



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006112691/12, 17.04.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.04.2006

(45) Опубликовано: 20.03.2008 Бюл. № 8

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2116092 C1, 27.07.1998. RU 2077902 C1, 27.04.1997. RU 2004110914 A1, 27.09.2005. RU 2076497 C1, 27.03.1997. RU 2240161 C1, 20.11.2004. RU 2210413 C1, 20.08.2003. RU 94041311, 27.07.1996.

Адрес для переписки:

143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр.
ВНИИПО, 12, ФГУ ВНИИПО МЧС России,
патентная группа ОНТИ

(72) Автор(ы):

Копылов Николай Петрович (RU),
Болодьян Иван Ардашевич (RU),
Мелихов Анатолий Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

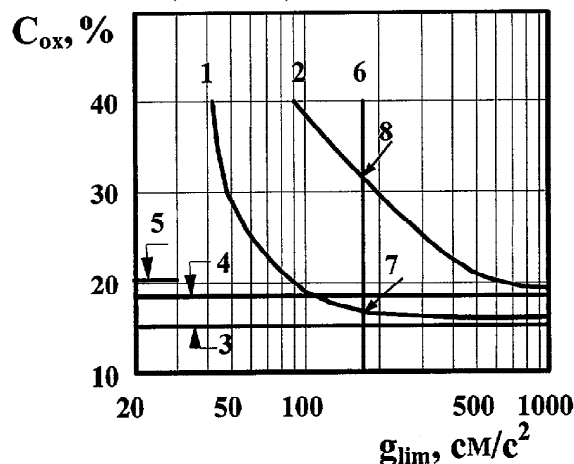
Федеральное государственное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский
институт противопожарной обороны МЧС России
(ФГУ ВНИИПО МЧС России) (RU)

(54) СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГЕРМЕТИЧНЫХ ОТСЕКОВ ЖИЛЫХ МОДУЛЕЙ КОСМИЧЕСКИХ БАЗ НА ЛУНЕ

(57) Реферат:

Изобретение относится к противопожарной технике. Оно предназначено для обеспечения пожарной безопасности герметичных отсеков (далее гермоотсеки) жилых модулей космических баз, размещенных на спутнике Земли - Луне. Сущность изобретения состоит в том, что на стадии разработки жилых модулей для космической базы, размещаемой на Луне, осуществляют подбор неметаллических материалов и веществ, негорючих при ускорении силы тяжести на Луне (по значению нижних пределов горения материалов по ускорению силы тяжести), а при использовании материалов и веществ, горючих при ускорении силы тяжести на Луне, предусматривают отключение системы вентиляции с одновременной подачей в герметичный отсек огнетушащего вещества в количестве, необходимом для тушения указанных материалов и веществ при ускорении силы тяжести на Луне. Изобретение обеспечивает пожарную безопасность в гермоотсеках жилых модулей космических баз на Луне с учетом влияния ускорения силы тяжести на Луне с существенно меньшими материальными затратами, чем это

возможно при реализации технических решений, основанных на результатах оценки пожарной опасности конструкционных неметаллических материалов и количества газового огнетушащего состава при ускорении силы тяжести на Земле. Изобретение может быть использовано также при обеспечении безопасности гермоотсеков космических баз, размещенных на других небесных телах с массой, меньшей, чем масса Земли. 1 ил.





FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 2006112691/12, 17.04.2006

(24) Effective date for property rights: 17.04.2006

(45) Date of publication: 20.03.2008 Bull. 8

Mail address:

143903, Moskovskaja obl., g. Balashikha, mkr.
VNIPO, 12, FGU VNIPO MChS Rossii,
patentnaja gruppa ONTI

(72) Inventor(s):

Kopylov Nikolaj Petrovich (RU),
Bolod'jan Ivan Ardashevich (RU),
Melikhov Anatolij Sergeevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie
Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij
institut protivopozharnoj oborony MChS Rossii
(FGU VNIPO MChS Rossii) (RU)

(54) METHOD TO PROVIDE FIRE SAFETY OF PRESSURIZED COMPARTMENTS INCLUDED IN MANNED SECTION OF LUNAR SPACE BASE

(57) Abstract:

