

УДК 316.422.44

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

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

МИРЭА - Российский технологический университет, Москва, e-mail: telichkan@gmail.com

В работе рассмотрен метод, позволяющий повысить качество проектирования оптической системы посадки путем исследования воздействия на нее внешних возмущающих факторов и принятия проектных решений для устранения отклонений, которые превышают допустимые значения. Проведен анализ типов возмущающих факторов и особенностей их воздействия на оптическую систему. Проведен анализ существующей практики выполнения проектных работ. На основе полученных данных был разработан метод, применение которого позволит существенно повысить качество проектирования изделия и значительно уменьшить время на его разработку. Предлагаемый метод разработан в соответствии с существующими стандартами проведения научно-исследовательских и опытно-конструктор работ, а также с применением современных способов исследования воздействий внешних факторов на изделие. При разработке оптической системы была осуществлена апробация предложенного метода. Применение метода позволило выявить уязвимые места конструкции и усилить их путем принятия проектных решений. Конструкция изделия, которая была получена с использованием метода повышения качества проектирования конструкции, благополучно прошла все испытания. Во время проведения испытаний отклонения световых лучей находились в пределах допустимых значений.

Ключевые слова: метод повышения качества проектирования, оптическая система, повышение качества изделия.

The method of improving the design quality of optical system designs

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

MIREA – Russian Technological University, Moscow, e-mail: telichkan@gmail.com

The paper considers a method that allows to improve the design quality of the optical landing system by examining the influence of external perturbing factors on it and taking design solutions for eliminating deviations that exceed the permissible values. The analysis of types of perturbing factors and peculiarities of their influence on the optical system is carried out. The analysis of the existing practice of design works is carried out. On the basis of the data obtained, a method has been developed, the application of which will significantly improve the quality of product design and significantly reduce the time for its development. The proposed method is developed in accordance with the existing standards of research and development, as well as with the use of modern methods to study the effects of external factors on the product. The method was tested in the development of the optical system. Thanks to the technique, it was possible to identify weak sections of the structure under the influence of simulated disturbing factors and to strengthen the weak spots by making design decisions. The design of the product, which was obtained using the method of improving the quality of design, safely passed all the tests. During the tests, the deviations of the light rays were within the permissible values.

Keywords: method of improving design quality, optical system, improving the quality of products.

При выполнении опытно-конструкторских работ (ОКР) инженер руководствуется существующей методикой проектирования, а также разработанной нормативной документацией. Процесс проектирования изделия и выполнение ОКР насчитывает пять основных этапов, находящихся в определенной последовательности (рисунок 1):

- на первом этапе разрабатывается техническое задание (ТЗ);
- на втором этапе проводится разработка эскизного проекта;
- на третьем этапе разрабатывается технический проект;

- на четвертом этапе проводится проработка рабочей конструкторской документации (КД), технологической документация (ТД) и технических условий проекта (ТУ). Также изготавливаются опытные образцы и проводятся предварительные испытания. Этот этап является одним из наиболее трудоемких при выполнении ОКР.

- на пятом этапе проводится приемка ОКР с участием представителей заказчика.



Рисунок 1 – Этапы выполнения ОКР

От сложности и характера выполнения ОКР зависит степень предварительной проработки проекта. Возможно разделение или объединение этапов выполнения работ [1]. Содержание каждого этапа уточняется у заказчика.

Существует вариант, исключающий этап разработки эскизного проекта, если выполнению ОКР предшествовала научно-исследовательская работа (НИР) или проводилась модернизация изделия.

Описанный процесс проведения ОКР является достаточно сложным, а его выполнение зависит от трудоемкости разрабатываемого изделия. При разработке наукоемких изделий процесс их создания может занимать больше двух лет. На каждый этап отводится строго ограниченное время. По этой причине инженер-конструктор в исходном варианте прототипа изделия закладывает в конструкцию избыточный запас прочности для того, чтобы избежать корректировок на следующих этапах выполнения ОКР.

