

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

Политехнический институт
Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

М.В. Головин

подпись

инициалы, фамилия

«04»

июня 2018 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Исследование факторов, влияющих на эксплуатационные характеристики
антенны корабельного базирования

15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

151900.68.03 Автоматизированное машиностроение

Научный руководитель

Колбасина Кафедра техн. наук
подпись, дата должность, ученая степень

Н.А. Колбасина

инициалы, фамилия

Выпускник

Кузнецов
подпись, дата

Д.В. Кузнецов

инициалы, фамилия

Рецензент

14.06.18 наг. отд.
подпись, дата должность, ученая степень

П.Ф. Волков

инициалы, фамилия

Красноярск 2018

АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертация по теме «Исследование факторов, влияющих на эксплуатационные характеристики антенны корабельного базирования» содержит 78 страниц текстового документа, 14 страниц приложения, 31 использованных источников.

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО РАСЧЕТА АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ МОРСКОГО БАЗИРОВАНИЯ, СТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ, АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ.

Объект исследования – антенная система гироскопической стабилизации морской навигации. Цель магистерской диссертации: Разработка расчетной модели, позволяющей оценить факторы, влияющие на эксплуатационные характеристики следящей системы корабельного базирования на стадии проектирования исходя из заявленных характеристик.

Задачи:

1. Анализ принципов и возможностей автоматизации разработки конечно-элементной расчетной модели в программной среде ANSYS.
2. Обоснование принципов разработки расчетной модели и реализация конечно-элементного расчета жесткости основания антенного модуля корабельного базирования с учетом возможных действующих нагрузок.
3. Разработка модулей программной системы для автоматизации конечно-элементного расчета.
4. Исследование степени влияния на эксплуатационные характеристики конструкции различных факторов, действующих в процессе эксплуатации антенной системы морского базирования включая влияние сил инерции, обусловленных возмущающими воздействиями.

В результате проделанной работы были созданы программные модули, позволяющие проводить конечно-элементные анализы различных типов. А также разработанные конечно-элементные модели, позволяющие автоматизировать процесс конечно-элементного расчета антенных систем морского базирования.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Информационно-аналитический обзор.....	7
1.1 Анализ конструктивных особенностей образцов антенного оборудования.....	7
1.2 Объект исследования	13
1.3 Информационный анализ реализации возможности автоматизации конечно-элементных расчетов в системе ANSYS	16
1.3.1 Сравнительный анализ возможностей модулей программной среды ANSYS для проведения исследований.....	17
1.3.2 Возможности автоматизации CAE расчета.....	20
1.3.3 Информационный анализ реализации возможности автоматизации построения 3D модели для исследования	22
1.3.4 Сравнение возможностей CAD пакетов.....	26
2 Разработка расчетной конечно-элементной модели.....	27
2.1 Упрощение трехмерной модели конструкции антенной системы...	27
2.2 Создание регулярной параметризованной конечно-элементной сетки на языке APDL	34
2.2.1 Описание команд APDL, используемых в рамках создания конечно-элементной сетки.....	34
2.2.2 Выбор элементов конечно-элементной сетки	39
2.2.3 Модель параметризации геометрии расчетной области.....	41
2.3 Разработка взаимосвязей между контактирующими поверхностями	43
2.3.1 Определение контактных пар	43
2.3.2 Описание используемых контактных констант	49
2.3.3 Настройка параметров контактных пар.....	53
2.4 Задание граничных условий и выбор решателей	54
2.4.1 Задание граничных условий и приложение нагрузок.....	54
2.4.2 Настройки статического структурного анализа.....	56
2.4.2 Настройки структурного анализа переходных процессов	56
3. Разработка программных модулей являющихся частью системы автоматизированного проектирования	58
3.2 Модуль масштабирования конечно-элементной сетки	64
3.3 Модуль выбора типа конечно-элементного расчета, задание ограничений и приложение возмущающих воздействий.....	65

3.4 Предусмотренные защиты в программных модулях.....	69
4 Анализ полученных результатов.....	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	76
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	77
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	79
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	80
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	90

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в мире широко используются спутниковые антенны в военных и мирных целях для передачи и приёма сигналов на большие расстояния. Конструкции механизмов антенных систем чрезвычайно разнообразны. Каждый тип антенных систем обладает своими особенностями в зависимости от спектра применения. Спектр применения весьма разнообразен от стационарных антенных систем, использующихся в гражданских целях для приема телесигналов, до передвижных антенных модулей, применяющихся в морской навигации на гражданских и военных судах.

