

На правах рукописи



Симович Тамара Евгеньевна

**ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ НАВЕДЕНИЯ ГИРОСТАБИЛИЗИРОВАННОГО
АНТЕННОГО УСТРОЙСТВА КОРАБЕЛЬНОГО БАЗИРОВАНИЯ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание
степени магистра по направлению Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств (151900.68)
магистерская программа – Автоматизация конструкторско-технологического
проектирования (151900.68.01)

Красноярск 2014

Работа выполнена на кафедре «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» Политехнического института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет»

Научный руководитель:

кандидат технических наук, доцент Колбасина Наталья Анатольевна

Рецензент:

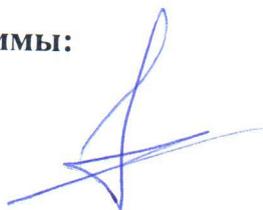
Волков Петр Федорович, начальник КБ1 ОАО «НПП «Радиосвязь»

Защита диссертации состоится «9» июля 2014 г. в 9:00 часов в ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» по адресу:
660074, г. Красноярск, ул. Ак. Киренского 26, ауд. Г 2-47

С авторефератом магистерской диссертации можно ознакомиться на сайте СФУ <http://edu.sfu-kras.ru/engineering> и в архиве открытого доступа: <http://elib.sfu-kras.ru>

Руководитель магистерской программы:

кандидат технических наук,
профессор



М. П. Головин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Антенна является неотъемлемой составной частью любого радио - технического устройства, которое предназначено для передачи или приёма информации с помощью радиоволн через окружающее пространство. Конструкции механизмов антенных систем чрезвычайно разнообразны. Системы гироскопической стабилизации различных видов применяются в навигационных устройствах и системах управления кораблей и летательных аппаратов, а также в системах ориентации антенн, телескопов и других приборов, установленных на движущихся объектах, для решения задач управления, ориентации и навигации.

Основное требование, предъявляемое к системе гироскопической стабилизации, – точность сохранения заданного положения платформы относительно опорной оси при действии различных динамических возмущений со стороны объекта, на котором данная система установлена.

Следовательно, для стабильной работы данной системы, становится актуальным определение точности позиционирования конечного звена системы, с учетом компенсации внешних воздействий. А также определение ее резонансных частот по осям вращения с целью обеспечения требуемой точности наведения системы.

Цель диссертационной работы – оценка точности наведения гиросtabilизированного антенного устройства на этапе проектирования, с учетом влияния возмущающего воздействия.

Основные задачи исследования:

- 1) Провести информационный обзор конструкции и принципа работы гиросtabilизированного антенного устройства;
- 2) Разработать модель расчета углов компенсации установки, при переменном внешнем воздействии, с учетом различных вариантов геометрии конструкции;
- 3) Разработать расчетную конечно – элементную модель для исследования конструктивной жесткости антенны;
- 4) Разработать расчетную конечно – элементную модель для оценки динамических и жесткостных характеристик системы с учетом базовой частоты системы.

Методы исследования:

При решении поставленных в работе задач применяются:

- 1) Матричный метод преобразования координат для определения углов компенсации системы;
- 2) Метод логарифмических амплитудных характеристик;
- 3) Метод теории упругости для оценки напряженно-деформируемого состояния;
- 4) Метод конечно – элементного моделирования в САЕ среде ANSYS Workbench.

Достоверность полученных данных определяется выбранными методами решения поставленных задач, а также численным экспериментом, и решением тестовых задач.

Научная новизна данной работы:

1) Разработана математическая модель, для определения углов компенсации переменного внешнего воздействия на антенну, отличающаяся учетом произвольного сочетания геометрических параметров конструкции;

2) Разработана расчетная конечно-элементная модель, отличающаяся учетом динамических характеристик, и деформативных особенностей конструкции.

Поставленная задача формулируется по требованиям заказчика ОАО «НПП» Радиосвязь», и **практическая значимость данной работы**, заключается в разработке элементов комплексной методики проектирования антенных систем, по требуемым эксплуатационным характеристикам.