В результате изделие становится громоздким и имеет избыточную массу. Но даже такой подход не исключает ситуации, когда на испытаниях обнаруживаются слабые места конструкции, не позволяющие эксплуатировать изделие в заданных условиях.

Современные способы компьютерного моделирования условий эксплуатации позволяют на ранних стадиях проектирования выявить слабые места конструкции изделия и оптимизировать ее массогабаритные характеристики [2].

Метод повышения качества проектирования конструкции оптической системы учитывает особенности выполнения ОКР и включает в себя современные способы исследования внешних возмущающих факторов. Метод основан на системе принятия проектных решений на каждом этапе разработки конструкции изделия.

Предложенный метод позволит на ранних стадиях проектирования выявить внешние возмущающие воздействия на конструкцию и путем принятия проектных решений создать изделие, которое будет отвечать всем условиям эксплуатации.

При выполнении первого этапа ОКР формируется упрощенный вариант конструкции, который основан на элементах стержневого типа. После этого разрабатывается математическая модель изделия. Далее полученная модель конструкции исследуется на воздействие следующих возмущающих факторов:

- термическое воздействие;
- акустический шум;
- ветровая нагрузка;
- вибрация от удара шасси самолета о палубу корабля;
- вибрация от удара волн о борт корабля.

После проведенного комплекса исследований для нескольких вариантов конструкций осуществляется обоснованный выбор наиболее предпочтительного варианта, который удовлетворяет предъявляемым к нему требованиям.

Оптическая система показывает угол глиссады, на который ориентируется пилот самолета при заходе на посадку. Она располагается слева от посадочной полосы и используется в случаях, когда имеются значительные ограничения по длине настила и пилот вынужден находится в постоянном визуальном контакте с полосой. В этом случае оптическая система помогает пилоту определить, под каким углом заходит самолет, не отвлекая его внимание от посадочной полосы.

Одним из основных требований, которое предъявляется к оптической системе, является расположение световых блоков относительно угла горизонта. Во время эксплуатации отклонение угла наклона каждого светового луча не должно превышать одной угловой минуты (рисунок 2).

