

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт

Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ В.Е. Косенко
подпись инициалы, фамилия

«___» 2020 г .

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации

Студенту: Анциферову Анатолию Анатольевичу.

Группа: МТ18-04М

Направление (специальность) 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», (15.04.05.02 «Технология космических аппаратов»).

Тема выпускной квалификационной работы (ВКР): «Совершенствование конструкции амортизаторов контейнеров для транспортировки ядерных энергетических установок космических аппаратов»

Утверждена приказом по университету от 17.11.2018 № 17333/с.

Руководитель ВКР: Двирный Валерий Васильевич, д-р техн. наук, проф., профессор межинститутской базовой кафедры «Прикладная физика и космические технологии».

Перечень разделов ВКР:

- 1 Актуальные вопросы повышения виброзащитных свойств, синтез параметров и характеристик амортизаторов. Применение новых материалов.
- 2 Разработка конструкции модели амортизатора, выполненной с применением композиционных материалов
- 3 Методика оценки прочностных характеристик конечно – элементной модели полукольца амортизатора АСК – 190 из КМ КМУ – ЗЛ в сравнении с рессорно-пружинной сталью 60Г.

Перечень графического материала:

6 таблиц; 33 рисунка; презентация в виде 18 слайдов.

Руководитель ВКР

подпись

В. В. Двирный

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

А. А. Анциферов

инициалы и фамилия студента

15.10.2018

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация на тему: «Совершенствование конструкции амортизаторов контейнеров для транспортировки ядерных энергетических установок космических аппаратов» содержит 74 страниц текстового документа, 6 таблиц; 33 рисунка; 28 использованных источников.

Ключевые слова: КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ, ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА, КОНЕЧНО – ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ, АМОРТИЗАТОР, ДЕМПФЕР, МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК, СТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, КМУ – 3Л.

Целью данной работы является повышение надёжности конструкции амортизатора контейнера при транспортировке за счёт применения новых материалов.

Задачами для достижения данной цели является:

1 Анализ предметной области, существующих моделей контейнеров для транспортировки ЯЭУ отечественного и зарубежного производства.

2 Анализ конструктивных решений амортизаторов для обеспечения оптимальных режимов демпфирования (ФИПС).

3 Разработка 3D модели исследуемого объекта.

4 Проведение расчёта на воздействие механических нагрузок с помощью метода конечных элементов.

5 Анализ полученных результатов.

В первой главе была проанализирована литература и выполнен патентный поиск по разработкам и улучшениям амортизаторов с применением КМ и конструкций. Проанализированы основные материалы применяемые в изготовлении демпферов.

Во второй главе была спроектирована конструкция амортизатора с применением системы автоматизированного проектирования (САПР), программы SolidWorks 2020.

В третьей главе с помощью методики оценки прочностных характеристик программного комплекса конечно-элементного анализа (КЭА) SolidWorksSimulation, который содержит модуль подготовки конечно-элементной модели с учетом особенностей анизотропных свойств армированных композиционных материалов проанализированы физико-механические свойства в сравнении с аналогом из стали разработанного амортизатора.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	Error! Bookmark not defined.
1 Актуальные вопросы повышения виброзащитных свойств, синтез параметров и характеристик амортизаторов. Применение новых материалов	Error! Bookmark not defined.
1.1 Резонансная вибрация. Вибропоглощение	Error! Bookmark not defined.
1.2 Виброплогощающие материалы	Error! Bookmark not defined.
1.3 Композиционные материалы в роли демпферов	Error! Bookmark not defined.
1.4 Патентная база Федерального Институт Промышленной собственности	Error! Bookmark not defined.
1.5 Определение оптимальной характеристики системы амортизации	Error! Bookmark not defined.
2 Разработка конструкции модели амортизатора, выполненной с применением композиционных материалов	Error! Bookmark not defined.
2.1 Моделирование конструкции амортизатора ..	Error! Bookmark not defined.
3 Методика оценки прочностных характеристик конечно – элементной модели полукольца амортизатора АСК – 190 из КМ КМУ – 3Л в сравнении с рессорно-пружинной сталью 60Г	Error! Bookmark not defined.
3.1 Линейный статический анализ	Error! Bookmark not defined.
3.2 Расчёт на усталость, динамический анализ ...	Error! Bookmark not defined.
3.3 Частотный анализ	Error! Bookmark not defined.
3. 4 Моделирование ударного воздействия	Error! Bookmark not defined.
Заключение	8
Список сокращений	Error! Bookmark not defined.
Список использованных источников	10