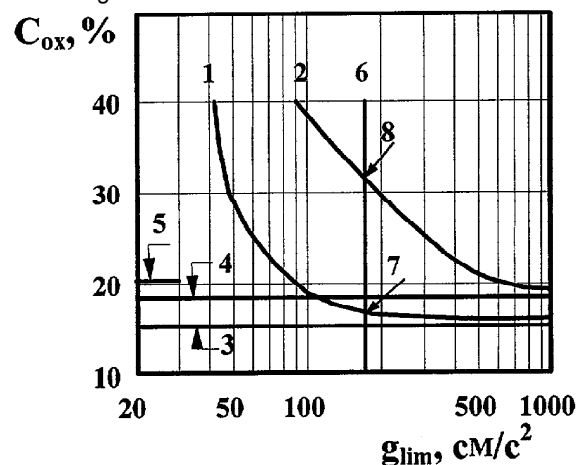
FIELD: fire-fighting, particularly devices to provide fire safety of pressurized spacecraft compartments in lunar bases or in other space bases to be arranged on other celestial bodies with mass less than the Earth mass.

SUBSTANCE: method involves selecting non-metal material and substances, which are not-combustible under lunar gravity (with low combustion limits determined under lunar acceleration of gravity). If materials and substances, which are combustible under lunar gravity, are used ventilation system is switched-off along with fire-extinguishant delivery in pressurized compartment in amount enough for said material extinguishment under lunar acceleration of gravity.

EFFECT: decreased fire risk in manned sections of lunar base, possibility to take into

consideration lunar gravity, which results in decreased costs.

1 dwg



Изобретение относится к противопожарной технике. Оно предназначено для обеспечения пожарной безопасности герметичных отсеков (далее гермоотсеки) жилых модулей космических баз, размещенных на спутнике Земли - Луне. Изобретение может быть использовано также при обеспечении безопасности гермоотсеков космических баз,

5 размещенных на других небесных телах с массой, меньшей, чем масса Земли.

В настоящее время в различных странах с развитой космонавтикой активно разрабатываются проекты космических баз, предназначенных к размещению на других планетах солнечной системы, и в первую очередь на Луне. Известно, что планируется создание на Луне опорной базы для запуска пилотируемых космических кораблей на Марс

10 (Яшлавский А. Космическая одиссея 2015. Газета «Московский комсомолец» от 16 января 2004 г.). Обслуживающий персонал (далее экипаж) будет пребывать в обитаемых гермоотсеках на лунной базе длительное время.

Обитаемые гермоотсеки практически любых изделий относятся к объектам с высокой пожарной опасностью. Необходимость в регенерации рабочей атмосферы в обитаемых гермоотсеках предопределяет хотя бы временное повышение в ней концентрации

15 кислорода (далее C_{ox}). Например, в атмосфере обитаемых гермоотсеков современных космических летательных аппаратов (далее КЛА) значение C_{ox} может достигать 30-40% (здесь и далее % объемные). С целью снижения массы оборудования во внутреннем пространстве гермоотсеков широко применяются конструкционные неметаллические

20 материалы (далее КНМ), большая часть из которых является горючей в обогащенной кислородом атмосфере. Обитаемые гермоотсеки, как правило, в высокой степени насыщены электрооборудованием, элементы которого при отказах, даже в слаботочных цепях, нередко становились источниками возникновения пожароопасных ситуаций в этих изделиях. Оборудование в гермоотсеках, в том числе ответственное за живучесть

25 изделия, крайне уязвимо для пожара. Трудно оказать помощь экипажу извне при пожаре в гермоотсеке. Именно применение неметаллических материалов и других горючих веществ в обогащенной кислородом атмосфере, а также трудности при эвакуации людей создают высокий потенциальный уровень пожарной опасности в обитаемых герметичных помещениях с искусственной атмосферой. В то же время при реализации проектов,

30 эксплуатация которых связана с выводом на околоземную орбиту и транспортировкой большого количества оборудования, ставится цель обеспечить минимальную его массу, а следовательно, и материальные затраты на транспортировку. Учитывая данное обстоятельство, при обеспечении пожарной безопасности объектов инопланетных баз должны использоваться эффективные технические решения, основанные на новейших

35 технологиях, обеспечивающие в полном цикле реализации технических решений минимальные материальные затраты.