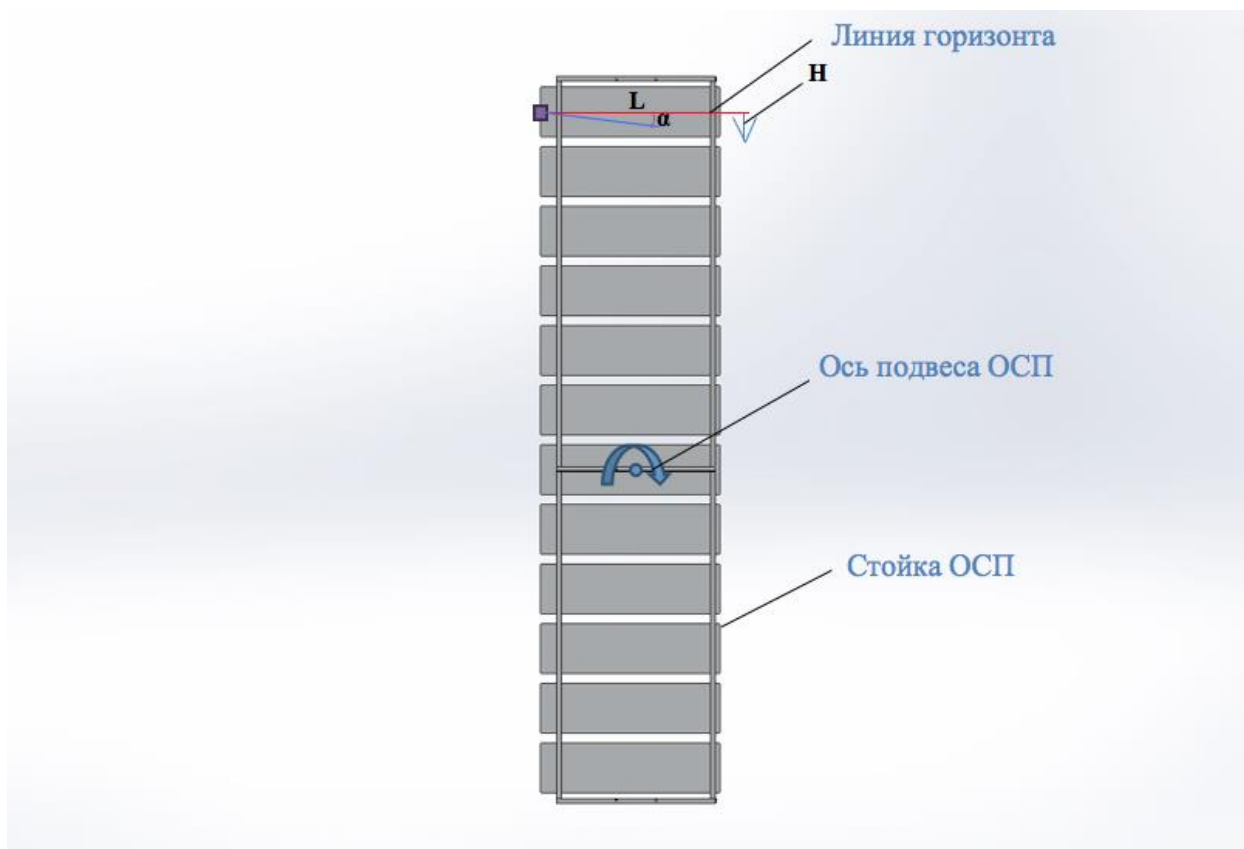


Рисунок 2 – Оптическая система

В центре оптической системы находится ось вращения, относительно которой происходит стабилизация всей системы. При воздействии на конструкцию внешних возмущающих факторов световой луч L может отклониться на угол α . При этом происходит смещение положения светового блока на величину H .

При определении устойчивости изделия к внешним возмущающим факторам для каждого оптического модуля назначаются две точки, которые привязаны к конструктивным элементам оптической системы посадки (ОСП) таким образом, чтобы линия, проведенная через эти точки, соответствовала направлению светового луча (красная линия на рисунке 3).

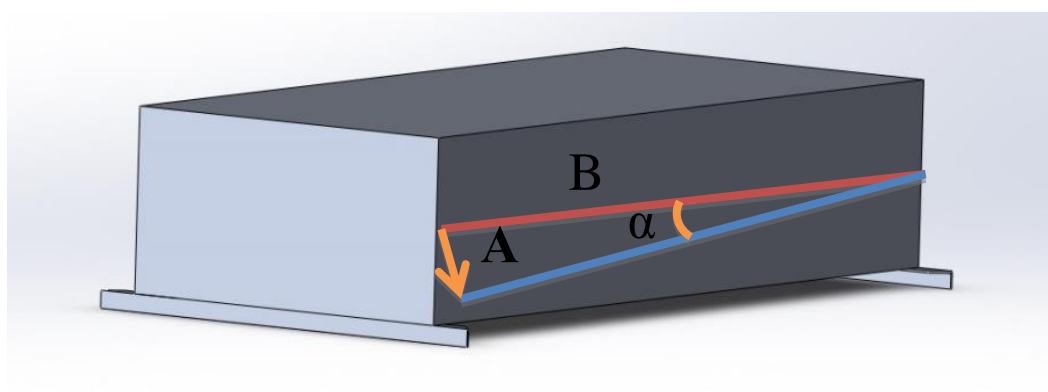


Рисунок 3 – Смещение светового луча в результате деформации конструкции

При воздействии на конструкцию ОСП внешних возмущающих факторов будет наблюдаться смещение точки A . Угол наклона светового луча будет меняться в зависимости

