

Конструкция корпуса, в котором будут расположены все компоненты спутника, будет иметь форму куба. Габариты корпуса не превышают 400 мм (длина, ширина и высота). Солнечные батареи (СБ) имеют форму квадрата. Одна СБ будет находиться непосредственно на одной из граней корпуса МКА, остальные СБ будут расположены по краям одной из граней корпуса МКА. Датчик солнца устанавливается в центре грани, на которой будет установлена одна из СБ. Внешний вид МКА показан на рис. 3. Гравитационная штанга показана условно. Фактическая длина штанги составляет 5205 мм.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Раушенбах Б.В., Овчинников М.Ю. Лекции по динамике космического полета. – М.: МФТИ, 1997. – 188 с.
2. Попов В.И. Системы ориентации и стабилизации космических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1977. – С. 34–35.

#### **РАСЧЕТ ЖЕСТКОСТИ КОНСТРУКЦИИ АМОРТИЗАТОРА ДЛЯ ВЕНТИЛЯТОРОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Доржиева С.Б.<sup>1</sup>, Кухарев А.С.<sup>1</sup>

Научные руководители: Дмитриев В.С., профессор, д.т.н.; Костюченко Т.Г., доцент, к.т.н.

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: dsuranzan@mail.ru

#### **CALCULATION OF THE SHOCK CONSTRUCTION TOUGHNESS FOR THE SPECIAL PURPOSE VENTILATORS**

Dorzheeva S.B.<sup>1</sup>, Kucharev A.S.<sup>1</sup>

Scientific Supervisors: Prof., Dr. Dmitriev V.S.; Associate Prof., PhD, Kostyuchenko T.G.

<sup>1</sup>Tomsk Polytechnic University

Russia, Tomsk, Lenin ave., 30, 634050

E-mail: dsuranzan@mail.ru

*Настоящая статья посвящена проводимым исследованиям жесткости конструкции амортизатора, предназначенного для установки вентилятора специального назначения с целью снижения акустической нагрузки на окружающее пространство. По результатам проведенных исследований предложена методика расчета жесткости конструкции данного устройства.*

*This article is devoted to the conducted researches of the shock absorber construction toughness. The shock absorber is intended for the installation of the special purpose ventilators in order to reduce the acoustic load on the environment. According to the results of conducted research the method of calculating the toughness of the device construction is proposed.*

В настоящее время в специализированной технике применяются малошумные вентиляторы, которые должны обладать минимальной виброактивностью. Вибрации возникают из-за внешнего воздействия на механическую систему. Такое воздействие может быть вызвано ударной нагрузкой, несбалансированными быстро движущимися частями конструкций приборов, неправильной установкой и эксплуатацией оборудования, а также внешними силовыми воздействиями. Вибрации и внештатный 15-кратный удар при неблагоприятных стечениях обстоятельств могут вызывать значительные деформации и напряжения, что влечёт за собой быстрый износ конструкции и даже частичное или полное её разрушение. Для предотвращения этого вентиляторы устанавливают на амортизаторы, позволяющие снижать вибро- и ударные перегрузки.

Целью работы являлась разработка методики расчета жесткости конструкции амортизатора АРМОО-15 на основе его 3D-модели. Конструкция амортизатора (3D модель в собранном и разобранном виде) представлена на рис. 1.



Рис. 1. 3D-модель амортизатора АРМОО-15

3D-модели элементов конструкции амортизатора созданы в САD-системе T-Flex CAD. Это современная параметрическая САD-система, имеющая в своем составе модуль T-Flex Анализ для проведения конечно-элементного анализа конструкций.

Элементы конструкции амортизатора выполнены из различных материалов. Прокладки (поз. 1, 8) и кольцо (поз. 10) выполнены из фторопласта Ф-4ПН, втулки (поз 6, 9) – из амортизационной резины по ТУ 38005924-84. Характеристики резины приведены в табл. 1. Все остальные элементы конструкции амортизатора выполнены из стали 20Х13.

