



(19) RU<sup>(11)</sup> 2 120 622<sup>(13)</sup> C1

(51) МПК<sup>6</sup> G 01 N 25/00, 25/50

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 97113429/25, 05.08.1997

(46) Дата публикации: 20.10.1998

(56) Ссылки: Линеверг Ф. Измерения температур в технике. Справочник. - М.: Metallurgia, 1980, с.335-337. SU 366398 A, 26.03.73. SU 161560 A, 19.03.64. US 3578756 A, 18.05.74.

(71) Заявитель:

Российский федеральный ядерный центр -  
Всероссийский научно-исследовательский  
институт технической физики,  
Министерство Российской Федерации по  
атомной энергии

(72) Изобретатель: Галченко Б.И.,  
Кудрявцев А.В., Докучаев Г.В.

(73) Патентообладатель:

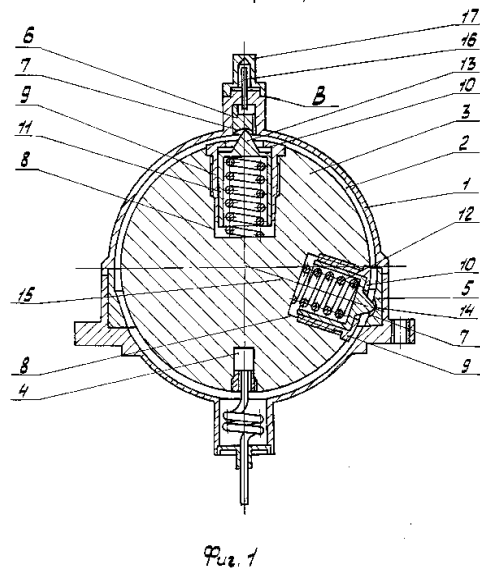
Российский федеральный ядерный центр -  
Всероссийский научно-исследовательский  
институт технической физики,  
Министерство Российской Федерации по  
атомной энергии

### (54) ТЕРМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОНТРОЛИРУЕМОГО ОБЪЕКТА

(57) Реферат:

Изобретение относится к средствам измерения температуры контролируемого пожаровзрывоопасного объекта, подверженного аварийным нагрузкам, без непосредственного контакта с ним, в частности к термическим моделям, и может быть использовано для контроля температуры, например, боеприпасов, транспортируемых в контейнерах. Термическая модель контролируемого объекта содержит моделирующее тело, состоящее из теплоизолятора и ядра, и термодатчик, размещенный в ядре. Модель снабжена металлической оболочкой сферической формы, в которой расположено моделирующее тело, ядро которого выполнено в виде шара, газообразный теплоизолятор размещен в зазоре между шаром и оболочкой. Элементы крепления ядра выполнены в виде двух взаимодействующих групп, обеспечивающих точечный контакт между ядром и наружной оболочкой, постоянство зазора при действии эксплуатационных перегрузок и при действии ударных аварийных нагрузок. Элементы

крепления обеспечивают неизменность площади контакта элементов крепления за счет ограничения уровня удельного давления в точке контакта. 1 з.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 1

RU 2 1 2 0 6 2 2 C 1

RU 2 1 2 0 6 2 2 C 1



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 120 622** <sup>(13)</sup> **C1**  
 (51) Int. Cl.<sup>6</sup> **G 01 N 25/00, 25/50**

RUSSIAN AGENCY  
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 97113429/25, 05.08.1997

(46) Date of publication: 20.10.1998

(71) Applicant:  
Rossijskij federal'nyj jadernyj tsentr -  
Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij  
institut tekhnicheskoy fiziki,  
Ministerstvo Rossijskoj Federatsii po  
atomnoj ehnergii

(72) Inventor: Galchenko B.I.,  
Kudrjartsev A.V., Dokuchaev G.V.

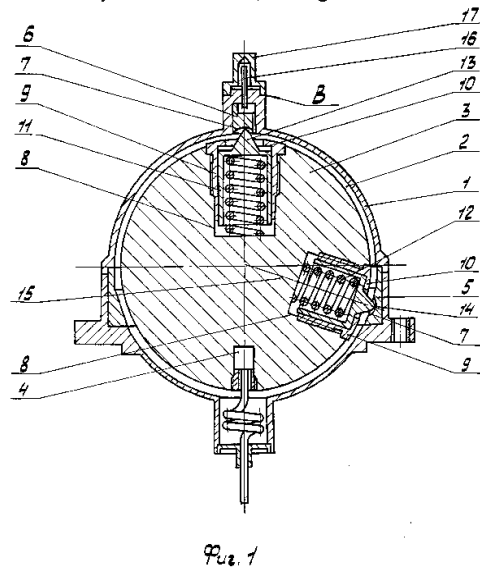
(73) Proprietor:  
Rossijskij federal'nyj jadernyj tsentr -  
Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij  
institut tekhnicheskoy fiziki,  
Ministerstvo Rossijskoj Federatsii po  
atomnoj ehnergii