от силы воздействия таких факторов. Для определения угла отклонения светового луча (синяя линия на рисунке 3) используются следующие формулы:

$$\alpha = \arctg \frac{A}{B} \quad (1)$$

$$\alpha' = \alpha * 60 \quad (2)$$

Одним из требований, которое необходимо учитывать при проектировании ОСП, является высокая надежность каждой единицы изделия и работа всей системы в целом. Конструкция должна обеспечивать необходимую жесткость при минимальной массе, поскольку увеличение массы изделия повышает его инерционность во время работы. Для оперативной стабилизации системы во время качки необходимо использование приводных систем высокой точности позиционирования. Увеличение массы ОСП создает дополнительную нагрузку на ее приводах во время работы, тем самым, увеличивая расход энергии.

Уменьшение массы изделия позволит уменьшить расход энергии и повысить точность позиционирования.

На основе системного анализа существующих оптических систем и анализа процесса проведения ОКР был разработан метод повышения качества проектирования конструкции оптической системы (рисунок 4).

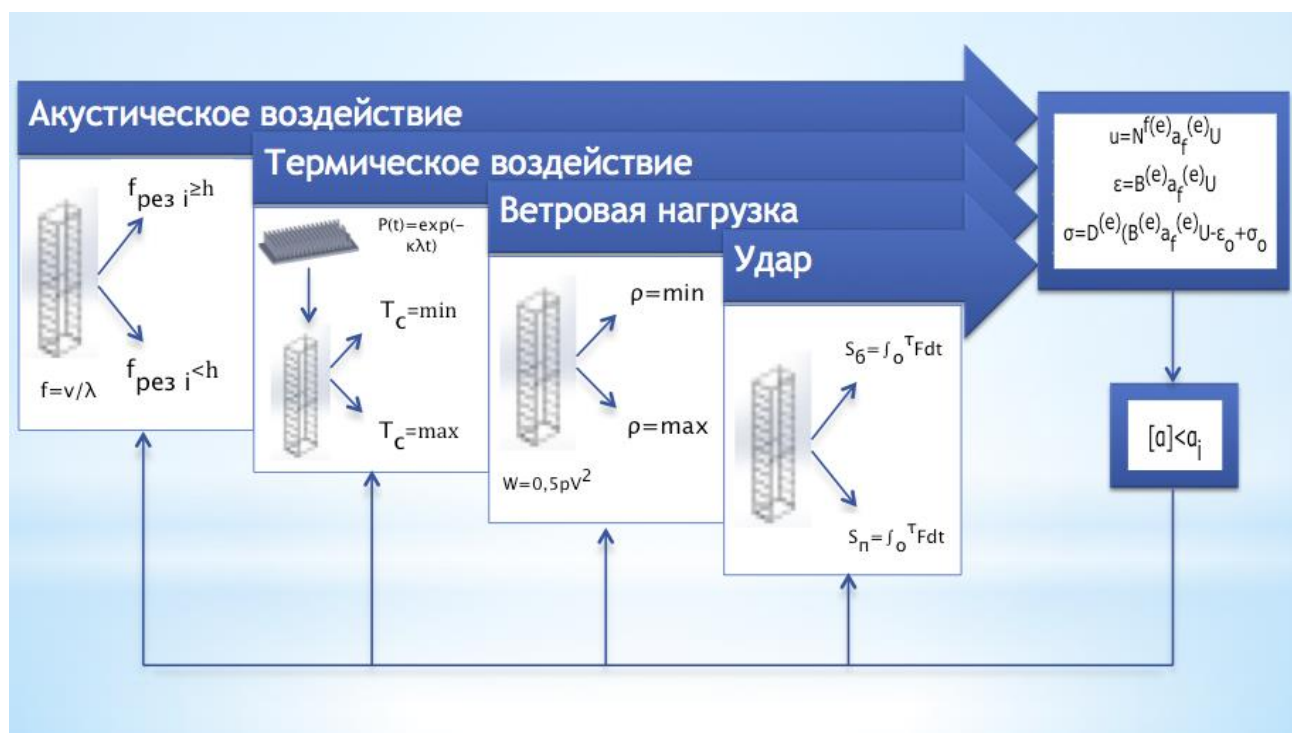


Рисунок 4 – Метод повышения качества проектирования конструкции оптической системы