Известны различные способы обеспечения пожарной безопасности с использованием мер по предотвращению пожара и его тушению. Выбор способов зависит от условий эксплуатации изделия, а также необходимости выполнения специфических требований, к

40 которым, в случае космических объектов, относятся повышенные требования безопасности, ограничения массы оборудования и использования способов и средств обеспечения пожарной безопасности, не нарушающих экологии в обитаемых гермоотсеках.

Направление по обеспечению пожарной безопасности обитаемых гермоотсеков только за счет использования материалов, негорючих в обогащенной кислородом атмосфере при

45 наличии силы тяжести Земли, не дали возможности решить данный вопрос. Создание таких материалов оказалось длительным и дорогостоящим. Не удалось в полной мере удовлетворить многообразные потребности космонавтики в негорючих материалах с необходимыми конструкционными свойствами.

Ограничения по массе и объему оборудования, жесткие требования к обеспечению

50 экологической устойчивости обитаемых гермоотсеков КЛА, требования к обеспечению бесперебойной работы электрооборудования КЛА воспрепятствовали использованию в них большинства традиционных средств пожаротушения (водяных, порошковых и т.д.). В настоящее время из традиционных средств активной противопожарной защиты обитаемых

гермоотсеков КЛА предусмотрено применение локальных газовых и пенных средств пожаротушения. Газовыми средствами оснащены гермоотсеки американского корабля многоразового использования «Спейс Шаттл» (Space Shuttle News Referense NASA. 1981). Система включает в себя: дымовые пожарные извещатели, средства локального тушения и средства контроля за работоспособностью элементов системы. В качестве огнетушащих веществ используются хладон (галон) или углекислота. Пенными средствами локального пожаротушения (огнетушителями) оснащены обитаемые гермоотсеки Российского сегмента Международной космической станции (Алексеев В.А., Зайцев С.Н., Мелихов А.С., Иванов А.В. Особенности пожаротушения в обитаемых гермоотсеках космических станций в период орбитального полета. Журнал «Космонавтика и ракетостроение», 2002, №3 (28), «ЦНИИМАШ». - С.145-154).

Использование средств локального тушения в обитаемых гермоотсеках малоэффективно: во-первых, они не могут быть задействованы в автоматическом полете; во-вторых, применение их затруднено вследствие крайне плотной компоновки оборудования в гермоотсеках и ограниченного доступа к нему, особенно в приборных зонах. При использовании пенных средств тушения, из-за высокой электропроводности водного раствора пенообразователя, возможен выход из строя электрооборудования, ответственного за живучесть космического аппарата.

Обеспечение активной противопожарной защиты обитаемых гермоотсеков с обогащенной кислородом атмосферой с помощью систем объемного пожаротушения, без принятия эффективных мер по минимизации запаса огнетушащего вещества, связано с большими материальными затратами на доставку на земную орбиту и/или на другую планету или ее спутник. Здесь следует учитывать, что с увеличением концентрации кислорода в атмосфере во много раз возрастает необходимый запас огнетушащего вещества, а следовательно, и масса оборудования для пожаротушения (Кузьменко К.П., Калинин В.И., Блинов А.А. Тушение полимерных материалов газовыми огнетушащими веществами. В сборнике «Вопросы горения и тушения полимерных материалов». М.: 1989. - С.74-83).

Учитывая вышеизложенное, были проведены целенаправленные исследования по разработке эффективных нетрадиционных способов обеспечения пожарной безопасности обитаемых гермоотсеков КЛА. Выполненные в этой связи исследования процессов горения материалов в невесомости (в некоторых источниках вместо термина «невесомость» применяют термин «микрогравитация») и в широком диапазоне ускорений силы тяжести позволили выявить существование нижних пределов горения материалов:

- а) по скорости потока в невесомости (V_{lim});
- б) по ускорению силы тяжести (g_{lim}), то есть значение скорости потока и значение ускорения силы тяжести, ниже которых горение данного материала не происходит.

Эти показатели горючести в настоящее время стали базовыми при обеспечении пожарной безопасности обитаемых гермоотсеков КЛА. На основе их знания разработаны принципиально новые способы по обеспечению пожарной безопасности обитаемых гермоотсеков КЛА.