(54) THERMIC MODEL OF INSPECTED OBJECT

(57) Abstract:

FIELD: measurement technology.  
SUBSTANCE: invention is related to aids measuring temperature of inspected fire and dangerously explosive object subjected to emergency loads without direct contact with it. It can be specifically used to check temperature of ammunition transported in containers. Thermic model of inspected object has modeled body composed of heat insulator and core and temperature-sensitive element located in core. Model is provided with metal envelope of spherical shape that houses modeling body whose core is manufactured in the form of ball. Gaseous heat insulator is arranged in clearance between ball and envelope. Members of attachment of core are made in the form of two interacting groups ensuring point contact between core and outer envelope and constancy of clearance under action of operational overloads and of impact emergency loads. Members of attachment provide for invariability of contact area of members thanks to limitation of level of

specific pressure in point of contact.  
EFFECT: expanded application field, improved authenticity of model. 1 cl, 3 dwg



RU 2 1 2 0 6 2 2 C 1

RU 2 1 2 0 6 2 2 C 1

Изобретение относится к средствам измерения температуры контролируемого пожаровзрывоопасного объекта, подверженного аварийным нагрузкам, без непосредственного контакта с ним, в частности, к термическим моделям, и может быть использовано для контроля температуры, например, боеприпасов, испытываемых, хранимых и транспортируемых в контейнерах.

Известна термическая модель ротора паровой турбины, которая выбрана в качестве прототипа, так как является объектом того же назначения, а именно, предназначена для измерения температуры контролируемого объекта (ротора) без непосредственного контакта с ним, причем характеристики нагрева модели точно совпадают с характеристиками нагрева ротора.

Термическая модель ротора паровой турбины содержит моделирующее тело, состоящее из теплоизолятора и ядра, и термодатчик, размещенный в ядре.

Ядро выполнено в виде измерительного стержня специального зонда, в котором практически в каждый момент распределение температуры такое же, как по радиусу ротора турбины. Измерительный стержень защищен от передачи тепла за счет излучения в окружающую среду. Термодатчик выполнен из двух кабельных термопар, размещенных в измерительном стержне на некотором расстоянии друг от друга [1].

Термическая модель такого типа может быть с успехом применена для контроля распределения температур по радиусу турбины, который сводится фактически к контролю температуры в двух отнесенных друг от друга точках специального зонда, имитирующего фрагмент поперечного сечения ротора, в котором с помощью защиты от излучения, то есть теплоизоляции, обеспечивается одинаковое с ротором распределение температуры по радиусу за счет регламентации стока тепла от нагретой среды с переменными параметрами к менее нагретой среде с практически постоянной температурой.

Термическая модель, взятая за прототип, не может быть применена для контроля температуры взрывоопасных объектов, например, боеприпасов, транспортируемых в контейнерах, по следующим причинам:

- в силу специфических условий применения, все элементы термической модели, в отличие от прототипа, должны находиться в одном тепловом поле с контролируемым объектом;

- в нестационарных условиях автономной эксплуатации боеприпасов невозможно обеспечить регулируемые стоки тепла из периферийных элементов термической модели, как это сделано в аналоге, с целью получения идентичной термической характеристики;

- термическая модель, построенная по принципу аналога, имеет характерные размеры, близкие с контролируемым объектом, что не позволяет применить подобного типа термические модели для контроля температуры, например, боеприпаса, размещенного в транспортно-эксплуатационном контейнере;

- силовая схема закрепления измерительного стержня и тепловая схема

защиты от потерь тепла не позволяют получить необходимые теплофизические характеристики и повышенную ударостойкость термической модели для условий применения, реализующихся в контейнерах боеприпасов при аварийных ситуациях.

Таким образом, недостатками устройства, принятого за прототип, являются большие габариты и пониженная ударостойкость.

Решаемая данным изобретением задача - уменьшение габаритных размеров термической модели до минимальных по отношению к контролируемому объекту при сохранении темпа нагрева модели и контролируемого объекта идентичными и повышение ударостойкости модели.

