

БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

SAFETY IN EMERGENCY SITUATIONS

УДК 629.78.072.8: 371.693

DOI 10.21685/2307-4205-2018-1-12

В. С. Теличкань, С. У. Увайсов, И. А. Иванов

ВЛИЯНИЕ УДАРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОСАДКИ САМОЛЕТОВ

V. S. Telichkan, S. U. Uvaysov, I. A. Ivanov

INFLUENCE OF SHOCK IMPACTS ON QUALITY INDICATORS OF OPTICAL AIRCRAFT LANDING SYSTEMS

Аннотация. *Актуальность и цели.* В работе рассмотрено воздействие ударных нагрузок на работу оптической системы при посадке самолета на металлический настил посадочной полосы. Рассматриваются конструктивные особенности изделия и степень воздействия на него внешних возмущающих факторов. Рассматривается влияние ударных импульсов на отклонение световых лучей оптической системы посадки. Оцениваются качественные показатели оптической системы посадки при воздействии на нее ударных импульсов от палубы корабля при заходе самолета на посадку. Разработана концепция нового изделия с улучшенными качественными показателями параметров оптической системы посадки. Проведены расчеты, которые подтверждают высокое качество предлагаемого изделия. *Материалы и методы.* Перспективным направлением в исследовании воздействия внешних возмущающих факторов на оптическую систему посадки является метод структурно-параметрического синтеза, используемый при разработке изделия. Данный метод позволяет получить оптимальные массогабаритные характеристики изделия и повысить его качественные показатели. Выявлены слабые места в конструкции оптической системы посадки и применены соответствующие решения с использованием разных материалов для улучшения технических показателей. *Результаты.* Предложенный метод позволил выявить предельные отклонения оптической системы посадки в разных частях конструкции и определить решения, которые помогут обеспе-

Abstract. *Background.* The impact of shock loads on the operation of the optical system when landing the aircraft on metal deck of the landing strip. Considered design features and the degree of impact on them. The influence of impact pulses on the deflection of the light rays of the optical landing system is considered. The qualitative characteristics of the optical system are estimated upon arrival to it. The concept of new products with improved quality parameters of the optical landing system parameters has been developed. The calculations are carried out, which confirm the high quality of the proposed product. *Materials and methods.* A method of structural-parametric synthesis, which is used in the development of identity. This method allows to obtain optimal weight and size characteristics and improve its quality indicators. You are in different places, depending on how effective the solutions are during the operation of the product. *Results.* The proposed method made it possible to reveal the limiting deviations of the optical system in different areas of the design and to determine the solutions that will help the system operate within the permissible limits of deviations. The adequacy of the method used is confirmed by experimental data. *Conclusions.* The impact pulse has a significant effect on the operation of the optical landing system, depending on the quality of the external deterioration of quality. It is necessary to consider this feature when developing the system.

чить работу системы в допустимых пределах отклонений. Адекватность используемого метода подтверждается экспериментальными данными. *Выводы.* Ударный импульс оказывает существенное влияние на работу оптической системы посадки, поскольку воздействие данного внешнего фактора ухудшает качественные показатели изделия. Необходимо учитывать эту особенность при разработке системы.

Ключевые слова: качество оптических систем, ударный импульс, оптическая система посадки, уменьшение отклонения световых лучей.

Key words: quality of optical systems, impact pulse, optical landing system, reduction of light rays deflection.

При совершении полета пилот взаимодействует с различными системами самолета и система, находящимися на посадочной полосе. В случае проведения посадки на обычную посадочную полосу аэродрома пилот ориентируется на бортовые приборы, которые получают от курсоглиссадной системы и показывают отклонения самолета от угла глиссады. Однако при заходе на палубу корабля (рис. 1) или посадочную полосу, которая значительно короче обычной полосы, пилот ориентируется на оптическую систему посадки (ОСП) [1].

