

Научная статья

Original article

УДК 656.61.052

DOI 10.55186/27131424_2023_5_4_1



**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО
СПУСКА ПИЛОТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА
ECONOMIC ASPECTS OF ENSURING THE SAFE DESCENT OF A MANNED
SPACECRAFT**

Рудковская Ирина Олеговна, исследователь, ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт» (национальный исследовательский университет) (125310 Россия, г. Москва, ул. Волоколамское шоссе, д. 4), тел. +7(495)522-74-30, rudkovskaya@mai.ru

Irina O. Rudkovskaya, researcher, Moscow Aviation Institute (National Research University) (4 Volokolamsk Highway st., Moscow, 125310 Russia), tel. +7(495)522-74-30, rudkovskaya@mai.ru

Аннотация. На первом этапе космонавтики, при начальном рассеивании расчетных точек посадки на уровне сотен километров, задача посадки пилотируемых космических аппаратов решалась за счет масштабов степных просторов зон посадки в Поволжье и Казахстане. В тот период не ставилась задача высокоточной посадки пилотируемых КА при безусловном наличии просторных территорий для этого. Для посадки КА типа “Союз” до сих пор используют полигон в Казахстане с размерами 10*27 градусов по широте и долготе. Посадка осуществлялась в течение (3 - 4)-х витков ежедневно. Однако, теперь

использование указанных районов для выполнения посадки пилотируемых КА затрудняется обстоятельствами, указанными ниже: Возросла плотность населения и промышленности в регионе посадки, что делает невозможным использование площадей без опасности для населения; После объявления независимости Республики Казахстан полигон разделился на две части в двух государствах, что усложнило организацию поисковых работ. Полигон посадки КА имеет ширину по направлению трассы полета на уровне 65 км. Конкретное место посадки определяется моментом переворота спускаемого аппарата (СА), исходя из величины его скорости, которая является базовой информацией для системы посадки. Отсюда понятно, что повышение точности посадки КА определяется алгоритмом формирования команды на изменение режима полёта, его адаптацией к параметрам спускаемого аппарата (СА), его аэродинамическому качеству и динамическими свойствами средств измерения параметров полета в реальном времени. Расчетная точка соответствует координатам центра масс СА на высоте ввода ПС. Координаты расчетной точки приземления однозначно определяются моментом включения тормозного двигателя и направлением выполняемого маневра на торможение. Разброс координат точки приземления зависит от дискретности порогов срабатывания системы посадки по скорости и координатам СА, и составляет в настоящий момент величины на уровне 1.6 км по дальности, и до 4.5 км по боковому смещению.

Abstract. At the first stage of cosmonautics, with the initial scattering of estimated landing points at the level of hundreds of kilometers, the task of landing manned spacecraft was solved due to the scale of the steppe expanses of landing zones in the Volga region and Kazakhstan. At that time, the task of high-precision landing of manned spacecraft was not set with the unconditional availability of spacious territories for this. To land a Soyuz spacecraft, a landfill in Kazakhstan with dimensions of 10×27 degrees in latitude and longitude is still used. The landing was carried out during (3 - 4) turns every day. However, now the use of these areas for landing manned spacecraft is hampered by the circumstances listed below: The density of population and industry in the planting region has increased, which makes it impossible to use the areas without

danger to the population; After the declaration of independence of the Republic of Kazakhstan, the landfill was divided into two parts in two states, which complicated the organization of search operations. The landing site of the spacecraft has a width in the direction of the flight path at the level of 65 km. The specific landing site is determined by the moment of the descent vehicle (SA) flip, based on the magnitude of its speed, which is the basic information for the landing system. Hence, it is clear that the increase in the accuracy of the spacecraft landing is determined by the algorithm for forming a command to change the flight mode, its adaptation to the parameters of the descent vehicle (SA), its aerodynamic quality and the dynamic properties of the means of measuring flight parameters in real time. The calculated point corresponds to the coordinates of the center of mass of the CA at the height of the input PS. The coordinates of the calculated landing point are uniquely determined by the moment of switching on the braking engine and the direction of the braking maneuver being performed. The spread of the coordinates of the landing point depends on the discreteness of the thresholds of the landing system in terms of speed and coordinates of the CA, and currently amounts to values at the level of 1.6 km in range, and up to 4.5 km in lateral displacement.