Таблица 1. Характеристики резины по ТУ 38005924-84

Плотность	Прочность на разрыв	Прочность на сжатие	Предел текучести	Модуль упругости	Коэффициент Пуассона	Модуль сдвига
кг/м <sup>3</sup>	Н/м <sup>2</sup>	Н/м <sup>2</sup>	Н/м <sup>2</sup>	Н/м <sup>2</sup>		Н/м <sup>2</sup>
964	$1,6 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^7$	$2,1 \cdot 10^6$	0,49	$2,9 \cdot 10^6$

На жесткость конструкции амортизатора в первую очередь влияют втулки (поз. 6) как основной амортизационный элемент. Поскольку в реальных условиях в зависимости от установки вентилятора специального назначения работает одна из втулок (верхняя или нижняя, поз. 6), то модель для анализа может быть упрощена. Элементы конструкции, опирающиеся на втулку, заменены «условной массой», на которую подается нагрузка. Конечно-элементная расчетная модель выглядит следующим образом (рис. 2).

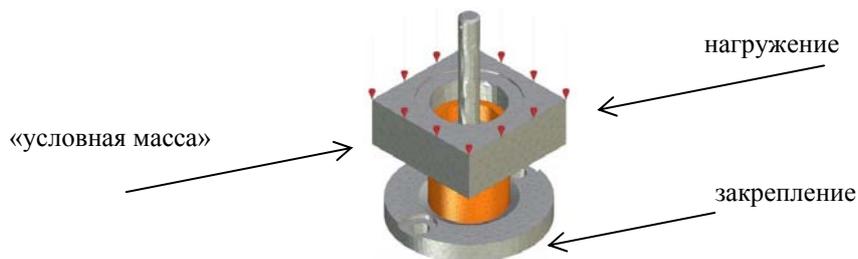


Рис. 2. Конечно-элементная расчетная модель

На рис. 3 представлены результаты статического анализа при нагрузке 1250 Н и закреплении по нижней грани основания (поз. 3) амортизатора. Нагрузка определяется требованием нормативной документации как 15-кратный вес.

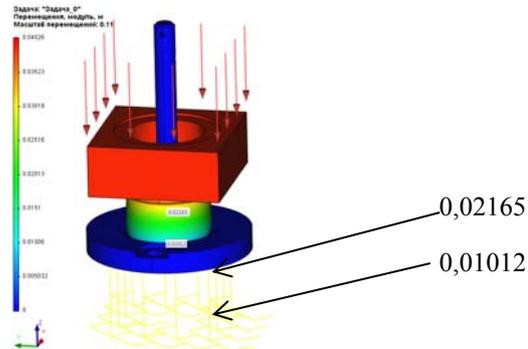


Рис. 3. Результат статического анализа амортизатора

Как видно из результата статического анализа, элементы конструкции основание (поз. 3) и «условная масса» не изменяют цвет. Втулка же (поз. 6) меняет цвет с желтого до голубого. Это говорит о разной деформации материала в разных слоях, т. е. о нелинейности характеристик материала втулки.

Величина деформации втулки, полученная в расчете, практически совпадает с величиной деформации, полученной при экспериментальном исследовании жесткости амортизатора. Среднее рассчитанное значение деформации составило 0,015885 м, а деформация, полученная экспериментальным путем при такой же нагрузке 1250 Н, лежит в диапазоне от 0,014 до 0,016 м для четырех разных амортизаторов, как можно увидеть на рис. 4.

Таким образом, предложенная методика расчета жесткости амортизатора на основе его 3D-модели с использованием модуля T-Flex Анализ адекватно отражает реальную картину, т. к. учитывает нелинейность характеристик материала и дает значения перемещений, с достаточной степенью точности приближенные к полученным экспериментальным путем, и поэтому может быть использована при проектировании подобных устройств.