Метод позволяет последовательно исследовать воздействие внешних факторов на конструкцию, вводить конструктивные изменения в случае необходимости и анализировать

отклонение световых лучей на каждом этапе компьютерного моделирования внешнего воздействия.

На первом этапе проводится исследование воздействия акустического шума в соответствии с условиями эксплуатации изделия. Далее анализируются предельные отклонения световых лучей от допустимых значений. Если отклонения находятся в зоне допуска, то проводится исследование воздействия на конструкцию температуры окружающей среды и воздействие тепла от системы охлаждения.

Воздействие акустического шума на конструкцию оценивается следующим образом:

$$P = P_0 \cdot 10^{\frac{L}{20}} \quad (3)$$

где P – звуковое давление, Па;

$P_0=2 \cdot 10^{-5}$ Па, звуковое давление (порог слышимости);

L – акустический шум, дБ.

В соответствии с исходными данными отклонения ОСП во время эксплуатации не должны превышать допустимых значений при воздействии на конструкцию акустического шума. При проведении исследований акустического воздействия на изделие параметры акустического шума необходимо перевести в звуковое давление.

В зависимости от диапазона частот звукового давления конструкция будет испытывать различные виды внешнего возмущения. При низких частотах звуковые волны будут огибать конструкцию и воздействовать на нее со всех сторон. При более высоких частотах на конструкцию оказывается воздействие со стороны возмущения. Частота звукового шума определяется следующим образом:

$$f = \frac{v}{\lambda} \quad (4)$$

где f – частота звукового шума;

v – скорость звука;

λ – длина звуковой волны.

Огибание конструкции и ее «сжатие» происходит в том случае, если длина волны больше находящегося перед ней препятствия или равна ему. Воздействие на конструкцию будет оказываться только с одной стороны, если длина звуковой волны по размерам меньше препятствия.

Далее конструкция исследуется на два типа акустического воздействия: сжатие и изгиб. Вводятся исходные данные акустического воздействия, определяются точки крепления конструкции и указываются поверхности, которые подвергаются влиянию возмущающего фактора. Условия для возникновения эффекта дифракции:

$$\lambda \geq h$$

где h – размер детали конструкции ОСП, на которую воздействует звуковая волна [3].

Методом конечных элементов исследуется влияние акустического шума на конструкцию ОСП. На модели изделия формируется сетка из конечных элементов, указывается тип и значение внешнего воздействия и проводится исследование того, как внешний возмущающий фактор влияет на деформацию каждого элемента [4]. Далее проводятся измерения отклонений от исходного состояния наиболее ответственных участков конструкции ОСП [5].

Проводится анализ результатов исследований. Оцениваются деформации и перемещения разных узлов конструкции для дальнейшего определения отклонений световых лучей от допустимых значений. Для каждого светового блока проводится измерение отклонения луча и сравнивается с допустимой погрешностью.

$$[\alpha] < \alpha_i$$

где $[\alpha]$ – допустимый угол отклонений светового луча;

α_i – полученный угол отклонений для i -го фонаря.

Если деформация конструктивных элементов не привела к отклонениям световых лучей за зоны допуска, то данная модель изделия устойчива к рассматриваемому виду воздействия. Если же отклонения лучей превышают допустимые значения, то проводится доработка конструкции ОСП: усиливается каркас изделия, вводятся дополнительные ребра жесткости и применяются дополнительные материалы в конструкции изделия. При отсутствии положительных результатов после внесения изменений пересматривается концепция конструкции ОСП, учитываются ее слабые места и проводятся дополнительные расчеты нового варианта изделия.