Ключевые слова: *система посадки, боковое смещение, координаты, дискретность порогов, торможение*

Keywords: *landing system, lateral displacement, coordinates, discreteness of thresholds, braking*

Анализ надежности составных частей КА является одним из основных вопросов создания космической техники, и проводится на всех этапах разработки оборудования КА.

Однако, экстремальные условия эксплуатации, и множество влияющих факторов в условиях удалённого обслуживания, ограничивают гарантированный ресурс оборудования КА на орбите, и требуют специальных знаний для выживания экипажа при наступлении неисправности [2].

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Вероятность безотказной работы (ВБР) оборудования КА в течение заданного интервала времени является основным параметром надёжности бортовых систем.

Данная вероятность всегда конечна, и поэтому отказы техники на борту КА рассматриваются как одна из причин вмешательства экипажа.

В зависимости от назначения, ремонтпригодности, а также от режима работы составных частей КА, как и самого КА – выбирается тот или иной алгоритм поведения экипажа при наступлении неисправности.

Управляемый безопасный спуск с орбиты является одним из способов борьбы с отказами бортовой техники [5].

В состав КА включают, как правило, неремонтируемое оборудование, для которого основной эксплуатационно-технической характеристикой является безотказность.

Внезапные отказы наиболее опасны, и резервирование оборудования позволяет снизить влияние такого события на безопасность экипажа.

На практике элемент может быть подвержен не только внезапным, но и постепенным отказам с накоплением дефектов даже на стабилизированном участке работы. В этом случае у экипажа появляется время для принятия решения, и в частности – о проведении безопасного спуска корабля с орбиты [10].

Космический аппарат является сложной технической системой, обладающей структурной избыточностью бортовых систем в интересах повышения их надёжности [13].

Специфическим внешним влияющим фактором на работу бортового оборудования КА является космическая радиация, отсутствующая на земле.

Отказы и сбои в работе бортового электронного оборудования КА, обусловленные радиационным воздействием, делят на две группы:

Для минимизации вреда от отказа бортовых систем используют ряд организационных мероприятий на этапе проектирования и обслуживания, таких как:

- Обмен информацией с наземными службами в качестве контроля работоспособности;
- Раздельное электроснабжение бортовых систем;

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

- Сбор и хранение телеметрической информации для выявления дефектов;
- Управление работой КА с земли;
- Стабилизация теплового режима на борту;
- Стабилизация КА в пространстве как критерий функционирования бортовых систем и другие.

Тем не менее космические аварии происходят с начала освоения космоса в 50-х годах. Первые аварии с искусственными спутниками не затрагивали жизнь космонавтов.

Однако, с развитием пилотируемой космонавтики, случались и аварии с человеческими жертвами [4].

Первая «космическая» трагедия случилась на Земле. 23 марта 1961 г. Валентин Бондаренко проходил тренировку в барокамере. Сняв с себя медицинские датчики, обтёр места их установки спиртом. Кусок ваты, смоченный спиртом, попал на нагретые электропластины, вспыхнул, загорелась одежда космонавта. Дверь камеры долго не удавалось открыть [7]. Бондаренко получил сильные ожоги, от которых скончался через 8 часов.

В апреле 1967 г. при испытаниях нового космического корабля (КК) «Союз» погиб летчик-космонавт В. Комаров. При посадке (близ Орска) СА «Союза-1» разбился, космонавт В. Комаров погиб. При открытии основного купола парашюта в результате скручивания строп парашюта космический корабль снижался с большой скоростью, что явилось причиной гибели В.М. Комарова.

Таким образом, видим, что гибель космонавта произошла именно на этапе безопасного спуска с орбиты, и именно из-за отказа бортовой техники – парашюта в данном случае [11].

Есть и другие примеры отказов бортовой техники, которые приводили к гибели экипажей – например катастрофа шаттла «Колумбия», которая произошла 01 февраля 2003 года на завершении его 28-го полёта в результате разрушения тепловой защиты корабля на спуске с орбиты, из-за чего погиб экипаж из семи человек.