Известен способ противопожарной защиты обитаемых гермоотсеков КЛА, основанный на использовании значений V_{lim} и g_{lim} (Заявка Российской Федерации №2004110913 от 09.04.2004 г. Способ пожаротушения в обитаемом гермоотсеке космического летательного аппарата в орбитальном полете в режиме искусственной силы тяжести), сущность которого состоит в том, что в орбитальном полете в режиме искусственной тяжести, обеспечиваемой вращением аппарата, одновременно со снижением в гермоотсеке производительности системы принудительной вентиляции к космическому аппарату прикладывают импульс реактивной силы в направлении, обратном направлению его вращения, до уменьшения угловой скорости вращения, определяемой из соотношения:

$$\omega_{lim} = \left(\frac{g_{lim}}{r_{hm}} \right)^{0,5},$$

где ω_{lim} - угловая скорость вращения космического летательного аппарата, при которой прекращается горение; r_{hm} - расстояние от центра масс космического летательного аппарата до зоны обитаемого гермоотсека, наиболее удаленной от центра масс аппарата, при этом время снижения угловой скорости вращения до значения ω_{lim} не должно

превышать времени снижения скорости вентиляционного потока в приборной зоне обитаемого гермоотсека от штатного значения до значения, равного предельной для горения наиболее горючих конструкционных материалов скорости потока - V_{lim} , а режим искусственной тяжести в гермоотсеке восстанавливают после ликвидации пожароопасной ситуации и восстановления в гермоотсеке нормального режима принудительной

Представленный способ не может быть использован при обеспечении пожарной безопасности в герметичных отсеках жилых модулей космических баз на Луне, так как изменение ускорения силы тяжести на Луне невозможно.

В качестве прототипа выбран способ обеспечения пожарной безопасности обитаемых гермоотсеков КЛА (Патент Российской Федерации №2116092. Способ обеспечения пожарной безопасности обитаемых гермоотсеков космических летательных аппаратов. Авторы: Мелихов А.С., Зайцев С.Н., Иванов А.В., А62С 3/08, В64G 9/00. Приоритет 05.12.95 г. Опубл. 27.07.98. Бюл. №21), сущность которого состоит в обеспечении негорючести применяемых материалов в условиях гермоотсека и тушении пожара за счет

снижения производительности вентиляционной системы. Это достигается тем, что на стартовой позиции и на участке выведения корабля на околопланетную орбиту в гермоотсеке поддерживается концентрация кислорода ниже значений пределов горения по концентрации кислорода для наиболее горючих из используемых материалов, а в орбитальном полете, по сигналу средств обнаружения пожара, работа системы вентиляции в гермоотсеке переводится на циклический режим, состоящий из периода отключенного состояния системы вентиляции в течение времени, за которое в гермоотсеке происходит остановка движения газовой среды до уровня, соответствующего нижнему пределу горения материалов по скорости потока в невесомости (V_{lim}), и периода включенного состояния системы вентиляции в течение времени, за которое газовая среда в замкнутом вентиляционном контуре в гермоотсеке проходит между двумя смежными пожарными извещателями, при этом циклический режим работы системы вентиляции осуществляется до момента начала снижения уровня опасных факторов пожара в гермоотсеке, зафиксированного средствами обнаружения пожара. В основе указанного способа лежат обнаруженные закономерности горения материалов в условиях орбитального полета в невесомости и при действии малых ускорений силы тяжести (Болодьян И.А., Иванов А.В., Мелихов А.С. Горение твердых неметаллических материалов в условиях микрогравитации. Материалы 5-го симпозиума Азии-Океании по науке и технике пожара. Г.Ньюкасл, Австралия. 3-6 декабря 2001. - С.195-204).

Были обнаружены нижние пределы горения материалов по скорости потока в невесомости (V_{lim}) и закономерности изменения процесса горения в невесомости при меняющемся поле скоростей газового потока. Было показано, что определяющим фактором в условиях невесомости является скорость газового потока в зоне пламени. При этом использованы ранее неизвестные закономерности развития очага горения и динамика его потухания при изменении скорости потока. Эти данные обеспечили разработку принципиально нового способа предотвращения и тушения пожара в обитаемых гермоотсеках КЛА в орбитальном полете. Автоматизированными системами обнаружения пожара и пожаротушения, работа которых основана на представленном способе, оснащены обитаемые гермоотсеки модулей Российского сегмента Международной космической станции (далее РС МКС).

Достоинством способа-прототипа является высокая его надежность при тушении пожара в обитаемых гермоотсеках КЛА в орбитальном полете, так как снижение скорости вентиляционных потоков после отключения или изменения режима работы средств вентиляции в гермоотсеке достигается естественным путем за счет вязкостной диссипации

кинетической энергии движения атмосферы.