Апробация работы

Основные положения диссертационной работы и ее отдельные разделы докладывались на:

— 51– ой Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс» в 2013 году (г. Новосибирск, заочная форма выступления);

— IX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодёжь и Наука», в секции «Информатика: Системный анализ, автоматизация и управление» в 2013 году (г. Красноярск – диплом III степени);

— IX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодёжь и Наука», в секции «Профессионально-ориентированный иностранный язык» в 2013 году (г. Красноярск);

— Региональной научно-технической конференции магистрантов «Специальное инженерное образование – подготовка современных инженерных кадров» в 2013 году (г. Красноярск);

— X Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодёжь и Наука», в секции «Информатика: Системный анализ, автоматизация и управление» в 2014 году (г. Красноярск, заочная форма выступления);

— Заочной международной научной конференции Research Journal of International Studies XXV в 2014 году (г. Екатеринбург, заочная форма выступления).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследований, определены объекты и предметы исследований.

Первая глава посвящена обзору конструкции и принципа работы гиросtabilизированного антенного устройства.

Основным элементом системы гироскопической стабилизации является гироскоп с двумя или тремя степенями свободы, включая степень свободы относительно его главной оси.

По принципу действия системы гироскопической стабилизации делятся на:

1) Непосредственные - устройства, в которых непосредственно используются стабилизирующие свойства трёхстепенного гироскопа.

2) Силовые - электромеханические устройства, содержащие, кроме гироскопов, специальные двигатели для преодоления воздействия на стабилизируемый объект внешних возмущающих моментов.

3) Индикаторные - системы автоматического регулирования, в которых гироскопические устройства, установленные на стабилизируемом объекте (например, платформе), являются чувствительными или задающими элементами, определяющими положение объекта и управляющими следящими системами. Стабилизация же объекта (платформы) осуществляется с помощью следящих систем. В качестве чувствительных элементов, реагирующих на угловые скорости или углы отклонения платформы, применяют двухстепенные гироскопы и гиротаксометры.

В данной работе рассматривается элемент системы слежения, а именно навигационная антенна (антенно-фидерного устройства корабельного базирования), в которой используются гироскопические системы индикаторного типа.

Конструкция АФУ представляет собой двухзеркальную антенну с диаметром отражателя 1800 мм (см. рисунок 1).

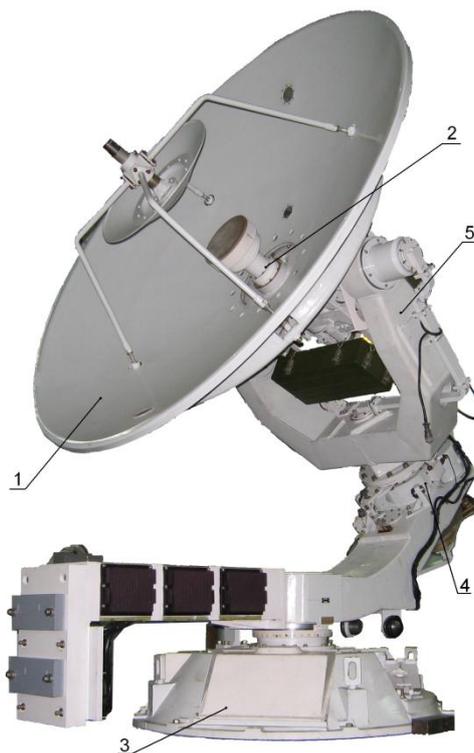


Рисунок 1 – Антенно-фидерное устройство

1 – Антенная головка; 2 – Облучающая система; 3 – Механизм горизонтального наведения; 4 – Механизм вертикального наведения; 5 – Механизм поперечного крена

Прибор состоит из антенной головки поз.1 (рисунок 1), облучающей системы поз.2, и механизмов вращения по осям горизонтального наведения поз.3, вертикального наведения поз.4 и поперечного крена поз.5. Для защиты от атмосферных воздействий прибор устанавливается под радио прозрачное укрытие – РПУ.