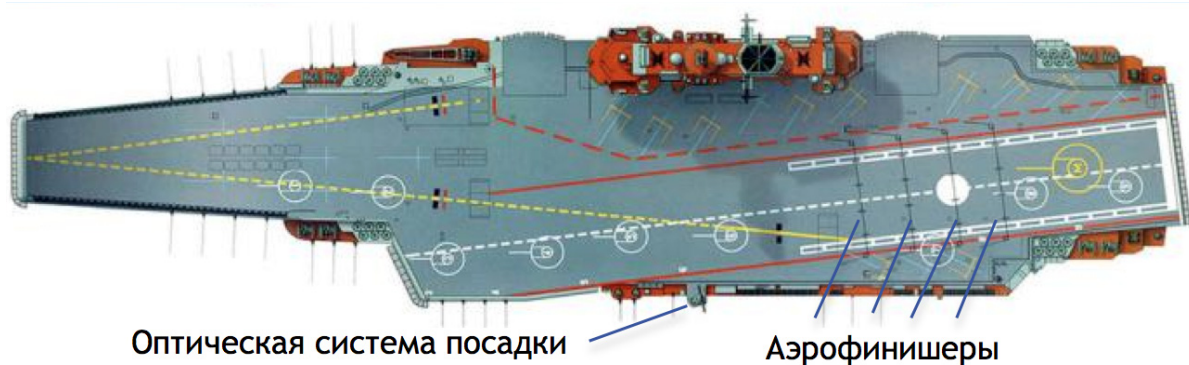


Рис. 1. Расположение ОСП на палубе

При заходе на посадку пилот ориентируется на положение луча ОСП зеленого цвета, который показывает угол глиссады (рис. 2) [2]. Если самолет находится выше от угла глиссады, то пилот увидит желтые сигнальные огни, если ниже угла глиссады, то пилот будет наблюдать красные огни.



Рис. 2. Оптическая система посадки

Если все маневры были выполнены правильно, то самолет цепляется гаком за второй трос аэрофинишера (на рис. 1 обозначен белым кружком). Такой способ торможения замедляет движение

летательного аппарата до его полной остановки. Самолет также может зацепиться гаком за первый, третий или четвертый трос аэрофинишеров, если пилот незначительно отклонился от угла глиссады.

Данная система посадки может также использоваться на других посадочных полосах, длина которых имеет определенные ограничения. Например, в горной местности проблематично организовать посадочную полосу стандартных размеров. В этом случае будет актуально применение ОСП.

Во время эксплуатации ОСП подвергается воздействию внешних возмущающих факторов, таких как ветровая нагрузка, температурные воздействия, удары и др. Эти факторы значительно влияют на качество работы ОСП. Любое отклонение, которое выходит за рамки допустимого, может привести к катастрофе при заходе самолета на посадку.

Одним из наиболее ощутимых воздействий оказывает на конструкцию ударный импульс, который возникает при контакте шасси самолета с металлическим настилом посадочной полосы. Через стальной настил импульс передается на конструкцию ОСП, что вызывает колебания оптических блоков и становится одной из причин отклонения световых лучей от заданных значений.

Отклонения световых лучей ОСП не должны превышать одной угловой минуты. Для обеспечения качественных показателей изделия необходимо оценить степень воздействия ударных импульсов на конструкцию. Далее необходимо применить конструктивные решения, которые обеспечат заданный диапазон отклонения лучей ОСП во время его эксплуатации (рис. 3).

