

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра физики твердого тела

КАДЫРКО
Виталий Валентинович

**ВЛИЯНИЕ ЗАЗОРОВ В КОНСТРУКЦИЯХ ОПТИКО-
ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ АППАРАТУРЫ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ НА ИХ ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

Дипломная работа

Научный руководитель:
Инженер-конструктор 2-й
категории, Дайняк М.А.

Допущена к защите

« ___ » _____ 2020 г.

Зав. кафедрой физики твердого тела
доктор физико-математических наук, профессор В.В.Углов

Минск, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕФЕРАТ ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ	3
ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	6
1.1 Общие представления о механических колебаниях	6
1.1.1 Система с одной степенью свободы	6
1.2 Нелинейные колебательные системы	10
1.2.1 Колебательные системы с зазором	12
1.3 Строение аппаратуры дистанционного зондирования Земли	17
1.4 Вибрационные внешние воздействующие факторы аппаратуры дистанционного зондирования Земли	20
1.5 Методы расчетов, применяемые для моделирования поведения систем при механических нагрузках	25
1.5.1 Метод конечных элементов	25
1.5.2 Метод сосредоточенных параметров	28
1.5.3 Связь методов молекулярной динамики и сосредоточенных параметров	31
ГЛАВА 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ МЕХАНИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ	33
2.1 Модель динамической системы при воздействии гармонической внешней возмущающей силы	36
2.2 Модель динамической системы с зазором	38
ГЛАВА 3. МЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ИЗДЕЛИЙ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ	47
3.1 Объект испытаний	47
3.2 Предмет испытаний	47
3.3 Методика испытаний	48
3.4 Результаты, полученные в ходе проведения испытаний	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	56

РЕФЕРАТ ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ

Структура работы. Дипломная работа «Влияние зазоров в конструкциях оптико-электронных модулей аппаратуры дистанционного зондирования Земли на их динамические свойства» состоит из введения, трёх глав, заключения и списка использованных источников. Объем работы составляет 57 страниц. Работа включает 41 рисунок, 3 таблицы. Список использованных источников содержит 22 позиции.

Ключевые слова: аппаратура дистанционного зондирования Земли, амплитудно-частотная характеристика, метод сосредоточенных параметров, метод конечных элементов, модальный анализ, зазор, виброиспытания, численное моделирование.

Объектом исследования являются конструкции оптико-электронных модулей аппаратуры дистанционного зондирования Земли.

Методом исследования. Модальный анализ, метод сосредоточенных параметров и испытания по подтверждению прочности конструкций к механическим внешним воздействующим факторам. С их помощью было изучено влияние зазора в конструкции на амплитудно-частотные характеристики, построены реальные и смоделированные амплитудно-частотные характеристики изделий космической техники.

Практическое применение. Описаны основные механизмы влияния зазоров на динамические свойства конструкций оптико-электронных модулей аппаратуры дистанционного зондирования Земли. Приведен метод расчета динамических свойств конструкции при появлении в ней зазора.

ABSTRACT DIPLOMA WORK

Structure. Diploma work "The effect of gaps in the design of optoelectronic modules of the Earth remote sensing equipment on their dynamic properties" consists of an introduction, three chapters, a conclusion and a list of sources used. The amount of work is 57 pages. Work includes 41 drawings, 3 tables. The list of used sources contains 22 items.

Keywords: Earth remote sensing equipment, frequency response, lumped-element model, finite element method, modal analysis, gap, vibration testing, computer simulation.

The research object is the design of optoelectronic modules of the Earth remote sensing equipment.

Research method. Modal analysis, the lumped-element model and tests to confirm the strength of structures to mechanical external factors. With their help, the

influence of the gap in the design on the amplitude-frequency characteristics was studied, real and simulated amplitude-frequency characteristics of space technology products were built.

Practical use. The basic mechanisms of the influence of gaps on the dynamic properties of the structures of optoelectronic modules of the Earth remote sensing equipment are described. A method for calculating the dynamic properties of a structure when a gap appears in it is given.

РЭФЕРАТ ДЫПЛОМНАЙ ПРАЦЫ

Структура працы. Дыпломная праца «Уплыў зазораў у канструкцыях оптыка-электронных модуляў апаратуры дыстанцыйнага зандзіравання Зямлі на іх дынамічныя ўласцівасці» складаецца з уводзінаў, трох раздelaў, заключэння і спісу выкарыстаных крыніц. Аб'ём працы складае 57 старонак. Праца змяшчае 41 малюнак, 3 табліцы. Спіс выкарыстаных крыніц змяшчае 22 пазіцыі.

Ключавыя словы: апаратура дыстанцыйнага зандзіравання Зямлі, амплітудна-частотная характарыстыка, метады засяроджаных параметраў, метады канчатковых элементаў, мадальны аналіз, зазор, выбравыпрабаванні, мадэляванне.

Аб'ектам даследвання з'яўляюцца канструкцыі оптыка-электронных модуляў апаратуры дыстанцыйнага зандзіравання Зямлі.

Метады даследвання. Мадальны аналіз, метады засяроджаных параметраў і выпрабаванні па пацвярджэнню трываласці канструкцый да механічных знешніх ўздзейнічаючых фактараў. З іх дапамогай быў вывучаны ўплыў зазору ў канструкцыі на амплітудна-частотныя характарыстыкі, пабудаваныя рэальныя і змадэляваныя амплітудна-частотныя характарыстыкі вырабаў касмічнай тэхнікі.

Практычнае выкарыстанне. Апісаны асноўныя механізмы ўплыву зазораў на дынамічныя ўласцівасці канструкцый оптыка-электронных модуляў апаратуры дыстанцыйнага зандзіравання Зямлі. Прыведзены метады разліку дынамічных уласцівасцяў канструкцыі пры з'яўленні ў ёй зазору.