STATE CORPORATION
ROSOBORONEXPORT
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
РОСОБОРОНЭКСПОРТ

SOUTHERN FEDERAL UNIVERSITY

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЫСОТНОГО ДИРИЖАБЛЯ.

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ, НАВИГАЦИИ, ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ, ПЛАНИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ, АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ ВЫСОТНОГО ДИРИЖАБЛЯ

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ

Июнь 2016

СОДЕРЖАНИЕ

1 Направления сотрудничества 3

1. Участие в проектировании дирижабля в части оценки управляемости выбранной конструкции и формирования рекомендаций 4

1.1 Перечень работ НИИ РиПУ ЮФУ на этапе проектирования дирижабля 4

1.2 Математическое моделирование дирижабля 6

1.3 Расчет аэродинамических характеристик дирижабля 7

1.4 Расчет воздушно-газовой системы дирижабля 8

1.5 Анализ управляемости дирижабля и потребной энергетики 10

1.6 Разработка законов управления движением дирижабля и удержанием в заданном районе 11

2 Программно-аппаратный комплекс численного моделирования движения дирижабля 13

3 Разработка и программно-аппаратная реализация систем дирижабля 15

3.1 Система автоматического управления движением и навигационная система дирижабля 15

3.2 Автопилот взлета и посадки дирижабля с автоматическим выбором места посадки в заданном районе 20

3.2.1 Структура автопилота взлета и посадки дирижабля 20

3.2.2 Автоматический выбор места посадки 21

3.2.3 Система технического зрения 22

3.3 Система планирования движения дирижабля с учетом ветровых потоков на различных высотах для экономии энергии 24

3.4 Наземный пункт управления 26

3.5 Система высокоскоростной телекоммуникации дирижабля и наземного пункта управления на базе антенн с фазированной антенной решеткой 28

4 Испытания 30

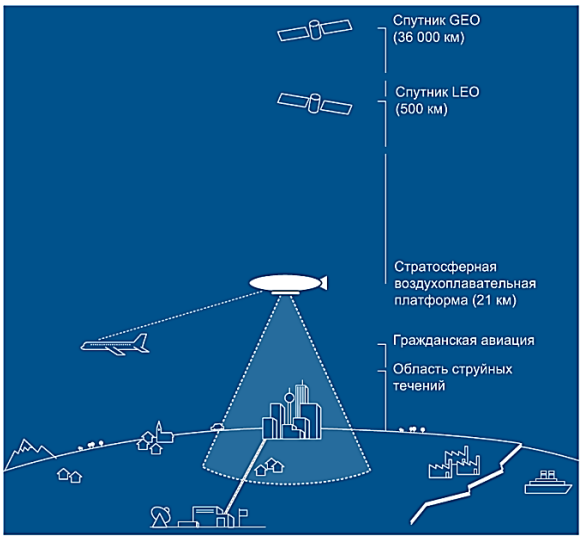
5 Предлагаемые этапы работ 31

6 Об организации-разработчике 34

1 НАПРАВЛЕНИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА

НИИ РиПУ предлагает следующие направления сотрудничества в части разработки высотного дирижабля:

1. Участие НИИ РиПУ в проектировании дирижабля в части оценки управляемости выбранной конструкции и формирования рекомендаций по проекту высотного дирижабля;
2. Разработка программно-аппаратного комплекса численного моделирования движения дирижабля;
3. Разработка и программно-аппаратная реализация систем дирижабля:
   3.1. системы автоматического управления движением и навигационной системы;
   3.2. автопилота взлета и посадки;
   3.3. системы планирования движения дирижабля;
   3.4. наземного пункта управления;
   3.5. системы высокоскоростной телекоммуникации;
4. Участие в испытаниях дирижабля.