Сущность изобретения заключается в том, что термическая модель контролируемого объекта, содержащая моделирующее тело, состоящее из теплоизолятора и ядра, и термодатчик, размещенный в ядре, согласно изобретению, снабжена металлической оболочкой сферической формы, в которой расположено моделирующее тело, ядро которого выполнено в виде шара, между которым и оболочкой в зазоре толщиной L размещен газообразный теплоизолятор, при этом в теле шара выполнены отверстия, в каждом из которых установлена направляющая в виде полого цилиндра с кольцевым буртиком на торце, обращенным к оболочке, в каждой направляющей размещен элемент крепления, ось которого совпадает с радиусом шара, содержащий подпружиненный полый стакан с глухим дном, имеющим на наружной стороне упор, переходящий в конус со сферическим притуплением вершины, упирающейся в сферические углубления деталей оболочки, радиус которых больше, чем радиус притупления вершины конуса, причем точечный контакт с оболочкой первой группы элементов крепления, содержащий не менее трех элементов, осуществляется в одной плоскости, не проходящей через центр шара, а вторая группа элементов крепления, содержащая как минимум один элемент, расположена так, что его ось перпендикулярна указанной плоскости, группы элементов крепления расположены по разные стороны от центра шара, причем элементы крепления первой группы упруго поджаты до контакта упоров стаканов и буртиков соответствующих направляющих, а элементы крепления второй группы также упруго поджаты, но имеют зазор между упором и буртиком, а толщина L зазора между шаром и оболочкой выбирается из соотношения

$$L \leq 9,1 \cdot \nu^{2/3}, \text{ м,}$$

где

$\nu$  - кинематический коэффициент вязкости газа [ $\text{м}^2/\text{с}$ ], а радиус шара  $r$  определяется по формуле

$$r = \frac{3\lambda}{m_{кр} \cdot \rho c \cdot L} \text{ м,}$$

где

$$m_{кр} = - \frac{\ln(1 - \theta_{кр}^m)}{Tm} -$$

относительная скорость нагрева контролируемого объекта [1/время];

$\rho C$  - объемная удельная теплоемкость шара [Дж/м<sup>3</sup> • К];

$\lambda$  - коэффициент теплопроводности теплоизолятора [Вт/м • К];

$L$  - толщина теплоизолятора [м];  
максимальная

$$\theta_{кр}^m = \frac{t_{кр}^m - t_{нач.}}{t_c - t_{нач.}} -$$

безразмерная температура;

$\tau_m$  - интервал времени, за который контролируемый объект достигает максимальную температуру  $\frac{m}{t_{кр}}$ ;

$t_{нач}$  - начальная температура термической модели и контролируемого объекта [°С];

$\frac{m}{t_{кр}}$  - максимальная температура контролируемого объекта, достигается в момент  $\tau_m$  при воздействии температуры  $t_c$  длительностью  $\Delta\tau$ ;

$t_c$  - температура окружающей среды [°С].

Для обеспечения ударостойкости модели и обеспечения неподвижности ядра при действии транспортных перегрузок, не превышающих допустимые  $N_{доп}$ , детали оболочки жестко закреплены в ней, причем деталь, в которую опирается первая группа элементов крепления, выполнена в виде охватывающего ядро кольца, а равнодействующая усилий поджатия элементов крепления первой группы находится с равнодействующей усилий, прижимающих стаканы второй группы к сферическим углублениям деталей оболочки, в следующем соотношении:

$$R_1 - R_2 = G \cdot N_{доп}$$

где

$R_1$  - равнодействующая усилий поджатия стаканов первой группы элементов крепления к буртикам направляющих;

$R_2$  - равнодействующая усилий прижатия стаканов второй группы элементов крепления к сферическим углублениям деталей оболочки;

$G$  - вес ядра;

$N_{доп}$  - допустимая транспортная перегрузка.

В располагаемых нами источниках информации не обнаружены технические решения, содержащие в совокупности признаки, сходные с отличительными признаками заявляемого изобретения. Следовательно, изобретение соответствует условию изобретательского уровня.

Поставленная задача решается за счет того, что:

- ядро термической модели выполнено в виде шара из материала с максимальным значением удельной массовой теплоемкости;

- в качестве теплоизолятора используются тяжелые инертные газы с минимальными значениями коэффициента теплопроводности;

- толщина теплоизолятора выбирается из области толщин, где практически исключен конвективный теплообмен;

- элементы крепления ядра термической модели, обеспечивая точечный контакт между ядром и наружной оболочкой, а также постоянство зазора при действии эксплуатационных перегрузок, при действии ударных аварийных нагрузок обеспечивают неизменность площади контакта элементов

крепления за счет ограничения уровня удельного давления в точке контакта;

- применение в качестве теплоизолятора смеси газов позволяет в широких пределах менять теплопроводность теплоизолирующего слоя.

Определение характеристик термической модели осуществляется исходя из условия, чтобы в стадии регулярного режима нагрева относительная скорость изменения температуры термической модели, называемая темпом нагрева

$$m_{\tau m} = \frac{1}{t} \frac{dt}{d\tau},$$

совпадала с темпом нагрева опасного (контролируемого) объекта  $m_{кр}$  в контролируемой точке.