В качестве недостатков указанного способа необходимо отметить следующее.

При ускорении силы тяжести на Луне пожаротушение в гермоотсеках жилых модулей космической базы тушение пожара за счет остановки вентиляционных потоков может стать
 5 недостижимо из-за возникновения естественно - конвективных потоков, которые будут поддерживать горение некоторых материалов даже при выключенной вентиляционной системе, как это происходит на Земле. Практика показала, что нереально поддерживать концентрацию кислорода в атмосфере обитаемого гермоотсека ниже значения предела
 10 горения по концентрации кислорода (C_{lim}) для используемых материалов. Снижение концентрации кислорода в атмосфере обитаемого гермоотсека, с точки зрения обеспечения жизнедеятельности человека, ниже 21% нежелательно. В то же время большая часть материалов, используемых в обитаемых гермоотсеках, имеет значение
 15 предела горения по концентрации кислорода (C_{lim}) ниже 21% (О влиянии состава полимерного материала на способность его к горению. Жевлаков А.Ф., Болодьян И.А., Мелихов А.С., Третьяков В.А. Экспресс-информация: Пожарная опасность веществ и
 20 материалов, сер.1, вып.85. - М.: ВНИИПО, 1976. - С.1-9). Таким образом, если при использовании материалов и веществ, горючих при ускорении силы тяжести на Луне, не будет предусмотрено использование огнетушащего вещества с помощью системы пожаротушения, то обитаемый гермоотсек жилого модуля космической базы, размещенной
 на Луне, окажется незащищенным в пожарном отношении.

Целью предлагаемого изобретения является обеспечение пожарной безопасности обитаемых гермоотсеков жилых модулей космических баз, размещаемых на Луне, и снижение материальных затрат на создание, транспортировку и эксплуатацию средств обеспечения пожарной безопасности.

Поставленная цель достигается тем, что в способе обеспечения пожарной безопасности обитаемых гермоотсеков КЛА, включающем предотвращение пожара за счет подбора
 25 неметаллических материалов и веществ, негорючих в условиях их применения, и тушение пожара за счет отключения систем вентиляции в герметичном отсеке, на стадии разработки жилых модулей для космической базы, размещаемой на Луне, осуществляют
 30 подбор неметаллических материалов и веществ, негорючих на Луне, исходя из условия пожаробезопасности:

$$g_{lim} \geq K_S \times g_{pl}, \quad (1)$$

где g_{lim} - значение нижнего предела горения материалов по ускорению силы тяжести, m/c^2 ;

35 K_S - коэффициент безопасности, используемый при подборе негорючих материалов;

g_{pl} - ускорение силы тяжести на Луне, m/c^2 ,

а при использовании материалов и веществ, горючих при ускорении силы тяжести на Луне, предусматривают отключение системы вентиляции с одновременной подачей в
 40 герметичный отсек огнетушащего вещества в количестве, необходимом для тушения указанных материалов и веществ при ускорении силы тяжести на Луне, при этом время подачи огнетушащего вещества не должно превышать времени остановки вентиляционных потоков в герметичном отсеке.

На чертеже приведены зависимости нижнего предела горения материалов по ускорению
 45 силы тяжести от концентрация кислорода в газовой среде.

В основу способа по предлагаемому изобретению положены обнаруженные закономерности горения материалов в условиях невесомости и ускорений силы тяжести, существенно меньших, чем на Земле (Болодьян И.А., Иванов А.В., Мелихов А.С. Горение
 50 твердых неметаллических материалов в условиях микрогравитации. Материалы 5-го симпозиума Азии-Океании по науке и технике пожара. Г.Ньюкасл, Австралия. 3-6 декабря 2001. - С.195-204). В частности выявлено существование нижних пределов горения материалов по ускорению силы тяжести (g_{lim}).

На чертеже в качестве примера приведены зависимости значения g_{lim} от концентрации кислорода для органического стекла (полиметилметакрилат) (кривая 1) и гетинакса

(кривая 2), а также для сравнения и значения C_{lim} , которые являются характеристикой пожарной опасности этих материалов при $g=981 \text{ см/с}^2$ (на Земле) (линии 3 и 4). Линией 6 обозначено ускорение силы тяжести на Луне, равное 162 см/с^2 .