1. УЧАСТИЕ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ДИРИЖАБЛЯ В ЧАСТИ ОЦЕНКИ УПРАВЛЯЕМОСТИ ВЫБРАННОЙ КОНСТРУКЦИИ И ФОРМИРОВАНИЯ РЕКОМЕНДАЦИЙ

1.1 ПЕРЕЧЕНЬ РАБОТ НИИ РИПУ ЮФУ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДИРИЖАБЛЯ

На этапе проектирования дирижабля НИИ РиПУ готов принять участие в формировании облика дирижабля и расчете его основных характеристик прежде всего с точки зрения его управляемости.

Примерный алгоритм работ по проектированию облика дирижабля с точки зрения системы управления представлен на рисунке ниже.

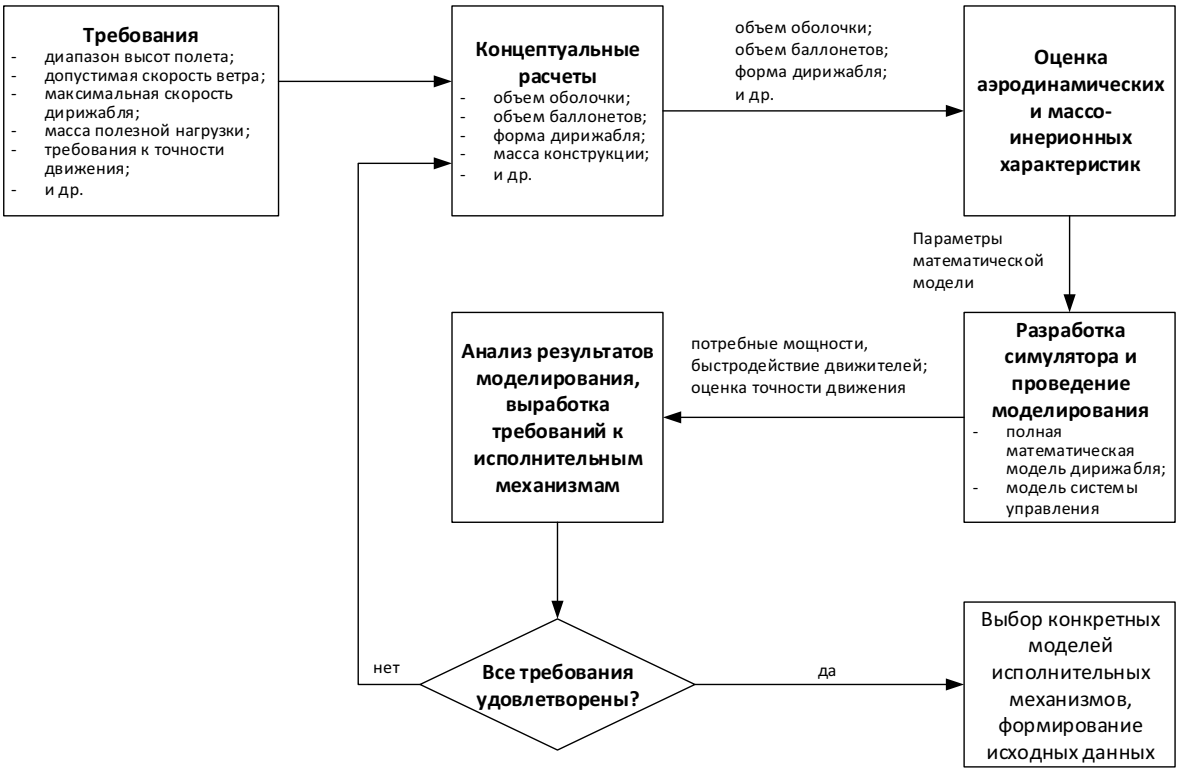


Рисунок 1 - Примерный алгоритм работ по проектированию облика дирижабля с точки зрения системы управления

Перечень работ, которые НИИ РиПУ ЮФУ готов выполнить на этапе проектирования дирижабля:

1. математическое моделирование дирижабля – кинематики и динамики его движения, массо-инерционных характеристик, аэростатической и аэродинамической сил, управляющих воздействий исполнительных механизмов;

2. расчет аэродинамических характеристик дирижабля, оценка лобового сопротивления, необходимого сверхдавления в оболочке, максимальной воздушной скорости;
3. расчет воздушно-газовой системы – потребных объемов несущего газа и баллонетов, характеристик клапанов и вентиляторов для заданной максимальной высоты полета и скороподъемности;
4. анализ управляемости дирижабля и формирование рекомендаций по конструкции дирижабля с точки зрения управляемости – количество и мощность движителей, расчет потребной энергетики;
5. разработка законов управления движением дирижабля и удержанием в заданном районе.

1.2 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИРИЖАБЛЯ

Структура математической модели дирижабля представлена на рисунке ниже.

В нее входят:

- модель кинематики и динамики дирижабля;
- модели внешней среды и внешних сил, действующих на дирижабль;
- модели исполнительных механизмов и управляющих воздействий;
- модель системы управления.

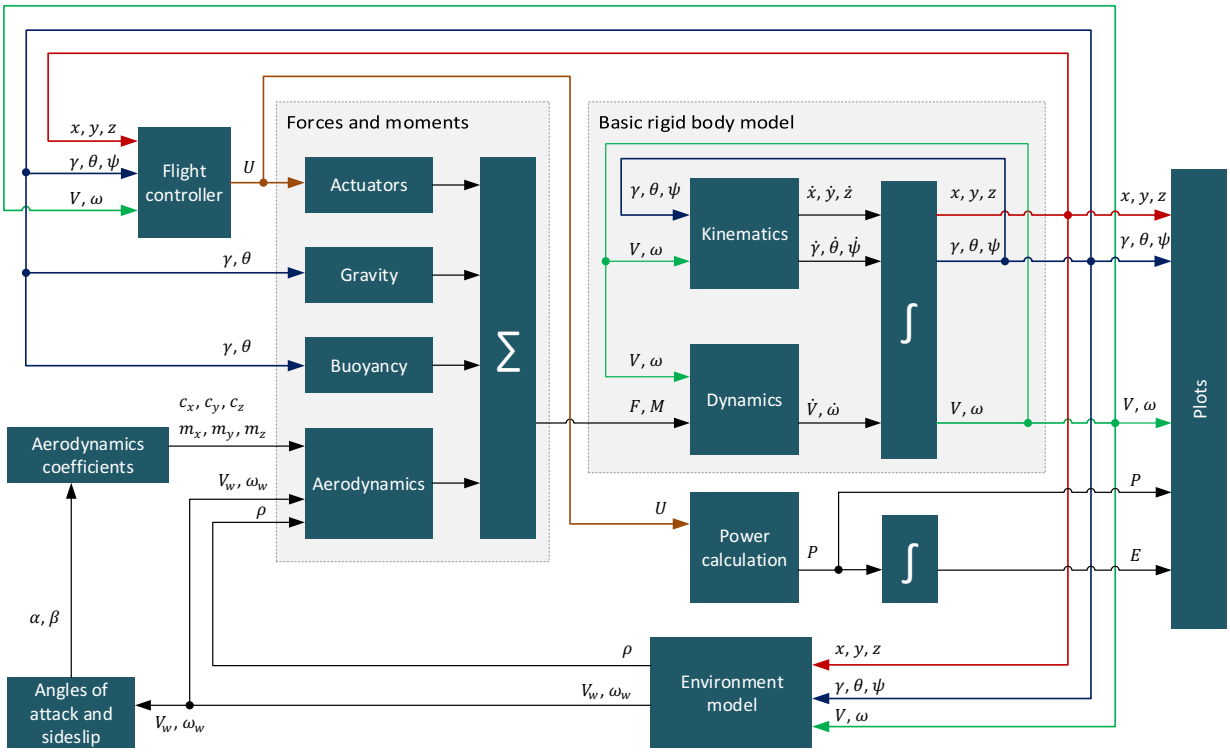


Рисунок 2 – Структура математической модели дирижабля

Анализ этой математической модели позволяет дать оценку основным характеристикам выбранной конструкции дирижабля.