[изъято с 1 по 3 главу, стр. 7 – 69, согласно приложению «Б» за подписью
научного руководителя]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 Разработанная модель амортизатора из композитного материала, позволяет с высокой точностью спрогнозировать ее упругую характеристику с учетом реологических свойств материала, особенностью модели является конструкция полукольца с переменной шириной.

2 Из анализа исследовательских работ, проводимых в этой области исследователями, можно выделить ряд преимуществ упругих элементов, выполненных с применением КМ, перед стальными:

- существенное снижение массы на 50...80 %;
- производство композитного упругого элемента существенно дешевле при массовом производстве;
- высокая коррозионная стойкость к воздействию атмосферных факторов;
- повышение долговечности в 3–5 раз за счет медленного разрушения упругого элемента из-за постепенного разрушения армирующих волокон (а не мгновенное разрушение, которое происходит с металлической рессорой) или при разрушении связующего армирующие волокна такой еще сохраняет свою работоспособность;
- композитный упругий элемент имеет большую прочность по отношению к его плотности.

К недостаткам упругих элементов, выполненных из КМ можно отнести следующее:

- высокая стоимость при штучном производстве;
- возможность выхода из строя из-за расслоения материала и из-за неправильной технологии изготовления;
- нестабильность механических свойств при изготовлении, из-за неоднородности материала, а также при использовании примитивных технологий изготовления.

3 Проанализирована методика оценки прочностных характеристик КЭМ амортизатора из композиционного материала с аналогом из стали в SolidWorksSimulation.

Данная методика требует дополнительных разработок в отношении многослойного композиционного материала.

4 Выявлены наилучшие результаты в анализе статической жёсткости из КМ:

1) при максимальных нагрузках статическая жёсткость увеличивается, т. е. материал достигает пика своей предельной текучести и укрепляется, в отличие от стали, где жёсткость снижается и может привести к разрушению материала;

2) в данной модели ЕМРФ настолько мал, что говорит нам о правильном выборе конструкции амортизатора, т. е. модели полукольца амортизатора смоделированный из 6 – и полуколец с малым весом и переменной шириной, которая в свою очередь распределяет всю воспринимаемую динамическую энергию возбуждения по всей поверхности;

3) в результате достаточно быстрого перераспределения энергии удара, колебания такой системы, с применением КМ КМУ – 3Л и с переменной шириной конструкции полуколец при любом соотношении масс являются быстро затухающими.

5 Амортизаторы, выполненные с применением композиционных материалов, обладают меньшей массой по сравнению со стальным аналогом, возможность получения сложных форм композитных амортизаторов за счет применения специальных оправок для реализации нелинейных нагрузочных характеристик.