Поскольку значения C_{lim} для органического стекла и гетинакса лежат ниже значения $C_{ox}=21\%$ (линия 5), они являются горючими на Земле материалами.

В данном случае кривые 1 и 2 представляют предельные условия горения органического стекла и гетинакса. Точки пересечения 7 и 8 кривых 1 и 2 с линией 6 представляют значения C_{lim} при ускорении силы тяжести на Луне: для органического стекла 17%, для гетинакса 33%. Ниже указанных концентраций кислорода горение этих материалов невозможно. При $g_{pl}=162 \text{ см/с}^2$ (на Луне) высокогорючий материал - органическое стекло - остается горючим при нормальной концентрации кислорода ($C_{ox}=21\%$), а менее горючий материал - гетинакс - при этой концентрации кислорода не способен к горению; для этого необходима концентрация кислорода, превышающая 33%.

Таким образом, имеется возможность из горючих на Земле материалов подбирать материалы, которые не будут гореть в обогащенной кислородом атмосфере жилых модулей космической базы, размещенной на Луне.

На чертеже видно, что значения предельных для горения концентраций кислорода, определенные при $g=981 \text{ см/с}^2$ совершенно разными методами (Melikhov A.S., Bolodyan L.A., Potyakin V.I., A.V. Ivanov et al. The Study Of Polymer Material Combustion In Simulated Microgravity By Physical Modeling Method. Proceedings of the Fifth International Microgravity Combustion Workshop, Cleveland, Ohio, May 18-20, 1999) практически совпадают. Это указывает на корректность примененной методики определения значения g_{lim} .

При использовании материалов и веществ, горючих при ускорении силы тяжести на Луне, должно предусматриваться отключение системы вентиляции с одновременной подачей в герметичный отсек огнетушащего вещества в количестве, необходимом для тушения указанных материалов и веществ при ускорении силы тяжести на Луне.

Критериальное соотношение для определения времени торможения потоков от исходного до заданного значения скорости после отключения системы вентиляции в гермоотсеке приведено в изобретении-прототипе.

В основу определения параметров автоматической установки газового пожаротушения (далее АУГП) для гермоотсеков жилых модулей космических баз, размещаемых на Луне, использованы положения норм пожарной безопасности (НПБ 88-2001* Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования. Москва, 2003) и зависимости значения g_{lim} материалов от концентрации кислорода в рабочей атмосфере.

С учетом требований максимально возможного сохранения экологии в обитаемых гермоотсеках при пожаротушении в них принят принцип газового объемного пожаротушения. При этом в качестве газового огнетушащего вещества (далее ГОТВ) рассматривается газообразный азот.

Как следует из НПБ 88-2001*, оценка массы ГОТВ, которая должна храниться в АУГП для успешного тушения пожара, предусматривает определение: $M_{рас}$ - расчетной массы ГОТВ, предназначенной для тушения пожара объемным способом, кг; $M_{тр}$ - количества ГОТВ, остающегося в трубопроводах, кг; M_6 - количества ГОТВ, остающегося в баллонах АУГП. В целях сокращения оценочных расчетов здесь приводится соотношение для оценки основного из указанных параметров - массы ГОТВ, предназначенной для тушения пожара объемным способом - $M_{рас}$. Для случая отсутствия вентиляционного обмена среды, находящейся в гермоотсеке, с внешней средой, соотношение представлено как:

$$M_{рас} = V_{рас} \cdot \rho_{гоТВ} \cdot \lg \frac{100}{100 - C_{нор}} \cdot \frac{P_{раб}}{P_{ат}} \cdot \frac{C_{ox,раб} - C_{lim,g}}{C_{lim,n}}, \quad (2)$$

где $V_{рас}$ - расчетный объем защищаемого гермоотсека, м^3 ;

$\rho_{гоТВ}$ - плотность ГОТВ при атмосферном давлении, кг/м^3 ;

$C_{нор}=K_{62} \times C_{огн}$ - нормативная объемная концентрация ГОТВ, %;

$K_{б2}$ - коэффициент безопасности, используемый при определении нормативной объемной концентрации ГОТВ;

$C_{огн}$ - минимальная объемная огнетушащая концентрация ГОТВ, %;

$P_{раб}$ - рабочее давление в гермоотсеке, МПа;

5 $P_{ат}$ - атмосферное давление, МПа;

$C_{ох.раб}$ - максимальная рабочая концентрация кислорода в атмосфере гермоотсека, %;

$C_{lim.g}$ - предел горения рассматриваемого материала по концентрации кислорода при ускорении силы тяжести на Луне, %;

10 $C_{lim.n}$ - предел горения рассматриваемого материала по концентрации кислорода при ускорении силы тяжести на Земле, %.