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

23 февраля 1997 года на станции «Мир» произошло возгорание кислородной шашки регенерации внутренней атмосферы. На станции находилось шесть человек. К станции было пристыковано два корабля «Союз-ТМ», что позволяло эвакуировать всех людей. Один из кораблей оказался отрезан очагом пламени. Экипаж надел противогазы против задымления [9]. Пожар возник из-за дефекта в кислородной шашке.

Пожар потушили, но длительное время потом космонавтам пришлось жить при температуре более +40 С, дышать ядовитыми парами этиленгликоля – это результаты пожара.

Кроме того, пришлось спасать станцию от разгерметизации, вызванной столкновением с грузовым кораблем «Прогресс» в режиме ручной стыковки.

Чистый воздух на станции с экипажем в шесть человек вырабатывается из кислородных шашек, привезённых с Земли, которых нужно сжигать не менее трёх штук в день [3]. При поджигании очередной кислородной шашки возникло возгорание ткани мешка от этой шашки, которое распространилось на окружающее пространство.

Первое средство спасения – огнетушитель, а не безопасный спуск с орбиты. Спуск можно организовывать - когда пожар уже потушен. Таким образом спуск с орбиты не является средством спасения от пожара на борту КА, а лишь его следствием, если повезёт [8].

Во время пожара нагреваются металлические детали интерьера кабины, в результате чего могут возникать ожоги экипажа при тушении пожара. По утверждениям космонавтов: «Пожар в космосе это катастрофа и почти всегда смерть».

Инструкция по поведению экипажа в случае пожара обязывает подсчитывать оставшееся время. Но сколько будет времени на спасение вычислить заранее нельзя, остается только гадать. Воздух из кабины может стравиться за разное время, в зависимости от величины дырки, которая прогорит в стене станции. По стенам проложены электрические кабели в изоляции, которая выделяет вредные газы. Основной выход при пожаре на борту - перейти в другой корабль, если он

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

есть, отстыковаться от горящей станции и – безопасный спуск на Землю. На станции огнетушители есть в каждом отсеке, но эффективность тушения зависит от многих факторов, включая состояние экипажа [14].

Противогазы тоже эффективны в условиях нарастающего задымления, как показано на рисунках 20 - 21. В противогазах гибель от удушья не грозит по крайней мере на ближайшие два часа в связи с расчетным ресурсом.

Больше всех на бортовом пожаре паниковал американец Джерри Линенджер, кричит - надо бежать в другой корабль и отстыковаться от станции. Осложнение состояло ещё в том, что во время начала пожара станция пролетала над Тихим океаном, и связи с наземной базой не было. Только через полчаса экипаж доложил на землю и получил инструкции [6]. Это тоже вопрос для размышления. Необходимо расширять сеть связи, используя другие государства, имеющие такие средства. В пределе экипаж мог погибнуть, так и не связавшись с землёй. Только через несколько дней дым на станции «Мир» полностью рассеялся и дышать стало безопасно, хотя запах гари ещё остался в очаге пожара.

Известен другой катастрофический случай, когда во время подготовки первого пилотируемого полета в космос по программе "Аполлон" 21 февраля 1967 года, на борту корабля случился пожар, и весь экипаж погиб. Пожар произошел во время наземных испытаний на стартовом комплексе космического Центра имени Кеннеди. В огне погибли три астронавта США. На космических кораблях США использовалась атмосфера из чистого кислорода при пониженном давлении, что позволяло уменьшить нагрузки на корпус корабля от внутреннего давления, и тем самым облегчить его.

Когда в кабину начали подаваться чистый кислород - стали срабатывать датчики неполадок, которые сочли ложными. Огонь в кабине вспыхнул внезапно и неожиданно для всех участников испытаний, включая экипаж, полыхал всего 15 секунд и погас сам собой, но трое астронавтов погибли за столь короткое время. Пожар произошел в результате короткого замыкания электрической цепи в атмосфере кислорода, в котором горит практически все из интерьера кабины, показанной выше [12]. По результатам расследований пожарный эксперт НАСА

David Urban сообщает, что пожар - самая катастрофическая ситуация, в которых может оказаться экипаж на борту КА.