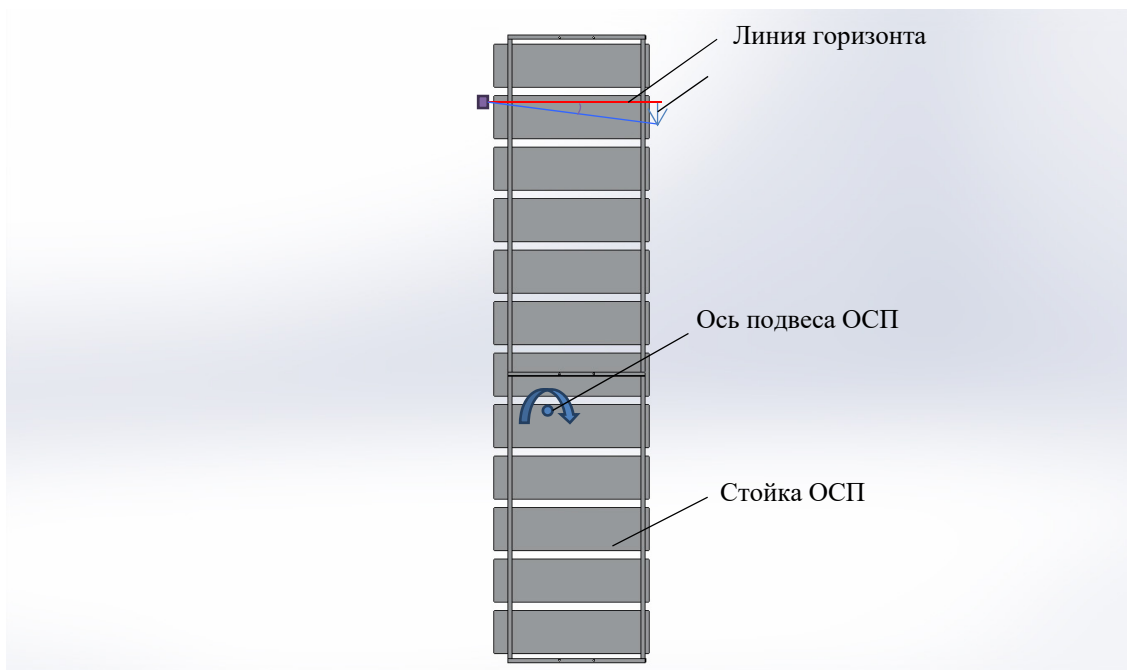


Рис. 3. Смещение светового луча в результате деформации конструкции

ОСП закрепляется с левой и правой стороны на кронштейне в центральной части конструкции, формируя тем самым ось подвеса изделия. Таким образом обеспечивается равновесное положение конструкции. Верхняя линия красного цвета (рис. 3) показывает линию горизонта, относительно которой будет оцениваться отклонение лучей ОСП. Буква Н показывает величину смещения точки конструкции, которая находится на линии горизонта, при воздействии на конструкцию ударного импульса.

Угол отклонения светового луча (синяя линия на рис. 3) определяем по формуле

$$\alpha = \arctg \frac{H}{L} \text{ и, соответственно, } \alpha' = \alpha \cdot 60. \quad (1)$$

Для обеспечения качественных показателей по надежности, массогабаритным характеристикам и энергопотреблению предложена концепция новой ОСП, обладающей рядом технических преимуществ по сравнению с существующей системой [3]. Для большей информативности и повышения точности проведения посадки количество оптических блоков было увеличено с 5 до 12 штук [4].

Были разработаны новые более качественные оптические блоки со светодиодами и системой охлаждения, которые позволили увеличить дальность обнаружения системы в 3 раза [5]. Разработана новая система позиционирования, точность которой увеличилась в 5 раз по сравнению с существующей [6].

Предельно допустимая масса самолета при посадке составляет 22,3 тонны. Поскольку минимальная скорость, при которой самолет может сесть на палубу под предельно допустимым углом 4°, составляет 240 км/ч, вертикальная скорость снижения может достигать до 7 м/с.

Необходимо определить характер воздействия удара шасси о палубу корабля, чтобы в дальнейшем исследовать его влияние на конструкцию ОСП. В момент зацепа гаком за трос аэрофинишера происходит контакт шасси самолета с палубой, на которую передается ударный импульс за короткий промежуток времени. Импульс достигает своего пика при крайнем положении демпфера шасси [7]. В этот момент вертикальная скорость самолета равна нулю. Ударный импульс сопровождается затухающими колебаниями (рис. 4).