Вторая глава посвящена расчету углов компенсации возмущающего воздействия гиросtabilизированного антенного устройства.

При рассмотрении задачи по определению углов компенсации возмущающего воздействия, вращение Земли и ее кривизна не учитываются, принимается, что корабль движется с постоянной скоростью и постоянным курсом.

На рисунке 2 показаны углы рыскания и качки, где дугами больших кругов показаны соответствующие углы наклона корабля и наведения измерительного устройства.

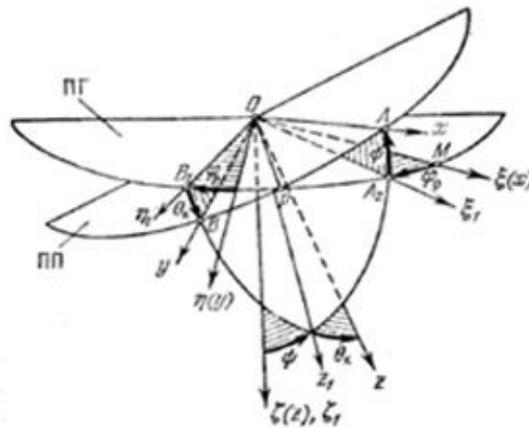


Рисунок 2 – Углы рыскания и качки

Оси системы направлены так, что Ox совпадает с продольной осью корабля, Oy - с поперечной осью, а Oz перпендикулярна к плоскости палубы корабля. Взаимное положение координатных систем $O\xi\eta\zeta$ и $Oxyz$ определяется углами рыскания MA_2 , дифферента (килевая качка) A_2A и крена (бортовой качки) B_1B .

Таким образом, перевод подвижной системы координат из исходного положения в заданное положение осуществляется последовательным поворотом подвижных осей на угол дифферента ψ (1), крена θ и угол рыскания корабля φ .

$$A_\psi = \begin{pmatrix} x \cdot \cos(\psi) - z \cdot \sin(\psi) \\ y \\ z \cdot \cos(\psi) + x \cdot \sin(\psi) \end{pmatrix} \quad (1)$$

где x, y, z – координаты положения объекта;

ψ – угол килевой качки корабля (угол дифферента).

Далее проводится смещение на длину узла конструкции a_3 (2):

$$A_{a_3} = \begin{pmatrix} a_3 + x \cdot \cos(\psi) - z \cdot \sin(\psi) \\ y \\ z \cdot \cos(\psi) + x \cdot \sin(\psi) \end{pmatrix} \quad (2)$$

где a_3 - длина звена.

Поскольку антенная система имеет пространственную звеньевую конструкцию, при составлении итогового преобразования координатных систем необходимо последовательно учитывать на каждом шаге линейные смещения, обусловленные длиной звеньев антенны и ее местоположение на платформе наряду с преобразованием поворота. Таким образом, используя принцип суперпозиции, получим итоговое выражение преобразования координатных систем для каждого отдельного конструктивного варианта антенной системы.

Разработан программный модуль расчета углов компенсации установки, при переменном внешнем воздействии, с учетом различных вариантов геометрии конструкции, средствами MathCad (рисунок 3).