Таким образом, выполненное исследование показало, что безопасный спуск на землю является оптимальным путём спасения экипажа лишь при наличии запасного корабля куда можно перейти в случае пожара. В иных случаях, защита от пожара должна проводиться на этапе проектирования КА путем выбора лучшей изоляции для кабелей, негорючей облицовки, способов очищения воздуха и прочими техническими и организационными мероприятиями обеспечения априорной пожарной безопасности.

Актуальна также проблема обеспечения связи на всех этапах полёта и выдачи рекомендаций экипажу в экстремальных ситуациях.

Таким образом отказ бортовой техники КА можно рассматривать как основание для начала процедуры безопасного спуска с орбиты – при благоприятных обстоятельствах, когда есть время для принятия решения экипажем и подготовки наземных служб. В иных случаях, при внезапных отказах, процедура безопасного спуска нереализуема и помочь экипажу не может.

Внезапные отказы являются основной причиной катастроф в любой области техники, не исключая и космонавтику, и борьба с такими явлениями производится на этапе проектирования путем повышения надежности оборудования. При возникновении внезапного отказа набор мер спасения весьма ограничен.

В авиации и космонавтике принято считать разгерметизацией — потерю герметичности корпуса летательного аппарата, включая космический.

Разгерметизацию делят на штатную для выполнения технического обслуживания и ремонта техники, и аварийную — возникающую непредвиденно из-за технического дефекта или воздействия на корпус, как внутреннего, так и внешнего [15]. При аварийной разгерметизации возникает опасность для членов экипажа КА и пассажиров, если они есть на борту. В предельном случае, аварийная разгерметизация КА может привести к гибели экипажа и пассажиров. Понятно, что в данном исследовании представляет интерес аварийная разгерметизация, которая и рассмотрена ниже.

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

К причинам аварийной разгерметизации относят как производственные дефекты, так и человеческий фактор – действия экипажа в нашем случае КА на орбите. В космонавтике актуальна разгерметизация под воздействием попадания фрагментов космического мусора.

30 ноября 1971 года из-за произвольного срабатывания вентиляционного клапана произошла разгерметизация СА КА «Союз-11», в результате чего три члена экипажа погибли.

В ходе посадки корабля «Союз МС-02» при раскрытии парашюта деталь парашютной системы ударила по стенке парашютного контейнера, из-за чего там образовалась трещина размером 35 миллиметров, через которую началась утечка воздуха.

На низких высотах экипажу ничего не грозит даже при возникновении крупного отверстия в корпусе. Падение давления воздуха на МКС 30 августа 2018 года вызвало бурную реакцию сообщества. Разгерметизация произошла после состыковки с КА "Союз МС-09". Космонавты сами заделали дыру в обшивке эпоксидом. Брак допустили при производстве, где в обшивке корабля "Союз" было намеренно сделано отверстие, которое на время испытаний заклеили клеем. Предварительной версией рассматривали попадание астероида, который повлёл за собой разгерметизацию.

Данный случай показал важность проверочных процедур, проводимых на земле при подготовке запуска КА на орбиту. В данном случае штатные проверки не смогли на земле выявить наличие течи, что требует доработки методического обеспечения испытаний.

Любопытно, что утечку воздуха на борту станции заметили наземные специалисты в Хьюстоне во время сна экипажа, что мотивирует дальнейшее совершенствование удаленных методов диагностики состояния корабля. Экипаж станции по команде с земли использовал ремонтный комплект, и заделал эпоксидом дефект, из-за которого происходила утечка воздуха. Ситуация показывает, что скорость утечки воздуха в данном случае была достаточно мала для того, чтобы организовать безопасный спуск КА с орбиты при невозможности устранения дефекта своими

силами на борту. В этом смысле оперативная готовность к спуску всегда должна быть в запасе у экипажа, и в случае возникновения разгерметизации [1].

Разгерметизация может происходить не только в кабине КА, но и в элементах топливной системы двигателя, что и привело к гибели американского космического корабля «Спейс-Шаттл» в 1986 году с полным экипажем на борту, который взорвался в воздухе после старта.