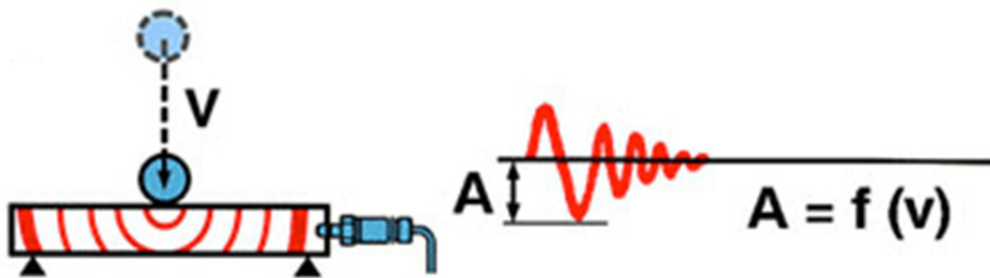


Рис. 4. Ударный импульс

Далее определяем величину импульса.

$$p = mi, \tag{2}$$

где m – масса самолета; i – скорость снижения.

Импульс ударного воздействия составляет 18,2 кН · с.

Допустимая перегрузка самолета при совершении посадки не должна превышать 5g. Поскольку удар смягчается демпферами шасси, то воздействие импульса на палубу корабля будет длиться определенное время.

$$t = \frac{V}{a}, \tag{3}$$

где t – время длительности ударного импульса; V – вертикальная скорость самолета; a – предельная перегрузка самолета в момент посадки.

Время длительности импульса составляет 0,07 с.

Учитывая полученные ранее данные, определяем предельно допустимую силу, с которой шасси воздействует на стальной настил корабля:

$$F = \frac{P}{t} \tag{4}$$

Значение силы удара составляет 260 кН.

Моделируем конструкцию ОСП и небольшой участок палубы (рис. 5).

Далее проводится анализ воздействия ударного импульса на конструкцию ОСП методом конечных элементов [8].

После того как были определены предельные отклонения световых лучей под воздействием удара, проводится сравнительный анализ этих отклонений с допустимыми значениями.

Проводится анализ воздействия ударного импульса на конструкцию ОСП методом конечных элементов. После того как были определены предельные отклонения световых лучей под воздействием удара, проводится сравнительный анализ этих отклонений с допустимыми значениями.