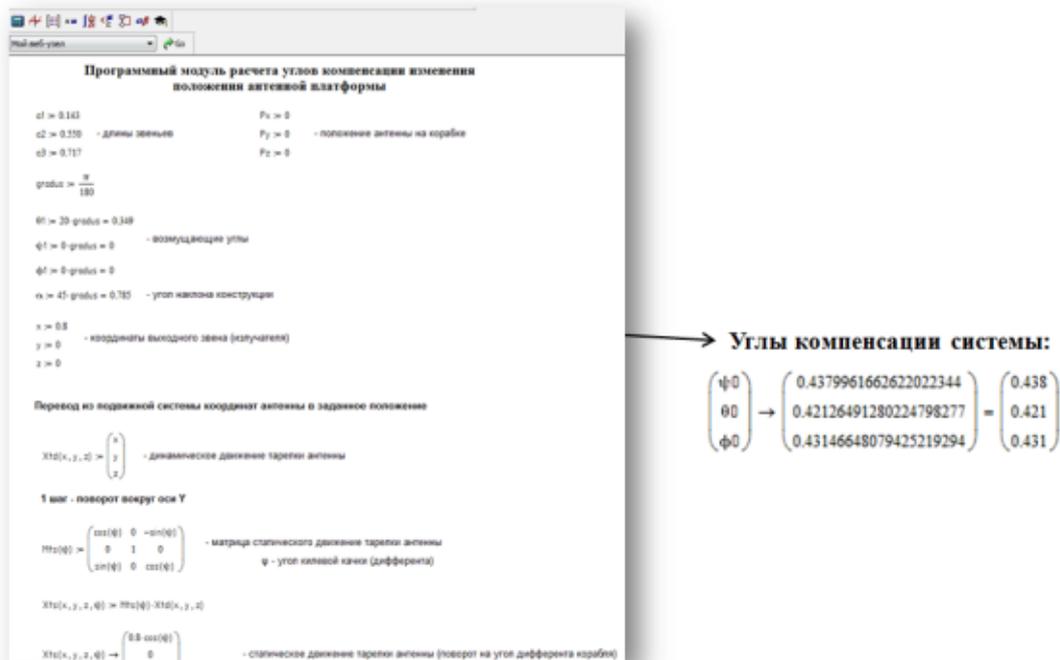


Рисунок 3 – Программный модуль

Разработанная расчетная модель позволяет учесть:

- особенности геометрических и технологических параметров конструкции антенны с учетом длины звеньев, их взаимного расположения и возможного диапазона изменения углов поворота;
- расположение антенны на корабле;
- координаты расположения объекта слежения.

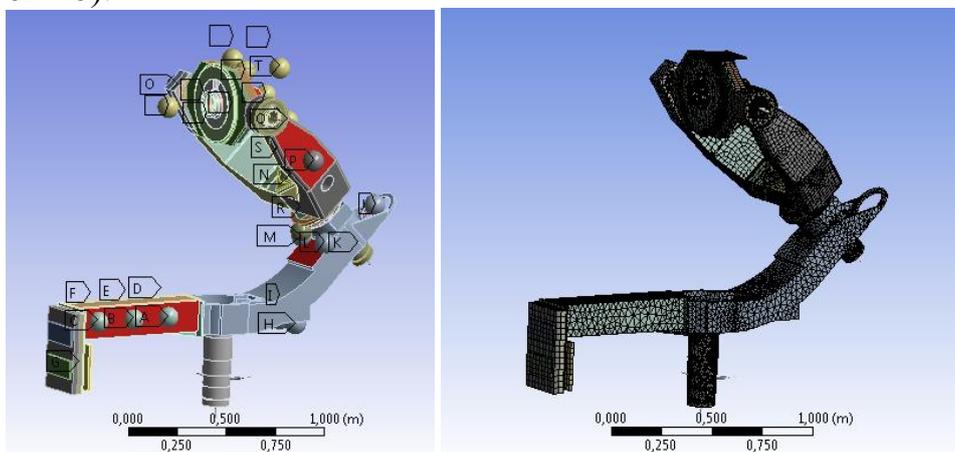
Третья глава посвящена разработке расчетной конечно – элементной модели для исследования конструктивной жесткости антенны.

При рассмотрении динамики конструкции системы стабилизации за основу принят метод логарифмических амплитудных характеристик (л.ф.х.) как один из наиболее развитых методов инженерного синтеза систем автоматического регулирования.