Используя информацию, приведенную в [2], для тела шаровой формы при определенных условиях можно записать

$$m = \frac{a}{K} \quad (1)$$

где

$$a = \frac{\lambda}{\rho c} - \text{коэффициент}$$

температуропроводности термической модели;

$$K = \left( \frac{r}{\pi} \right)^2 \quad (2)$$

$r$  - радиус шара;

$\lambda$  - коэффициент теплопроводности материала термической модели;

$\rho$  - плотность;

$c$  - удельная теплоемкость.

Из (1) и (2) определяем величину радиуса  $r$  шаровой термической модели, темп нагрева которой равен темпу нагрева контролируемого объекта

$$r = \pi \sqrt{\frac{\lambda}{m_{кр} \cdot \rho c}} \quad (3)$$

Из формулы (3) следует, что размер термической модели тем меньше, чем меньше значение коэффициента теплопроводности  $\lambda$  и чем больше массовая удельная теплоемкость ядра. Наименьшими значениями  $\lambda$  обладают хорошие твердые теплоизоляторы, у которых коэффициент теплопроводности находится на уровне 0,05-0,1 Вт•м<sup>-1</sup>•град<sup>-1</sup>, а еще более эффективными теплоизоляторами являются газы, у которых  $\lambda$  находится на уровне 0,005-0,05 Вт•м<sup>-1</sup>•град<sup>-1</sup>. Наибольшими значениями удельной массовой теплоемкости обладают металлы, такие как, например, сталь, медь, бериллий. Таким образом для решения одной из главных технических задач - уменьшения габаритных размеров - термическая модель должна быть составной и состоять из ядра, выполненного из материала с максимально возможным значением  $\rho C$ , и теплоизолятора толщиной  $L$  с минимально возможным значением  $\lambda$ .

Если пренебречь разницей температур между наружным воздухом и поверхностью термической модели, то из уравнения теплового баланса модели с окружающей средой для условия "тонкой" теплоизоляционной оболочки ( $L \ll r$ ) получаем соотношение для определения радиуса ядра термической модели

$$r = - \frac{3\lambda}{\ln(1 - \theta_{кр}^m) \cdot \rho \cdot c \cdot L} \cdot \text{т.м.}$$

Следует отметить, что применение лучших твердых теплоизолирующих материалов с минимальными значениями коэффициента теплопроводности в виде теплоизолирующей прослойки между ядром и наружной оболочкой при необходимости обеспечения высокой ударостойкости неприемлемо прежде всего из-за низких механических характеристик таких материалов.

Для реализации в полной мере свойств газового теплоизолирующего слоя, ядро термической модели относительно наружной оболочки, удерживающей газовый слой около ядра, должно быть закреплено с помощью специальных опор, которые для выполнения своего главного назначения должны сохранять не только минимальный тепловой контакт между ядром и наружной оболочкой после воздействия значительных ударных ускорений, но и осуществлять пространственную фиксацию ядра в определенном положении. Без принятия специальных конструктивных мер в точках контакта элементов крепления могут возникнуть напряжения, превышающие напряжения смятия, что может привести к существенному изменению теплофизических характеристик термической модели.

Предлагаемая термическая модель иллюстрируется чертежами, на фиг.1 представлен общий вид термической модели в разрезе; на фиг.2 - схема сил в элементах крепления ядра первой и второй групп; на фиг.3 - зависимости температуры контролируемого объекта (боеприпаса) и термической модели, размещенных в контейнере, при воздействии пожара.

Термическая модель содержит наружную оболочку 1, в которой расположено моделирующее тело, состоящее из теплоизолятора 2 и ядра в виде шара 3, и термодатчик 4, размещенный в ядре 3. Газообразный теплоизолятор 2 размещен в зазоре между шаром 3 и оболочкой 1.

Оболочка 1 содержит жестко закрепленные в ней детали 5 и 6, причем деталь 5 выполнена в виде охватывающего ядро 3 кольца, а деталь 6 - в виде опорной пяты. В кольце 5 и опорной пяте 6 выполнены сферические углубления 7. В ядре 3 выполнены отверстия 8, в которых установлены направляющие 9 в виде полых цилиндров с кольцевым буртиком 10 на торце, обращенным к оболочке 1.

В направляющих 9 размещены элементы крепления, каждый из которых содержит полый стакан 11 с глухим дном, имеющий пружину 12, размещенную в нем между глухим дном и дном отверстия 8, упор 13, выполненный на наружной стороне дна стакана 11 и переходящий в конус со сферическим притуплением вершины 14, упирающейся в сферическое углубление 7, радиус которого больше, чем радиус притупления вершины 14 конуса (фиг.1).

Все элементы крепления разбиты на две группы. Элементы крепления первой группы упираются вершинами 14 в соответствующие сферические углубления 7 детали 5, а элементы крепления второй группы упираются вершинами 14 в соответствующие сферические углубления 7 детали 6.