6 Для дальнейшего проектирования и верификации теоретической части работы, предлагается провести апробацию изделия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Akatov, A. A., Korjakovskij Ju. S. V cosmos na – Atomnoj *tjage* [In the space on a nuclear-powered]. Moscow, Informatsionnyj tseñtratatomnoj otrasli Publ., 2012, 24 p.
- 2 Блехман, И. И. Вибрационная механика: учебное пособие / И.И. Блехман. - Москва: Физматлит, 1994. 400 с.
- 3 Блехман, И. И. Вибрация в технике: Справочник. В 6-ти т. – Т2. Колебания нелинейных механических систем / Под ред. И.И. Блехмана, 1979. – 351 с.
- 4 Двирный, В. В., Двирный Г. В., Козлов Д. О. и др. Возможность применения ядерных энергетических установок в космических аппаратах и проблемы транспортировки / В.В. Двирный, Г.В., Двирный, О.Д. Козлов : Интеллект и наука: Труды XIII Международной молодёжной научной конференции. – Железногорск: филиал СФУ, 2013. - С. 11–12.
- 5 Карасев, П. А. Ядерные энергетические установки в космосе. Атомная стратегия / П. А. Карасев, 2007. № 4. – С. 16–17.
- 6 Коротеев, А. С., Акимов В. Н., Гафаров А. А. Создание и перспективы применения космической ядерной энергетики в России. Полет / А.С. Коротеев, В.Н. Акимов, А.А. Гафаров, 2008. - №7. – С. 3–15.
- 7 Launius R. D. Reacting to nuclear power systems in space: American public protests over outer planetary probes since the 1980s. Acta Astronautica, March–April 2014. Vol. 96. - P. 188–200.
- 8 Лозовенко, С. Н. [и др.]. Способ изготовления тросового амортизатора. Патент России № 2499925, ФИПС, 2013. 10 с.
- 9 Левит, М.Е. Балансировка деталей и узлов / М.Е. Левит, В.М. Рыженков. – Москва: Машиностроение, 1986. – 248 с.
- 10 Патент РФ 2042984 С1 МПК G21D1/00 Тепловая радиационная защита космической ядерной энергетической установки. Заявка: №

5067111/23 от 15.09.1992 / А. С. Воробьёв, А. Я. Галкин, А. А. Дубинин и др.
Опубл. 27.08.1995.

11 Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Правила безопасности при транспортировании радиоактивных материалов» (НП-053-16)

12 Проблематика снижения негативного воздействия механических нагрузок на космический аппарат в течение его транспортирования / А. И. Антипьев и др. // Решетнёвские чтения: материалы XIII Междунар. Науч. Конф.; ун-т. Красноярск, 2009. – С. 293.

13 Романов, А. В. Теория комплексной оптимизации проектирования космических аппаратов с ядерными термоэмиссионными энергетическими установками / А.В. романов. – Санкт-Петербург: ООО «НПО «Профессионал», 2010. – 474 с.

14 Moracho Ramirez M. J. Nuclear installation safety: International Atomic Energy Agency (IAEA) training programmes, materials and resources. Appendix 3. Infrastructure and Methodologies for the Justification of Nuclear Power Programmes, 2012. – P. 919–933.

15 Schmidt G. SNAP overview. General background. February 7. 2011. 78 p. <http://anstd.ans.org/NETS2011/Schmidt.pdf>. (доступ 14.10.2018).

16 US Patent 5,438,597 Container for transportation and storage of spent nuclear fuel Appl. № 131,971 Oct. 8, 1993. Int. Cl. G21F 5/012. Robert A. Lehnert, Robert D. Quinn, Steven E. Sisley, Brandon D. Thomas. DateofPatentAugust 1, 1995.

17 Методика ИМЯН.62–316–04 МИ Амортизирующие конструкции. Испытания по определению вибрационной жёсткости на резонансной частоте. Выпуск № 42914.

18 Мышинский, Э. Л., Борьба с шумом и вибрацией в инженерной практике / Э.Л. Мышинский: ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова. – Санкт-Петербург, 2011.

19 Виноградов, В. А. Результаты исследования характеристик амортизаторов из композитных материалов / В. А. Виноградов. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 13 (147). — С. 31-37. — URL: <https://moluch.ru/archive/147/41306/> (дата обращения: 16.06.2020).

20 Гурова, Е. Г. Виброизолятор энергетической установки с одноосным нелинейным электромагнитным компенсатором жёсткости / Е. Г. Гурова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2009. — № 11 (11). — С. 26-29. — URL: <https://moluch.ru/archive/11/868/> (дата обращения: 16.06.2020).