Нахождение собственных частот колебания системы аналитическим методом, приводит к разбиению ее конструкции на балочные примитивы, что является неполным отображением всех характеристик системы, а, следовательно, приводит к неточным результатам расчета и требует большого количества времени для проведения данного расчета. В силу этого, данную задачу невозможно решить до конца аналитическими методами и в качестве решения предлагается использовать конечно – элементные методы моделирования в САЕ среде ANSYS Workbench, которые позволят улучшить качество результатов расчета и существенно сократить время решения задачи.

Их входных данных, таких как базовая частота системы ($f_0 = 5,8\text{Гц}$) и модель антенной установки, построенная средствами SolidEdge, установлены

допустимые минимальные значения частот собственных колебаний по всем осям вращения антенны (должны быть $\geq 3 \cdot f_0$, то есть $\geq 17.3 \text{ Гц}$), и геометрия конструкции (см. рисунок 4а). Путем импортирования и редактирования полученной конструкции построена расчетная конечно – элементная модель для исследования конструктивной жесткости антенны, средствами ANSYS Workbench (см. рисунок 4б).



А) геометрия

Б) конечно-элементная сетка

Рисунок 4 – Конечно – элементная модель антенны

Проведен модальный анализ (см. рисунок 6), для нахождения собственных частот колебания системы, а также определены деформаций конструкции, возникшие под влиянием действующих нагрузок (сила тяжести, инерционное воздействие в результате движения антенны) (см. рисунок 5).

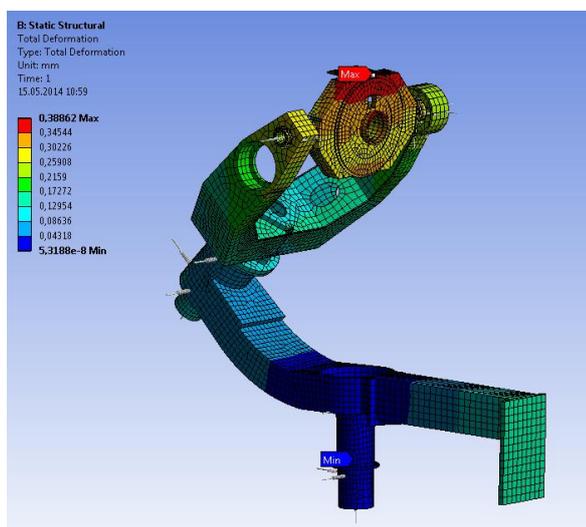


Рисунок 5 – Деформации

По полученным данным деформации конструкции составляют $0,02^\circ$, что входит в заданный диапазон динамической ошибки 3 – 4 мин.