Первая группа элементов крепления, содержащая не менее трех элементов, осуществляет точечный контакт с оболочкой 1 в точках A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>i</sub>, лежащих в плоскости α, не проходящей через центр O ядра 3, при этом оси 15 этих элементов крепления сходятся в центре O ядра и совпадают с радиусом шара 3.

Силы P<sub>1,2,i</sub> (фиг.2) прижимают стаканы 11 элементов крепления первой группы к буртикам 10 направляющих 9. Равнодействующая R<sub>1</sub> равна сумме сил

$$\bar{R}_1 = \sum_{i=1}^k \bar{P}_i,$$

ядра перпендикулярно плоскости α и направлена от центра ядра к периферии.

Вторая группа элементов крепления содержит как минимум один элемент крепления, ось которого совпадает с радиусом шара 3. Силы F<sub>1,i</sub> (фиг.2) прижимают стаканы 11 второй группы элементов крепления к опорной пяте 6. Равнодействующая R<sub>2</sub> равна сумме сил

$$\bar{R}_2 = \sum_{i=1}^k \bar{F}_i,$$

направлена противоположно равнодействующей R<sub>1</sub> и проходит через центр O ядра.

Равнодействующая R<sub>1</sub> усилия поджатия стаканов 11 элементов крепления первой группы к буртикам 10 направляющих 9 находится с равнодействующей R<sub>2</sub> силы, прижимающей стаканы 11 второй группы к сферическим углублениям 7 детали 6, в следующем соотношении:

$$R_1 - R_2 = G \cdot N_{\text{доп.}}$$

где

G - вес ядра;

N<sub>доп.</sub> - допустимая транспортная перегрузка (фиг.2).

Первая и вторая группы элементов крепления расположены по разные стороны от центра O ядра 3. Элементы крепления первой группы упруго поджаты до контакта упоров 13 стаканов 11 и буртиков 10 соответствующих направляющих, а элементы крепления второй группы также упруго поджаты, но имеют зазор между опорой 13 и буртиком 10.

Теплоизолятор 1 состоит из смеси газов, эффективная теплопроводность λ которой должна отвечать условию

$$\lambda \leq \frac{1}{3} \frac{r_m}{\rho \cdot c \cdot L} \cdot \rho \cdot c \cdot L.$$

Наружная оболочка 1 содержит заправочную трубку 16 и защитный колпак 17. Трубка 16 служит для заполнения внутренней полости термической модели теплоизоляционным газом, после чего торец трубки заваривается. Колпак 17 служит для дополнительной защиты заправочной трубки 16 от механических повреждений и как дополнительный герметизирующий элемент. Колпак 17 крепится к наружной оболочке с помощью сварного соединения В.

Работает термическая модель следующим образом.

Термическую модель размещают совместно с контролируемым взрывоопасным объектом в транспортно-эксплуатационный контейнер. При транспортных перегрузках N, меньше допустимых, элементы крепления

второй группы обеспечивают поджатие упоров 13 вершины 14 первой группы элементов крепления к сферическим углублениям 7 кольца 5, за счет чего обеспечивается постоянство зазора между ядром 3 и оболочкой 1 и компенсация допусков изготовления и износа микронеровностей в точках контакта  $A_1, A_2, A_i$  элементов крепления с кольцом 5.

При транспортных перегрузках больше допустимых для предохранения точек контакта  $A_1, A_2, A_i$  элементов крепления от деформации смятия и соответственно увеличения площади контакта, каждый из элементов крепления первой и второй групп, сжимая пружину 12, перемещается внутрь ядра 3, при его перемещении до упора в наружную оболочку 1 до окончания действия перегрузки.

При пожаре темп нагрева термической модели совпадает с темпом нагрева контролируемого объекта, т.к. при расчете параметров термической модели это является главным условием.

В качестве контролируемого объекта (боеприпаса), для которого с использованием приведенных формул

$$r = \frac{3\lambda}{m_{кр} \cdot \rho_{СЛ}} \quad \text{и} \quad m_{кр} = - \frac{\ln(1 - \theta_{кр}^m)}{T_m}$$

спроектирована и изготовлена термическая модель, был принят боеприпас с постоянной времени  $T = 150$  мин, переходная характеристика которого в стадии регулярного режима нагрева может быть описана уравнением, информация по которому приведена в [3]

$$\theta(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t}{T}\right),$$

где  $\theta(t)$  - переходная характеристика;  
 $t$  - время;  
 $T$  - постоянная времени.

Для этого боеприпаса по приведенным расчетам получены безразмерные функции  $\theta_{кр}$  для импульсов температуры  $t_c = 200^\circ\text{C}$  длительностью  $\Delta t = 80, 60, 90, 120, 180, 240, 300$  мин.