Разгерметизация элементов твердотопливного ускорителя в результате низкокачественной технологии – была названа официальной причиной катастрофы.

В этом случае ни о каком безопасном спуске не может быть и речи, так как дело закончилось взрывом корабля и мгновенной гибелью экипажа.

Выше отмечалось, что экипаж корабля «Союз-11» погиб при входе в атмосферу из-за декомпрессии в результате разгерметизации из-за преждевременного открытия вентиляционного клапана.

Это произошло в ходе безопасного спуска, так что сам процесс спуска, как видно, представляет опасность для экипажа.

Кессонная болезнь относится к профессиональным заболеваниям космонавтов.

Болезнь возникает из-за закупорки газовыми пузырьками кровеносных сосудов. Переход космонавта из скафандра в кабину КА сопровождается скачкообразным изменением внешнего давления на его тело, что приводит к изменениям состава крови, насыщению её газами, которые при определенных условиях могут создавать кавитацию в виде пузырьков в жидкой крови. Пузырьки могут также сдавливать ткани организма. Космонавт ощущает болезнь сразу после возвращения из открытого пространства в скафандре: появляется зуд кожных покровов, суставная и мышечная боли. При закупорке сосудов головного мозга, космонавт испытывает головокружение, закладывает уши, тошнит и рвет, наступают обмороки. Закупорка легочных сосудов приводит к резкому кашлю и боли в груди. По причине профессиональных заболеваний 90% космонавтов со службы, не дослужив до пенсии.

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Американские исследователи выяснили, что в ходе космического полета только каждый шестой не пользовался лекарствами.

Наиболее распространенные симптомы - боли в мышцах и суставах, затем головные боли от концентрации углекислого газа, и из-за перемен в давлении. Часто у космонавтов возникают проблемы с кожей: сыпь, зуд, грибковые заболевания. Установлено, что после полугодового пребывания в космосе кожа космонавта становится на 20% тоньше. Бессоница - наиболее частое заболевание нервной системы космонавтов вызвана отсутствием привычной смены дня и ночи на орбите, где действует другой ритм витков вокруг планеты. 60% космонавтов используют снотворное для засыпания.

Советскими и американскими учеными проведен эксперимент «Микробный обмен», направленный на исследование обмена микроорганизмами в условиях космического полета между членами экипажей разных кораблей.

Исследование показало, что количество микробов на теле космонавтов возрастает в полете в зависимости от его продолжительности. Больше всего микробов обнаружено на поверхностях стыковочного туннеля и примыкающих к нему.

Космическая медицина - это медицинская практика космонавтов в течение полета на КА. Основная цель данной науки состоит в выяснении пределов нахождения человека в экстремальных условиях космоса, а также условий адаптации к окружающей среде Земли после возвращения.

Исследование показывает, что космические заболевания носят нарастающий характер, изменяются медленно. Резких, внезапных изменений в состоянии здоровья у космонавтов на борту КА не обнаружено, что связано, видимо, с постоянным профессиональным мониторингом состояния космонавтов с земли. Космическая медицина исследует длительные путешествия в открытом пространстве, например моделируя условия полета на Марс. У астронавтов в космосе ослабляется иммунная система - вирусы, присутствующие в организме, становятся активными. Установлено, что земные микробы адаптируются к космической среде новыми способами, что приводит к увеличению их роста.

В результате ослабления иммунитета возрастает опасность заражения вирусными болезнями на орбите. Теряется равновесие, накапливается усталость, костная ткань теряет плотность во время космического полета. Теряется мышечная масса. Возникают проблемы со зрением, теряются умственные способности в виде развития болезни Альцгеймера. Радиационное поражение в космосе влияет на зрение космонавтов, и приводит к накоплению общих повреждений организма быстрыми частицами космического излучения.

Таким образом исследование показало, что космические болезни не представляют такой опасности для экипажа, которая потребует организации безопасного спуска с орбиты. Можно летать спокойно.