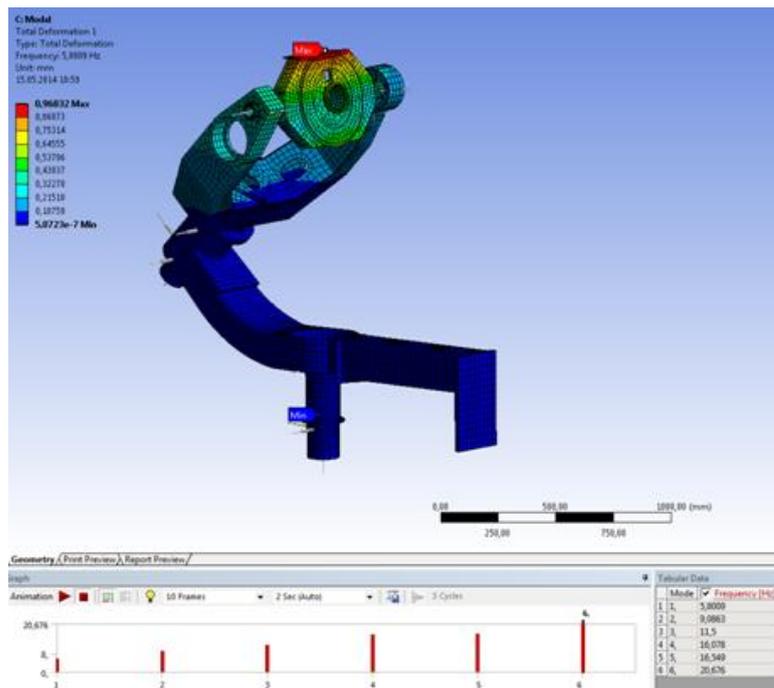


Рисунок 6 – Модальный анализ

Из проведенного модального анализа установлено, что полученные в результате расчета собственные частоты, равные 5,8Гц, не входят в диапазон допустимых значений частот собственных колебаний, что не удовлетворяет требованиям качественной работы гироскопической системы наведения, а, следовательно, данную конструкцию необходимо модифицировать, с целью увеличения ее конструктивной жесткости.

Заключение

По полученному конечно – элементному анализу установлено, что конструкция антенны не проходит по своим жесткостным показателям, а также выявлено влияние различных параметров конструкции (толщина стенок конструкции, масса деталей, жесткость подшипников) на результаты расчетов, что может быть использовано при модернизации антенной установки с целью увеличения ее конструктивной жесткости. Также рассмотрен возможный вариант решения данной проблемы, в виде замены конструкции антенны на антенну типа офсет.

Кроме всего прочего, разработанный программный модуль расчета углов возмущающего воздействия представляет общую методику расчета положения антенной установки, и может быть использован для расчета различного варианта конструкции системы. В результате преобразований, координаты любой точки конструкции антенной системы в любой момент времени однозначно определяются в глобальной земной системе координат. При определенных с помощью системы гироскопической стабилизации возмущающих воздействиях со

стороны платформы и координатах расположения объекта слежения, это позволяет, в том числе динамически, с требуемой точностью определять углы компенсации внешнего воздействия и стабилизации наведения.

Полученные в ходе выполнения работы данные, будут в дальнейшем учитываться в разработке элементов комплексной методики проектирования антенных систем.

Основные публикации по теме диссертации:

Основные положения диссертации отражены в публикациях: общее количество работ – 7 из них 1 статья, опубликованная в журнале, рекомендованная ВАК, 5 статьи, опубликованных в других изданиях, 1 свидетельство о регистрации ПО.

– список основных научных работ:

статьи, опубликованные в журналах, рекомендованных ВАК:

1. Симович Т. Е., Колбасина Н. А. Расчет углов возмущающего воздействия гиросtabilизированного антенного устройства // Международный научно-исследовательский журнал, ISSN 2303-9868.: Екатеринбург – 2014, с.64-66.

статьи, опубликованные в других изданиях:

2. Симович Т. Е. Анализ динамических характеристик гиросtabilизированного антенного устройства // Сборник материалов 51-й Международной научной студенческой конференции «Студент и научно – технический прогресс»: Новосибирск, 2013.
3. Симович Т. Е. Анализ динамических характеристик гиросtabilизированного антенного устройства // Сборник материалов IX всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и наука», секция «Информатика: Системный анализ, автоматизация и управление»: Красноярск, 2013.
4. Симович Т. Е., Колбасина Н. А. Анализ точностных характеристик гиросtabilизированного антенного устройства // Сборник материалов региональной научно-технической конференции магистрантов «Специальное инженерное образование – подготовка современных инженерных кадров»: Красноярск, 2013.
5. Симович Т. Е., Колбасина Н. А., Воног В.В. Анализ динамических характеристик гиросtabilизированного антенного устройства // Сборник материалов IX всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и наука», секция «Профессионально-ориентированный иностранный язык»: Красноярск, 2013.
6. Симович Т. Е., Колбасина Н. А. Анализ динамических характеристик гиросtabilизированного антенного устройства // Сборник материалов X всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и

молодых ученых «Молодежь и наука», секция «Информатика: Системный анализ, автоматизация и управление»: Красноярск, 2014.

свидетельства и патенты:

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Программный модуль расчета углов компенсации изменения положения антенной платформы».