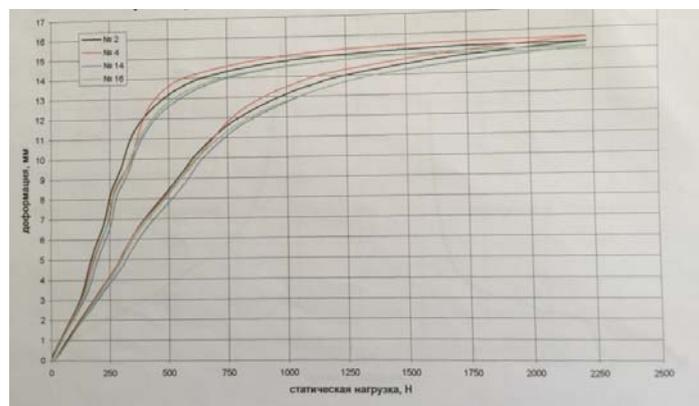


Рис. 4. График зависимости деформации от статической нагрузки, полученный экспериментальным путем

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Работнов Ю.Н. Сопротивление материалов. – М.: Физматгиз, 1962. – 456 с.
2. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. – М.: Наука, 1975. – 576 с.
3. Бате К. Численные методы анализа и метод конечных элементов / К. Бате, Е. Вилсон. – М.: Стройиздат, 1982. – 448 с.
4. Норри Д. Введение в метод конечных элементов / Д. Норри, Ж. де Фриз. – М.: Мир, 1981. – 304 с.
5. Митчелл Э. Метод конечных элементов для уравнений с частными производными / Э. Митчелл, Р. Уэйт. – М.: Изд-во «Мир», 1981. – 214 с.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОМ, ЛОГИЧЕСКОМ И ФИЗИЧЕСКОМ УРОВНЯХ**

Дубровский Е.Ю.<sup>1</sup>, Бутин А.М.<sup>1</sup>, Добышев Е.В.<sup>1</sup>

Научный руководитель: Сунцов С.Б., к.т.н.

<sup>1</sup>Акционерное общество «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнева»  
662972, Россия, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Ленина, 52  
E-mail: evgenij.dubrovskij@gmail.com

**CABLE NETWORK DESIGN OF SPACECRAFT WITH REQUIREMENTS TO FUNCTIONAL, LOGICAL AND PHYSICAL LEVELS**

Dubrovsky E.Y.<sup>1</sup>, Butin A.M.<sup>1</sup>, Dobyshev E.V.<sup>1</sup>

Scientific Supervisor: PhD, Suntsov S.B.

<sup>1</sup>JSC Academician M.F. Reshetnev Information satellite systems  
Russia, Krasnoyarsk region, Zheleznogorsk, Lenin str., 52, 662972  
E-mail: evgenij.dubrovskij@gmail.com

*В статье представлена проблематика современной технологии проектирования бортовой кабельной сети космического аппарата, представлена новая перспективная технология проектирования бортовой кабельной сети космического аппарата с учетом требований на функциональном, логическом и физическом уровнях проектирования. Приведено краткое описание перспективной технологии и требований, предъявляемых к информационной системе. Описаны уровни в новой технологии проектирования. Показано, что предлагаемый способ проектирования бортовой кабельной сети является более перспективным. Приведены ожидаемые результаты от успешного внедрения новой технологии проектирования бортовой кабельной сети.*

*Authors presents of problems modern technologies of design onboard cable network spacecraft, they presents new promising technology design onboard cable network spacecraft with the requirements to functional, logical and physical levels of design. Brief description of future technologies and requirements for the information system. Described what the levels of design in new design technologies and provides their description. It is shown that the proposed method for the design of onboard cable network is more promising. Also given the expected results from successful implementation of new design technologies.*

Разработка сложных технических изделий, таких как космический аппарат (КА) – задача весьма трудоемкая, требующая слаженной работы большого количества квалифицированных специалистов. Постоянное повышение требований, предъявляемых к КА (увеличение срока эксплуатации, уменьшение массы, увеличение напряжение электропитания), приводит к усложнению требований и к составным элементам КА, в том числе и бортовой кабельной сети (БКС). Требования являются отправной точкой процесса проектирования любого изделия, в том числе и БКС КА, и учет требований при разработке изделия является одной из важнейших задач, требующей серьезного контроля. На сегодняшний день в акционерном обществе «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнева» (АО «ИСС») активно проводятся работы по внедрению технологии учета требований для проектирования БКС на