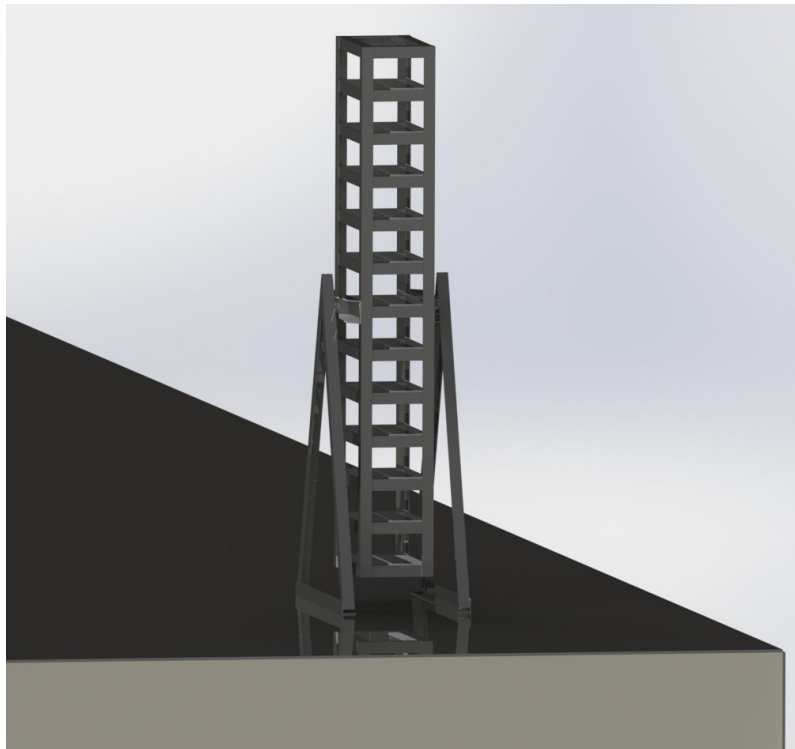


Рис. 5. Модель конструкции ОСП на палубе корабля

Исследование предложенного варианта конструкции ОСП на воздействие ударного импульса показало предельное отклонение крайних лучей на 0,274 мм, что соответствует углу 1,8' (рис. 6). Данное значение превышает допустимое отклонение, которое должно быть не более 1'.