Полученное по этим расчетам среднее значение

$$m_{кр} = - \frac{\ln(1 - \theta_{кр}^m)}{T_m} \approx 0,6 \cdot 10^{-4} \text{ 1/с}$$

Теплофизические характеристики материалов термической модели следующие: ядро - Ст35 (ГОСТ 380-88),  $\rho_{ядра} = 7805,0$  кг/м<sup>3</sup>,  $C_{ядра} = 500$  Дж/кг·град, теплоизолятор - ксенон,  $\lambda = 0,0075$  Вт/м·град,

Толщина теплоизолятора  $L = 0,002$  м получена из условия  $L \leq 9,1 \cdot v^{2/3}$ .

Используя приведенные численные значения параметров, получаем

$$r = \frac{3 \cdot 0,0075 \text{ Вт/м} \cdot \text{град}}{0,6 \cdot 10^{-4} \text{ 1/с} \cdot 7805 \text{ кг/м}^3 \cdot 500 \text{ Дж/кг} \cdot \text{град} \cdot 0,002 \text{ м}} = 0,048 \text{ м}$$

Используя математическую тепловую модель термической модели с радиусом ядра  $r = 0,048$  м как базовую, численным расчетом,

в котором учитывается излучение при пожаре и кондуктивный перенос тепла по местам контакта от наружной оболочки к ядру, определяют уточненный радиус ядра термической модели  $r_{TM} = 0,04$  м

5 Для иллюстрации совпадения температуры термической модели и боеприпаса на фиг. 3 приведены расчетные зависимости температуры термической модели - кривая 1 и боеприпаса - кривая 2 от времени при имитации теплового воздействия на боеприпас, помещенный в транспортно-эксплуатационный контейнер. При этом термоинерционные характеристики термической модели подтверждены экспериментально с использованием опытного образца термической модели, в которой был установлен датчик термоэлектрического типа. Приведенные зависимости 1 и 2 показывают, что термическая модель и контролируемый объект до температур перехода взрывчатки во взрывоопасное состояние имеют практически идентичную зависимость температуры от времени, что позволяет однозначно оценивать степень опасности контролируемого боеприпаса при воздействии теплового фактора.

25 Таким образом, выполнив ядро шаровой формы с

30 радиусом  $r = \frac{3\lambda}{m_{кр} \cdot \rho_{СЛ}}$ , металлическую

ю оболочку сферической формы, элементы крепления в виде двух взаимодействующих групп, обеспечивающих минимальный контакт между ядром и наружной оболочкой, а теплоизолятор - в виде смеси газов, например, ксенона и воздуха, достигли уменьшения габаритных размеров термической модели до минимальных при требуемом темпе нагрева и повышения ударостойкости модели.

40 Испытания предлагаемого устройства показали практически полное совпадение изменения температуры в термической модели и контролируемом объекте, как в нормальных условиях, так и при воздействии нагрузок и тепла. Относительное отклонение переходной функции, описывающей изменение температуры по времени в модели и контролируемом объекте, составляют не более 5%. Экспериментально подтверждена работоспособность термической модели после воздействия ударных ускорений до значений  $\approx 18000$  м/см<sup>2</sup>. При реализации настоящего изобретения основной габаритный размер термической модели составил  $\approx 1/20$  от наиболее характерного размера контролируемого объекта, а масса  $\approx 1/80$  от массы контролируемого объекта.

Источники информации

1. Линеверг Ф. Измерения температур в технике. Справочник. -М.: Металлургия, 1980, с.335-337.
2. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. -М.: Энергия, 1973, с.224-227.
3. Кондратьев Г.М. Тепловые измерения. - М.-Л.: МАШГИЗ, 1957, с.51.

60 **Формула изобретения:**

1. Термическая модель контролируемого объекта, содержащая моделирующее тело,

состоящее из теплоизолятора и ядра, и термодатчик, размещенный в ядре, отличающаяся тем, что она снабжена металлической оболочкой сферической формы, в которой расположено моделирующее тело, ядро которого выполнено в виде шара, между которым и оболочкой в зазоре толщиной L размещен газообразный теплоизолятор, при этом в теле шара выполнены отверстия, в каждом из которых установлена направляющая в виде полого цилиндра с кольцевым буртиком на торце, обращенным к оболочке, в каждой направляющей размещен элемент крепления, ось которого совпадает с радиусом шара, содержащий подпружиненный полый стакан с глухим дном, имеющим на наружной стороне упор, переходящий в конус со сферическим притуплением вершины, упирающейся в соответствующее сферическое углубление деталей оболочки, радиус которого больше, чем радиус притупления вершины конуса, причем точечный контакт с оболочкой первой группы элементов крепления, содержащей не менее трех элементов, осуществляется в одной плоскости, не проходящей через центр шара, а вторая группа элементов крепления, содержащая как минимум один элемент, расположена так, что его ось перпендикулярна указанной плоскости, группы элементов крепления расположены по разные стороны от центра шара, причем элементы крепления первой группы упруго поджаты до контакта упоров стаканов и буртиков соответствующих направляющих, а элементы крепления второй группы также упруго поджаты, но имеют зазор между упором и буртиком, а толщина L зазора выбирается из соотношения