21 Пат. 114739 Российская федерация, МПК7 F 16 F 7/00, G 21 F 5/00, B 65 D 81/02. Демпферное устройство контейнера для транспортировки и хранения отработавшего ядерного топлива / Васильев А.С., Романов А.В., Шегельман И.Р., Гуськов В.Д.; заявитель и патентообладатель Петрозаводский государственный университет. — № 2011140208/11; заявл. 03.10.2011; опубл. 10.04.2012. Бюл. № 10 – 9 с.: ил.

22 Пат. 115119 Российская федерация, МПК7 G 21 F 5/00. Устройство для хранения и транспортировки отработавшего ядерного топлива / Шегельман И.Р., Романов А.В., Гуськов В.Д., Васильев А.С.; заявитель и патентообладатель Петрозаводский государственный университет. — № 2011145824/07; заявл. 10.11.2011; опубл. 20.04.2012. Бюл. № 11 – 10 с.: ил.

23 Пат. 118788 Российская федерация, МПК7 G 21 F 5/00. Демпфер контейнера для транспортировки и хранения отработавшего ядерного топлива / Васильев А.С. Романов А.В., Шегельман И.Р., Гуськов В.Д.; заявитель и патентообладатель Петрозаводский государственный университет. — № 2011140207/12; заявл. 03.10.2011; опубл. 27.07.2012. Бюл. № 21 – 9 с.: ил.

24 Васильев А. С., Ершов А. В. Особенности патентного поиска в области создания транспортно- упаковочного комплекта для отработавшего ядерного топлива // Ученые записки Петрозаводского государственного

университета: Научный журнал. Вып. 6 (119). Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2011. С. 78-80.

25 Васильев А. С. Перспективные направления создания экологически безопасных транспортно-упаковочных комплектов для перевозки и хранения отработавшего ядерного топлива / А. С. Васильев, А. В. Романов, П. О. Щукин // Инженерный вестник Дона [Электронный журнал]. – 2012. – № 3. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/latest/n3y2012/904/>

26 Шегельман И. Р. Специфика комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства в рамках интеграции университета и машиностроительного предприятия / И. Р. Шегельман, П. О. Щукин, А. С. Васильев // Инженерный вестник Дона [Электронный журнал]. – 2012. – № 3. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/latest/n3y2012/905/28>

27 Патент США № 3586307. Composite spring assembly / Brownyer Nelson R. Оpubл. 22.07.1971.

28 Анциферов, А. А., Оптимизация системы демпфирования амортизатора контейнера для транспортировки ядерной энергетической установки космического аппарата / А.А. Анциферов, В.В. Двирный // Проблемы машиностроения и автоматизации [Электронный ресурс].— Москва: Национальная технологическая палата, 1982 .— 2019 .— №3 .— 73-75 с. — Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/642079>

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт

Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В.Е. Косенко

подпись

инициалы, фамилия

«В.Е.»

06

2020 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Совершенствование конструкции амортизаторов контейнеров для
транспортировки ядерных энергетических установок космических аппаратов»

тема

15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

код и наименование направления

15.04.05.02 «Технология космических аппаратов»

код и наименование магистерской программы

Научный
руководитель

профессор МБК ПФИКТ,
д-р техн. наук, профессор

В.В. Двирный
инициалы, фамилия

подпись, дата

должность, ученая степень

22.06.20

Выпускник

подпись, дата

А.А. Анциферов
инициалы, фамилия

Рецензент

Главный механик
ФЯО ФГУП «ГХК»

Ю. В. Гамза
инициалы, фамилия

подпись, дата

должность, ученая степень

15.06.20

Нормоконтролёр

подпись, дата

профессор МБК ПФИКТ,
д-р техн. наук, доцент

В.Е. Чеботарев
инициалы, фамилия

Красноярск 2020