В зависимости от применения выдвигаются свои требования к эксплуатационным характеристикам антенного модуля, так как на каждую антенную систему действуют различные нагрузки: от гравитационных сил до сильных ветров. Каждая нагрузка по-своему воздействует на конструкцию антенны. Комплекс действующих нагрузок деформирует конструкцию антенной системы, вследствие чего, происходит понижение точность наведения системы. Во избежание недопустимых деформаций требуется обеспечивать жесткость конструкции.

В случае с антенными модулями морского базирования, которые помимо обычных нагрузок, действующих на стационарные антенные системы, также подвергаются воздействию со стороны качающегося основания, требуется усиленная жесткость конструкции во избежание потерей точности навигации вследствие деформации конструкции. Также необходимо учитывать воздействия, оказываемые со стороны гироскопической системы стабилизации.

Каждый учитываемый элемент системы изменяет жёсткость конструкции и ее массоинерционные характеристики в целом. Вследствие чего, **актуальной** задачей является создание комплексной модели анализа эксплуатационных характеристик антенных систем морского базирования, с учетом максимального числа влияющих факторов.

В данной работе описывается создание некоторых элементов (модулей) комплексной программной системы, предназначенной для автоматизации проведения в программной среде ANSYS расчетов, направленных на определение основных характеристик жесткости конструкции следящей системы гироскопической стабилизации корабельной антенны на стадии проектирования.

Объект исследования – Антенная система гироскопической стабилизации морской навигации.

Задание на исследование выдано АО «НПП «РАДИОСВЯЗЬ». Предоставленный антенный модуль морского базирования находится в разработке. Особенностью исследуемой антенной системы является предполагаемое отсутствие редукторной части, что должно обеспечить увеличение жесткости и устойчивости системы, а также уменьшение массы конструкции.

Цель магистерской диссертации: Разработка расчетной модели,

позволяющей оценить факторы, влияющие на эксплуатационные характеристики следящей системы корабельного базирования на стадии проектирования исходя из заявленных характеристик.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

1. Анализ принципов и возможностей автоматизации разработки конечно-элементной расчетной модели в программной среде ANSYS.

2. Обоснование принципов разработки расчетной модели и реализация конечно-элементного расчета жесткости основания антенного модуля корабельного базирования с учетом возможных действующих нагрузок.

3. Разработка модулей программной системы для автоматизации конечно-элементного расчета.

4. Исследование степени влияния на эксплуатационные характеристики конструкции различных факторов, действующих в процессе эксплуатации антенной системы морского базирования включая влияние сил инерции обусловленных возмущающими воздействиями.

Методы исследования в данной задаче могут быть, как аналитическими, так и конечно-элементными.

Аналитический метод расчета жесткости конструкций основывается на методиках, описанных в разделах механики деформированного твердого тела. Данные методики требуют аппроксимации модели до стержневой конструкции. Решение при данном методе не позволит значительно усложнить модель, что повлечет за собой исключение из модели некоторых элементов системы. Такое решение будет обладать значительной погрешностью.

Конечно-элементный метод заложен, в САЕ пакеты. Данный метод позволяет решать задачи, для сложных много элементных конструкций. Погрешность решения будет зависеть от глубины проработки модели и адекватности моделирования взаимодействий элементов системы между собой. По причине больших габаритов расчетной модели требуются значительные ресурсы, для проведения расчета приведет к необходимости разработки системы эквивалентной замены.

Научная новизна данной работы заключатся в:

– Оценка воздействия системы управления с обратной связью (системы гироскопической стабилизации) на жесткость системы.

– Разработка системы комплексной оценки эксплуатационных характеристик антенной системы, на этапе проектирования учитывая сочетания различных факторов воздействия соответствующих условиям эксплуатации.

Поставленная задача формулируется по требованиям заказчика АО «НПП «РАДИОСВЯЗЬ», и **практическая значимость данной работы** заключается в разработке элемента комплексной системы проектирования антенных систем.

Были исключены из работы первая, вторая, третья и четвертая главы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках магистерской диссертации выполнены следующие задачи:

1. Проведен анализ принципов и возможностей автоматизации разработки конечно-элементной расчетной модели в программной среде ANSYS.
2. Выполнено обоснование принципов разработки расчетной модели и реализация конечно-элементного расчета жесткости основания антенного модуля корабельного базирования с учетом возможных действующих нагрузок.
3. Разработаны модули программной системы для автоматизации конечно-элементного расчета.
4. Проведено исследование степени влияния на эксплуатационные характеристики конструкции различных факторов, действующих в процессе эксплуатации антенной системы морского базирования включая влияние сил инерции, обусловленных возмущающими воздействиями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Диняева, Н. С. Конструирование механизмов антенн / Н. С. Диняева. – Москва: МАИ, 2002. – С. 340.
- 2 Крылов, А. Н. Общая теория гироскопов и некоторых технических их применений / А. Н. Крылов, Ю. А. Крутков // Курс лекций по теории гироскопов, 1932. – Т.8. – 400 с.
- 3 Благовещенский, С. Н. Справочник по теории корабля / Благовещенский С. Н. – Л.: Судостроение, 1950. – С. 417.
- 4 Бесекерский, В. А. Проектирование следящих систем малой мощности / В. А. Бесекерский. – Москва: Судпромгиз, 1958.
- 5 Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического регулирования / В. А. Бесекерский. – М.: Наука, 1966.
- 6 Алексеев, Г. М. Особые случаи морской практики / Г. М. Алексеев. – М.: Морской транспорт, 1959.
- 7 Канунникова, Е.А. Расчетно-экспериментальное исследование динамических характеристик антенных устройств космических аппаратов / Е. А. Канунникова, И. Ю. Пугач // Космическая электромеханика, 2009. – 20 с.
- 8 Пат. 2314607 Российская Федерация, МПК Н 01 Q 1/18. Устройство стабилизации / Б. М. Герцовский ; заявитель и патенто-обладатель Москва. ФГУП «Государственный московский завод «Салют». – № 2006117868/09; заявл. 25.05.06 ; опубл. 10.01.08, Бюл. № 1 (II ч.). – 5 с.
- 9 Басов, К. А. ANSYS в примерах и задачах / К. А. Басов; под общей ред. Д.Г. Красковского. – М.: КомпьютерПресс, 2002. – С. 224.
- 10 ANSYS mechanical APDL and mechanical applications theory reference 2010. 1162 С.
- 11 Работнов, Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела / Ю. Н. Работнов. – М.: Наука, 1988. – С. 712.
- 12 Хечумов, Р.А. Применение метода конечных элементов к расчету конструкций / Р.А. Хечумов, В. И. Прокопьев. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 1994. – С. 353.
- 13 Ривкин, С. С. Теория гироскопических устройств / С. С. Ривкин. – Москва: Судостроение, 1962-1964.
- 14 Работнов, Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела / Ю. Н. Работнов. – М.: Наука, 1988. – 712 с.
- 15 Алямовский, А. А. SolidWorks/COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов / А. А. Алямовский. – М.: ДМК Пресс, 2004. – С. 432.
- 16 Благовещенский, С. Н. Справочник по статике и динамике корабля / С. Н. Благовещенский, А. Н. Холодилин. – Т. 1. – Л.: Судостроение, 1976. – С. 336.
- 17 Бруяка, В. А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Учебное пособие. / В. А. Бруяка, В. Г. Фокин. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – Т.1. – 271 с.

- 18 Каплун А. Б., ANSYS в руках инженера: Практическое руководство / А. Б. Каплун.- Изд. 2 –е, испр. - М.: Едиториал УРСС, 2004. – С. 272.
- 19 Богданович, М. М. Гироскопические приборы и устройства / М. М. Богданович. – Л.: Судпромгиз, 1961.
- 20 Алексеев, Г. М. Особые случаи морской практики / Г. М. Алексеев. – Москва: Морской транспорт, 1959.
- 21 Галлагер, Р. Метод конечных элементов. Основы. / Р. Галлагер. – М.: Мир, 1984. – С. 428.
- 22 Молчанов, И. Н. Основы метода конечных элементов / И. Н. Молчанов, Л. Д. Николенко. – Киев: Наукова Думка, 1989. – 272 с.
- 23 Чигарев А. В., ANSYS для инженеров: справ. Пособие / А.В. Чигарев.- М.: Машиностроение-1, 2004. – С. 512.
- 24 Павлов В.А., Теория гироскопа и гироскопических приборов / В. А. Павлов. – Л.: Судостроение, 1964.
- 25 ГОСТ 28195-89 Оценка качества программных средств от 01.07.1990 г.
- 26 Электронный ресурс: //URL.: www.reload.se/design/swe-dish-ipt-suitcase/
- 27 Электронный ресурс: //URL.: guap.ru/guap/cosminfo/vozm_page1.shtml
- 28 Электронный ресурс: //URL.: www.satis.tl.ru/products/avtomatizirovannye-mobilnye-stantsii-vympel/
- 29 Электронный ресурс: //URL.: [www.reload.se/design/swe-cct-120 drive-away/](http://www.reload.se/design/swe-cct-120-drive-away/)
- 30 Электронный ресурс: //URL.: www.satcomresources.com/iNetVu-1800-Antenna/
- 31 Электронный ресурс: //URL.: <http://www.cadfem-cis.ru>