Далее проводится компьютерное моделирование влияния на оптическую систему термических воздействий и анализируется отклонение оптических блоков [6].

Аналогичным образом проводятся исследования воздействия на конструкцию ветровых нагрузок и ударных импульсов при взаимодействии шасси самолета с посадочной полосой. Затем анализируются отклонения световых лучей оптической системы и при необходимости вносятся соответствующие коррективы [7].

Таким образом, последовательно исследуются все виды возмущающих факторов, которые могут повлиять на качество выполняемых задач оптической системы.

Данная методика была апробирована при разработке оптической системы. Благодаря методике удалось выявить слабые участки конструкции под воздействием смоделированных возмущающих факторов и усилить слабые места путем принятия проектных решений.

Конструкция изделия, которая была получена с использованием метода повышения качества проектирования конструкции, благополучно прошла все испытания. Во время

проведения испытаний отклонения световых лучей находились в пределах допустимых значений.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 15.201-2000 Система разработки и постановки продукции на производство. Издания. Продукция производственно-технического назначения, порядок разработки и постановки продукции на производство. [Текст] – М.: Стандартинформ, 2000.
2. Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении [Текст] / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов – М.:ФОРУМ, 2011.
3. Теличкань В. С. Обеспечение устойчивости оптической системы посадки к воздействию акустического шума / О. А. Иванов, С. М. Лышов, В. С. Теличкань, С. У. Увайсов // научно-практический журнал «Качество. Инновации. Образование» №4, Москва, 2016. С. 49-55.
4. A Simulation Model of a Helicopter Landing on a Ship. 2005. URL: ijssst.info/Vol-17/No-25/paper5.pdf (date of use: 05.11.2015).
5. Bathe K.J., Finite element procedures. Prentice Hall, 2nd edition, 2016. С. 768-837.
6. Теличкань В. С. Оптимизация параметров радиаторов для оптической системы посадки самолета на палубу корабля / А. Н. Семененко, В. С. Теличкань, С. У. Увайсов, И. А. Иванов // научно-практический журнал «Качество. Инновации. Образование» №6, Москва, 2016. С. 37-45.
7. Марков, Л. Н. Анализ и процедуры принятия решений [Текст] / Л. Н. Марков – Мн.: Институт управления и предпринимательства, 2001. – 168 с.

Bibliography:

1. GOST R 15.201-2000 System for the development and production of products for production. Editions. Production of production and technical purposes, the order of development and production of products for production. [Text] - Moscow: Standartinform, 2000.
2. Berliner, EMC CAD in mechanical engineering [Text] / EM Berliner, OV Taratynov - M.: FORUM, 2011.
3. Telichkan VS Ensuring the stability of the optical landing system to the effect of acoustic noise / OA Ivanov, SM Lyshov, VS Telichkan, S. U. Uvaysov // scientific and practical journal "Quality. Innovation. Education »№ 4, Moscow, 2016. S. 49-55.
4. A Simulation Model of a Helicopter Landing on a Ship. 2005. URL: ijssst.info/Vol-17/No-25/paper5.pdf (date of use: 05.11.2015).

5. Bathe K.J., Finite element procedures. Prentice Hall, 2nd edition, 2016. C. 768-837.
6. Telichkan VS Optimization of radiator parameters for the aircraft's landing system on the ship's deck / AN Semenenko, VS Telichkan, S. U. Uvaysov, IA Ivanov // scientific-practical journal "Quality . Innovation. Education »№ 6, Moscow, 2016. P. 37-45.
7. Markov, LN Analysis and decision-making procedures [Text] / LN Markov - Mn .: Institute of Management and Entrepreneurship, 2001. - 168 p.