. - С. 37-40.
3. Патент РФ №2309367, кл. F42B 1/02. Способ и устройство формирования компактного элемента / А.С. Князев, Д.В. Маляров. - Публ. 27.10.2007.
4. Патент РФ №2383849, кл. F42B 1/028. Кумулятивное устройство / А.С. Князев, Д.В. Маляров. - Публ. 10.03.2010.
5. Жданов И.В., Князев А.С., Маляров Д.В. Получение высокоскоростных компактных элементов требуемых масс при пропорциональном изменении размеров кумулятивных устройств // Труды Томского государственного университета. - Т. 276. - Сер. физико-математическая. - Томск: Изд-во Томского ун-та, 2010. - С. 193-195.

Формула изобретения

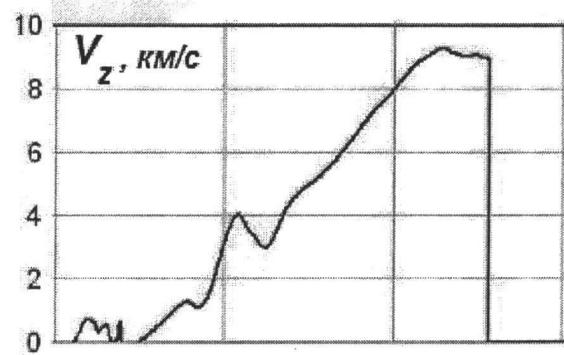
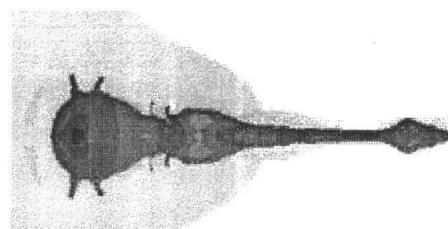
Комбинированная кумулятивная облицовка для формирования высокоскоростных компактных элементов, содержащая струеобразующую часть в форме сферического сегмента и сопряженную с ней отсекающую часть в форме цилиндра с внешним радиусом, равным внешнему радиусу поперечного сечения струеобразующей части в плоскости сопряжения, отличающаяся тем, что высота сферического сегмента выбирается в диапазоне $(1,2...1,8) R_C$, где R_C - внешний радиус сферического сегмента.



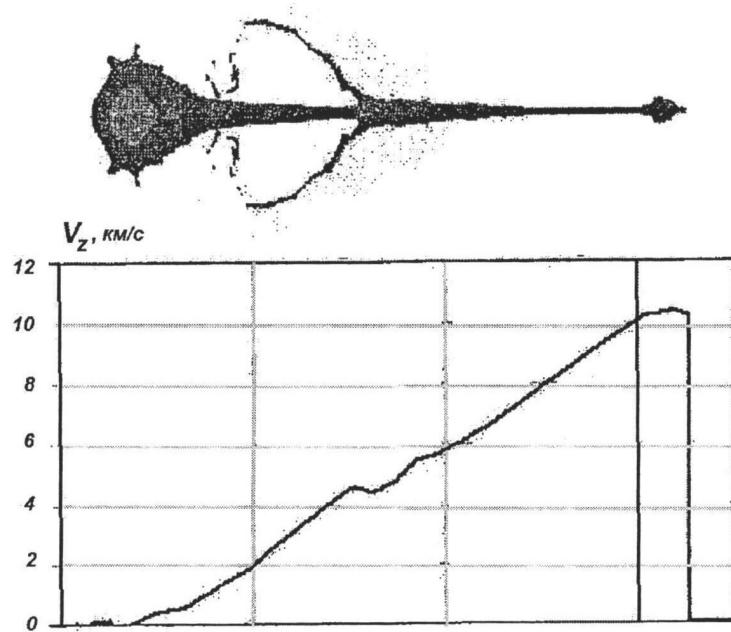
Фиг. 2а



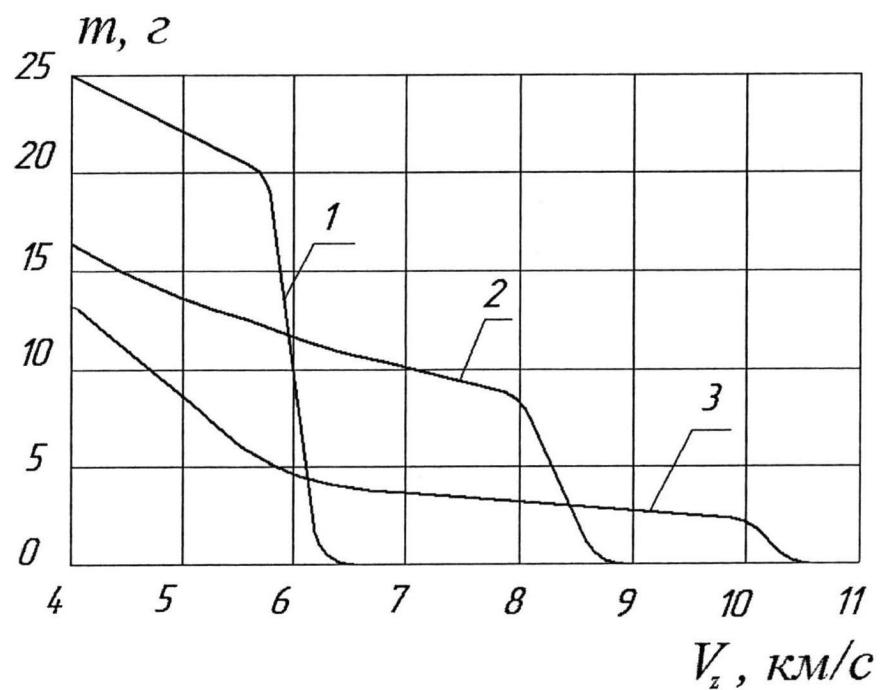
Фиг. 2б



Фиг.3а



Фиг.36



Фиг. 4