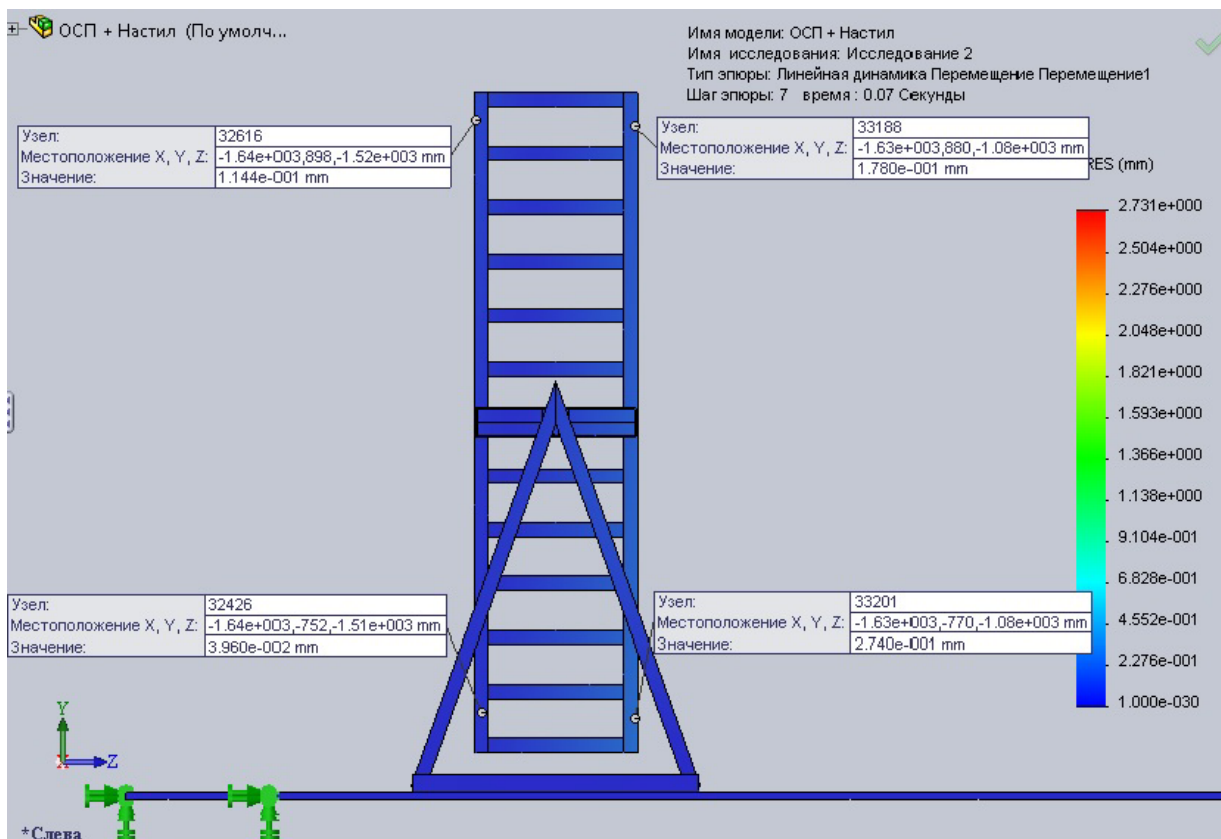


Рис. 6. Исследование воздействия удара на конструкцию ОСП

Для компенсации ударного импульса и повышения качества изделия были усилены участки конструкции ОСП, которые подвержены наибольшему воздействию таких импульсов [9].

После проведения повторных исследований и внесения дополнительных конструктивных изменений был получен вариант ОСП, качественные показатели которого соответствуют требованиям по отклонению световых лучей. В разработанном варианте конструкции предельные отклонения оптических блоков не превышают 0,83'.

В конструкцию были внесены следующие изменения: усилены кронштейны стойки и повышена жесткость стойки путем внесения дополнительных ребер жесткости. Также использовалась комбинация конструкционных материалов для уменьшения последствий от ударного импульса (рис. 7) [10].

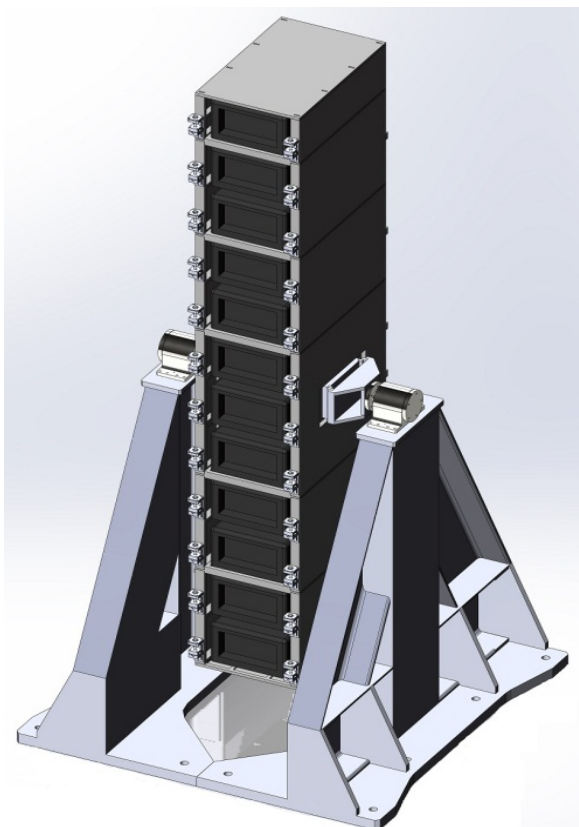


Рис. 7. Устойчивая к ударным воздействиям конструкция ОСП

Исследования помогли выявить отклонения оптических блоков ОСП, которые не соответствовали допустимым значениям, и повысить качество изделия в целом. Проведя ряд конструктивных доработок и повторные исследования, удалось получить положительные результаты по допустимому отклонению световых лучей. Таким образом, разработана концепция ОСП, которая способна выдерживать воздействия ударных импульсов во время эксплуатации. Удалось повысить качественные показатели изделия по сравнению с существующим вариантом ОСП [11, 12].

Библиографический список

1. Авианосец – Адмирал Кузнецов. – URL: dokwar.ru/publ/vooruzhenie/aviacija_i_flot/avianosec_admiral_kuznecov/15-1-0-107
2. Оптическая система посадки. – URL: bastion-opk.ru/luna-3/
3. Иванов, О. А. Обеспечение устойчивости оптической системы посадки к воздействию акустического шума / О. А. Иванов, С. М. Лышов, В. С. Теличкань, С. У. Увайсов // Качество. Инновации. Образование : научно-практический журнал. – 2016. – № 4. – С. 49–55.
4. Теличкань, В. С. Метод структурно-параметрического синтеза конструкции оптической системы посадки при воздействии акустического шума / В. С. Теличкань, С. У. Увайсов // Информационные и коммуникационные технологии в образовании, науке и производстве : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. – Протвино, 2016. – С. 285–288.