$$L \leq 9,1 \cdot \nu^{2/3},$$

где  $\nu$  - кинематический коэффициент вязкости газа,

а радиус шара  $r$  определяется по формуле

$$r = \frac{3\lambda}{m_{кр} \cdot \rho C L},$$

где

$$m_{кр} = \frac{\ln(1 - \theta_{кр}^m)}{\tau_m} -$$

относительная скорость нагрева контролируемого объекта;

$\rho C$  - объемная удельная теплоемкость шара;

$\lambda$  - коэффициент теплопроводности теплоизолятора;

L - толщина теплоизолятора;

$$\theta_{кр}^m = \frac{t_{кр}^m - t_{нач}}{t_c - t_{нач}} -$$

максимальная безразмерная температура;

$\tau_m$  - интервал времени, за который контролируемый объект достигает

максимальную температуру  $t_{кр}^m$ ;

$t_{нач}$  - начальная температура термической модели и контролируемого объекта;

$t_{кр}^m$  - максимальная температура контролируемого объекта, достигаемая в момент  $\tau_m$  при воздействии температуры

$t_c$  длительностью  $\Delta t$ ;

$t_c$  - температура окружающей среды.

2. Модель контролируемого объекта по п. 1, отличающаяся тем, что детали оболочки жестко закреплены в ней, причем деталь, в которую опирается первая группа элементов крепления, выполнена в виде охватывающего ядро кольца, а равнодействующая усилий поджатия элементов крепления первой группы находится с равнодействующей усилий, прижимающих стаканы второй группы к сферическим углублениям деталей оболочки, в следующем соотношении:

$$R_1 - R_2 = G \cdot N_{доп},$$

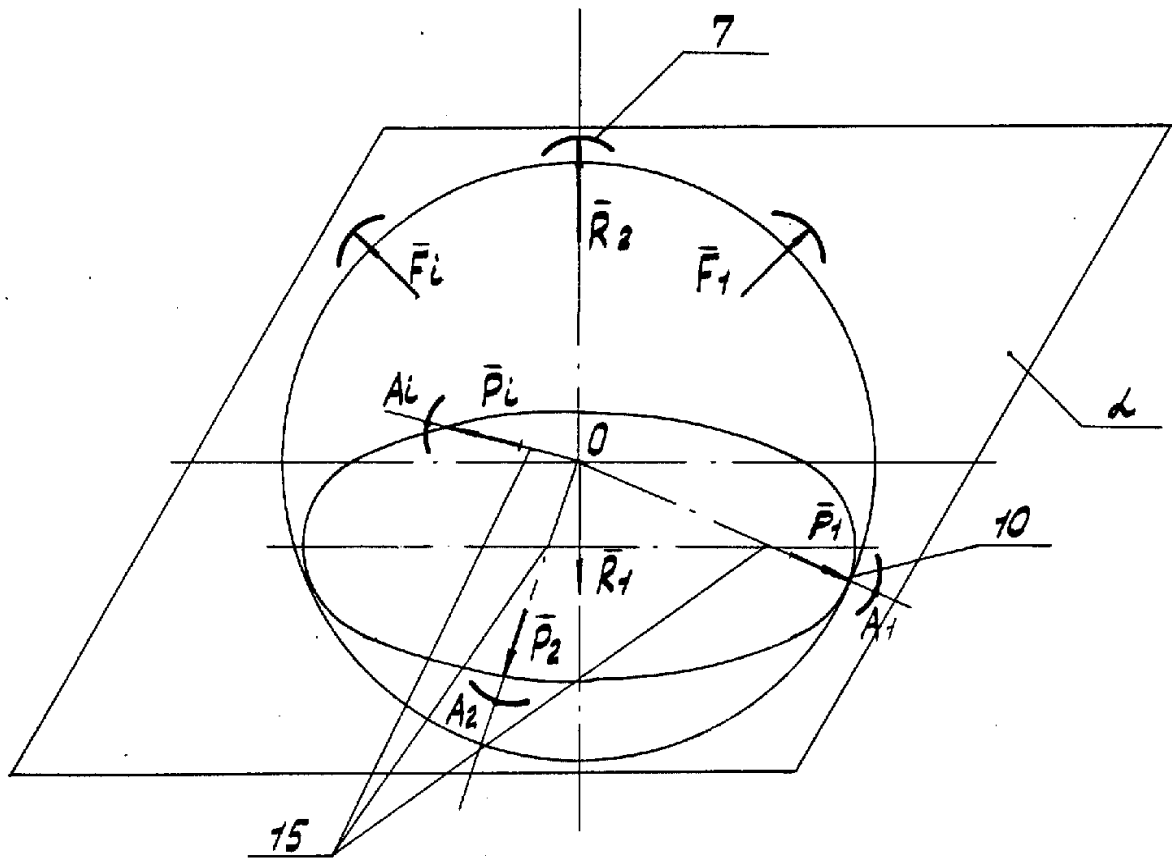
где  $R_1$  - равнодействующая усилий поджатия стаканов первой группы элементов крепления к буртикам направляющих;