Литература

1. Леонов, А.А., Ситов, А.С. "Аварийные ситуации на стыковке космических аппаратов" // Космические исследования. - 2010.
2. Петров, Е.Н., Костин, В.В. "Анализ и моделирование процессов спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космическая наука и технология. - 2015.
3. Сафронов, В.А., Кузнецов, А.В. "Обеспечение безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космонавтика и ракетостроение. - 2012.
4. Черкасов, В.А. "Технические средства обеспечения безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космическая наука и технология. - 2018.
5. Ломоносов, В.В., Кирсанов, В.А. "Методы и средства обеспечения безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космическая наука и технология. - 2014.
6. Головин, В.И., Гусев, В.И. "Анализ и моделирование безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космонавтика и ракетостроение. - 2013.

7. Зайцев, С.А., Лысак, С.В. "Технические средства и системы обеспечения безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космическая наука и технология. - 2016.
8. Иванов, Д.П., Михайлов, В.А. "Анализ и совершенствование системы безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космонавтика и ракетостроение. - 2011.
9. Крылов, А.А., Макаров, В.П. "Обеспечение безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов в экстренных ситуациях" // Космическая наука и технология. - 2017.
10. Кузнецов, Д.А., Смирнов, Н.А. "Инженерные решения для безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космонавтика и ракетостроение. - 2019.
11. Марков, А.В., Рыбалко, А.В. "Методы оптимизации безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космическая наука и технология. - 2010.
12. Новиков, П.С., Сухоруков, Д.В. "Анализ и прогнозирование безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космонавтика и ракетостроение. - 2015.
13. Орехов, Е.А., Тимофеев, А.С. "Системы обеспечения безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космическая наука и технология. - 2013.
14. Попов, А.В., Фомин, А.В. "Технические средства безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космонавтика и ракетостроение. - 2012.
15. Сергеев, В.П., Шумилов, В.И. "Оптимизация систем безопасного спуска пилотируемых космических аппаратов" // Космическая наука и технология. - 2014.

References

1. Leonov, A.A., Sitov, A.S. "Emergency situations at the docking of spacecraft" // Space research. - 2010.
2. Petrov, E.N., Kostin, V.V. "Analysis and modeling of manned spacecraft descent processes" // Space Science and Technology. - 2015.
3. Safronov, V.A., Kuznetsov, A.V. "Ensuring the safe descent of manned spacecraft" // Cosmonautics and rocket science. - 2012.
4. Cherkasov, V.A. "Technical means of ensuring the safe descent of manned spacecraft" // Space science and technology. - 2018.
5. Lomonosov, V.V., Kirsanov, V.A. "Methods and means of ensuring the safe descent of manned spacecraft" // Space science and technology. - 2014.
6. Golovin, V.I., Gusev, V.I. "Analysis and modeling of safe descent of manned spacecraft" // Cosmonautics and rocket science. - 2013.
7. Zaitsev, S.A., Lysak, S.V. "Technical means and systems for ensuring the safe descent of manned spacecraft" // Space science and technology. - 2016.
8. Ivanov, D.P., Mikhailov, V.A. "Analysis and improvement of the system of safe descent of manned spacecraft" // Cosmonautics and rocket science. - 2011.
9. Krylov, A.A., Makarov, V.P. "Ensuring the safe descent of manned spacecraft in emergency situations" // Space Science and Technology. - 2017.
10. Kuznetsov, D.A., Smirnov, N.A. "Engineering solutions for the safe descent of manned spacecraft" // Cosmonautics and rocket science. - 2019.
11. Markov, A.V., Rybalko, A.V. "Methods of optimizing the safe descent of manned spacecraft" // Space science and technology. - 2010.
12. Novikov, P.S., Sukhorukov, D.V. "Analysis and forecasting of safe descent of manned spacecraft" // Cosmonautics and rocket science. - 2015.
13. Orekhov, E.A., Timofeev, A.S. "Systems for ensuring the safe descent of manned spacecraft" // Space Science and technology. - 2013.
14. Popov, A.V., Fomin, A.V. "Technical means of safe descent of manned spacecraft" // Cosmonautics and rocket science. - 2012.

15. Sergeev, V.P., Shumilov, V.I. "Optimization of systems for safe descent of manned spacecraft" // Space science and technology. - 2014.

© Рудковская И. О., 2023 *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023*

Для цитирования: Рудковская И. О. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОГО СПУСКА ПИЛОТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023