5. Семененко, А. Н. Оптимизация параметров радиаторов для оптической системы посадки самолета на палубу корабля / А. Н. Семененко, В. С. Теличкань, С. У. Увайсов, И. А. Иванов // Качество. Инновации. Образование : научно-практический журнал. – 2016. – № 6. – С. 37–45.
6. Теличкань, В. С. Оценка отклонения светового луча оптической системы посадки самолета под воздействием ветрового потока / В. С. Теличкань, С. У. Увайсов // Информационные и коммуникационные технологии в образовании, науке и производстве : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. – Протвино, 2016. – С. 397–400.
7. A Simulation Model of a Helicopter Landing on a Ship. 2005. – URL: ijsst.info/Vol-17/No-25/paper5.pdf (date of use: 05.11.2015).
8. *Bathe, K. J. Finite element procedures* / K. J. Bathe. – Prentice Hall, 2016. – С. 768–837.
9. Иванов, О. А. Анализ влияния ударных воздействий при автоматизации проектирования оптических систем посадки самолетов / О. А. Иванов, М. В. Покровская, В. С. Теличкань, С. У. Увайсов // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 3. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2017/4329.
10. О некоторых проблемах надежно-ориентированного проектирования бортовых РЭС / С. И. Фролов, Н. В. Горячев, Г. В. Таньков, И. И. Кочегаров, Н. К. Юрков // Надежность и качество сложных систем. – 2017. – № 2 (18). – С. 3–8.
11. Годунов, А. И. Синтез автоматизированной системы оценивания качества пилотирования на авиационном тренажере / А. И. Годунов, Ю. Г. Квятковский, Н. К. Юрков // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2012. – № 1 (21). – С. 58–64.
12. Кемалов, Б. К. К проблеме структурного синтеза моделирующей среды авиационного тренажера / Б. К. Кемалов, Б. Ж. Куатов, Н. К. Юрков // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2015. – Т. 1. – С. 103–106.

Теличкань Виталий Сергеевич

аспирант,
Сургутский государственный университет
(628412, Россия, г. Сургут, проспект Ленина, 1)
E-mail: katulev@mail.ru

Увайсов Сайгид Увайсович

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой радиоэлектроники
и телекоммуникаций,
Московский институт электроники и математики
Национального исследовательского университета
«Высшая школа экономики»
(123458, Россия, г. Москва, ул. Таллинская, 34)
E-mail: uvaysov@yandex.ru

Иванов Илья Александрович

кандидат технических наук,
старший преподаватель,
Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»
(101000, Россия, г. Москва, ул. Мясницкая, 20)
E-mail: i.ivanov@hse.ru

Telichkan' Vitalij Sergeevich

postgraduate student,
Surgut State University
(628412, 1 Lenin avenue, Surgut, Russia)

Uvaysov Saygid Uvaysovich

doctor of technical sciences, professor,
head of sub-department of radioelectronics
and telecommunications,
Moscow State Institute of Electronics
and Mathematics
of National Research University
«High School of Economics»
(123458, 34 Tallinskaya street, Moscow, Russia)

Ivanov Il'ya Aleksandrovich

candidate of technical sciences, senior lecturer,
National Research University
«High School of Economics»
(101000, 20 Myasnitskaya street, Moscow, Russia)

УДК 629.78.072.8:371.693

Теличкань, В. С.

Влияние ударных воздействий на показатели качества оптических систем посадки самолетов / В. С. Теличкань, С. У. Увайсов, И. А. Иванов // Надежность и качество сложных систем. – 2018. – № 1 (21). – С. 93–99. DOI 10.21685/2307-4205-2018-1-12.