Данные о минимальной объемной огнетушащей концентрации ($C_{огн}$) азота взяты из работы Кузьменко К.П., Калинин В.И., Блинов А.А. Тушение полимерных материалов газовыми огнетушащими веществами. В сборнике «Вопросы горения и тушения полимерных материалов». М.: 1989. - С.74-83.

15 Оценки показали, что масса азота ($M_{рас}$), предназначенная для тушения органического стекла объемным способом в гермоотсеке объемом 100 м^3 при $C_{ох}=40\%$ и $C_{lim.g}=17\%$ при ускорении силы тяжести Луны, равна 119 кг. Для тушения азотом менее горючего на Луне материала - гетинакса в том же гермоотсеке при $C_{ох}=40\%$ и $C_{lim.g}=33\%$ необходимо 45 кг азота, то есть на 74 кг меньше. Это означает, что при ускорении силы тяжести Луны
20 уменьшается масса автоматической установки газового пожаротушения, а это существенно уменьшает материальные затраты на выведение оборудования на околопланетную орбиту и переброску его на Луну.

Таким образом, при ускорении силы тяжести Луны повышается возможность подбора материалов, в том числе из горючих на Земле, которые не будут гореть в обогащенной
25 кислородом атмосфере в обитаемых гермоотсеках жилых модулей космической базы, размещенной на Луне, а также существенно снижается количество газового огнетушащего вещества, необходимого для тушения в обитаемых гермоотсеках жилых модулей на Луне определенных материалов (с повышенным значением $C_{lim.g}$).

Соотношение (2) указывает на то, что количество газового огнетушащего состава, необходимого для тушения пожара, уменьшается при снижении рабочего давления в гермоотсеке, увеличении предела горения материалов по концентрации кислорода при ускорении силы тяжести на Луне и увеличении предела горения материала по
30 концентрации кислорода при ускорении силы тяжести на Земле.

Время выпуска в защищаемый гермоотсек расчетной массы ГОТВ, предназначенной для
35 тушения пожара, не должно превышать времени снижения скорости вентиляционного потока в пожароопасных зонах обитаемого гермоотсека от штатного значения до значения, равного предельной для горения наиболее горючих конструкционных материалов скорости потока - V_{lim} .

Предлагаемое изобретение обеспечивает пожарную безопасность в гермоотсеках жилых
40 модулей космических баз на Луне с учетом влияния ускорений силы тяжести на Луне с существенно меньшими материальными затратами, чем это возможно при реализации технических решений, основанных на результатах оценки пожарной опасности конструкционных неметаллических материалов и количества газового огнетушащего состава при ускорении силы тяжести на Земле.

45

Формула изобретения

Способ обеспечения пожарной безопасности герметичных отсеков жилых модулей космических баз, размещаемых на Луне, включающий предотвращение пожара за счет подбора неметаллических материалов и веществ, негорючих в условиях их применения, и
50 тушение пожара за счет отключения систем вентиляции в герметичном отсеке, отличающийся тем, что на стадии разработки жилых модулей для космической базы, размещаемой на Луне, осуществляют подбор неметаллических материалов и веществ, негорючих на Луне, исходя из условия пожарной безопасности:

$$g_{lim} \geq K_S \cdot g_{pl},$$

где g_{lim} - значение нижнего предела горения материалов по ускорению силы тяжести, m/s^2 ; K_S - коэффициент безопасности; g_{pl} - ускорение силы тяжести на Луне, m/s^2 ,

5 а при использовании материалов и веществ, горючих при ускорении силы тяжести на Луне, предусматривают отключение системы вентиляции в герметичном отсеке и подачу огнетушащего вещества в количестве, необходимом для тушения указанных материалов и веществ при ускорении силы тяжести на Луне, при этом время подачи огнетушащего вещества не должно превышать времени остановки вентиляционных потоков в герметичном отсеке.

10

15

20

25

30

35

40

45

50