$R_2$  - равнодействующая усилий прижатия стаканов второй группы элементов крепления к сферическим углублениям деталей оболочки;

G - вес ядра;

$N_{доп}$  - допустимая транспортная перегрузка.

RU 2120622 C1

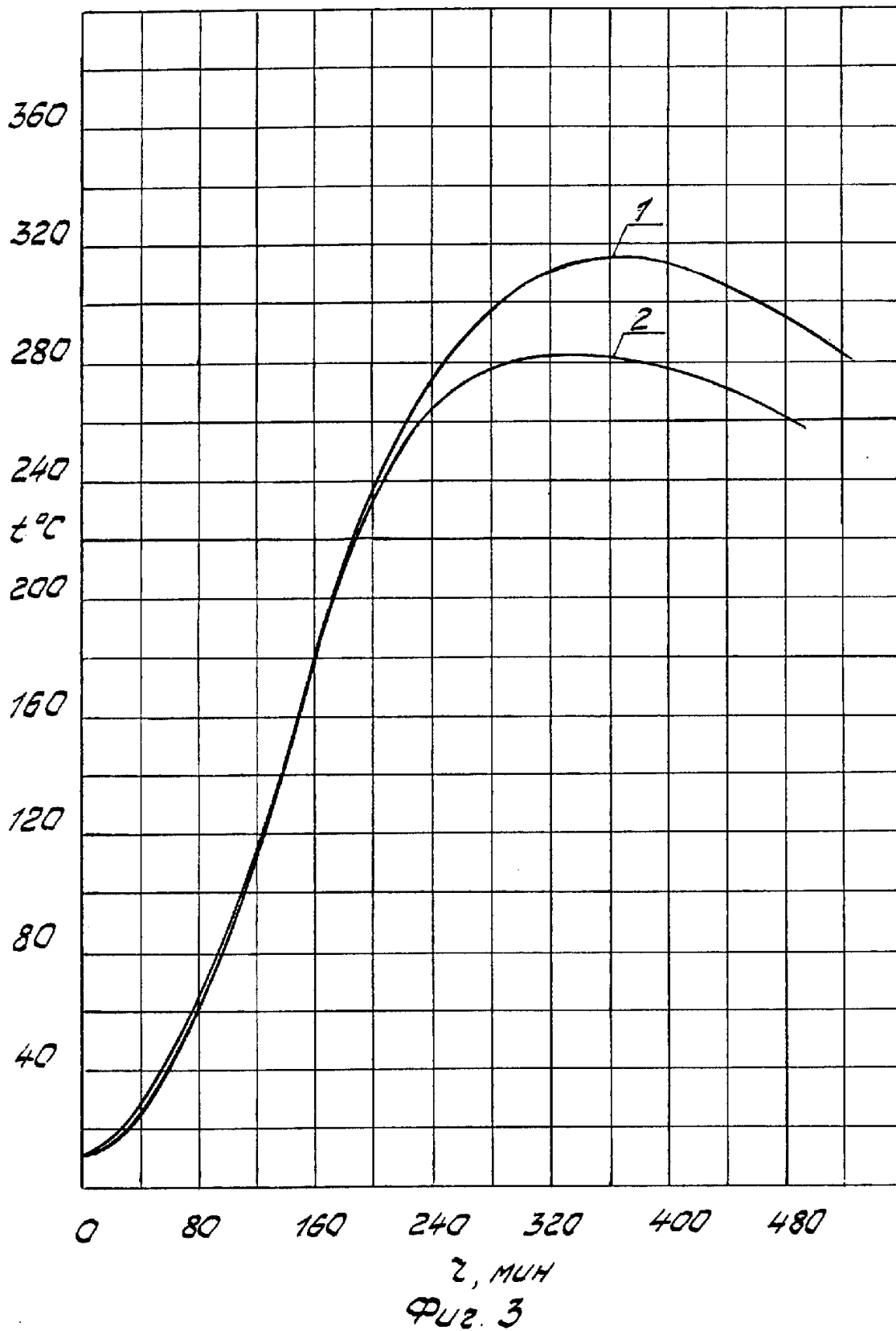


$\varphi_{u2.2}$

RU 2120622 C1



RU 2120622 C1



RU 2120622 C1