Для задания параметров математической модели дирижабля необходимы расчеты аэродинамических коэффициентов, массо-инерционных параметров и других параметров. Оценки этих параметров также могут быть выполнены НИИ РиПУ по исходным данным заказчика, как описано далее.

1.3 РАСЧЕТ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИРИЖАБЛЯ

Для расчета аэродинамических характеристик дирижабля используются программы численного моделирования.

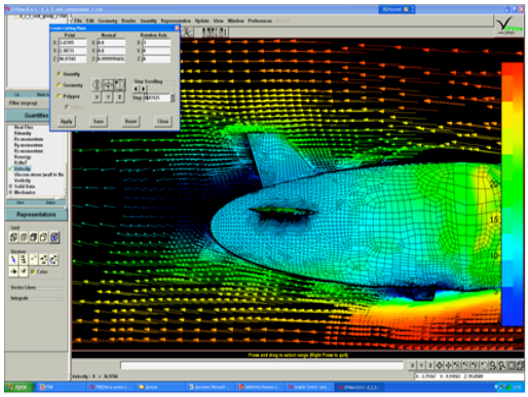


Рисунок 3 – Численное моделирование обтекания оболочки дирижабля воздушным потоком

Результатом являются:

- таблицы зависимостей аэродинамических коэффициентов от углов атаки и скольжения при различных воздушных скоростях дирижабля, что позволяет оценить максимальную воздушную скорость дирижабля и потребные тяги исполнительных механизмов;
- оценка распределений и величин давлений воздушного потока на корпус дирижабля, что позволяет оценить необходимое сверхдавление в оболочке дирижабля.

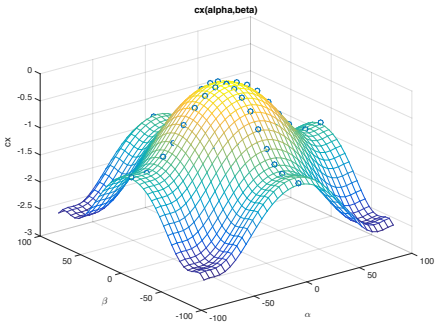


Рисунок 4 – Аппроксимации аэродинамических коэффициентов

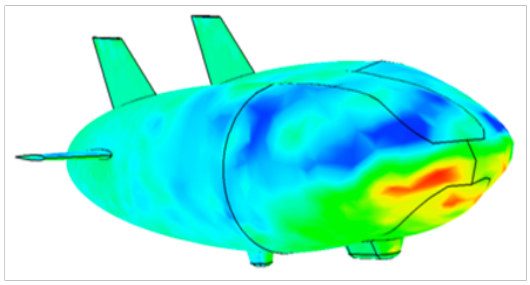


Рисунок 5 – Распределение давлений воздушного потока на корпус дирижабля

1.4 РАСЧЕТ ВОЗДУШНО-ГАЗОВОЙ СИСТЕМЫ ДИРИЖАБЛЯ

Конструкцией дирижабля должен быть предусмотрен механизм саморегулирования давления несущего газа в корпусе. Задача этого механизма двояка. С одной стороны он формирует избыток давления в корпусе по сравнению с атмосферным давлением, что обеспечивает его жесткость. С другой стороны, он защищает материал корпуса от перенапряжения и разрыва.

Стабильность и безопасность надутого состояния дирижабля обеспечивается, как правило, изменением количества воздуха в баллонетах, которые представляют собой, по сути, вялые мембраны, отделяющие содержащую подъемный газ часть корпуса от внешней среды – атмосферного воздуха.

Расчетная схема воздушно-газовой системы показана на рисунке ниже.

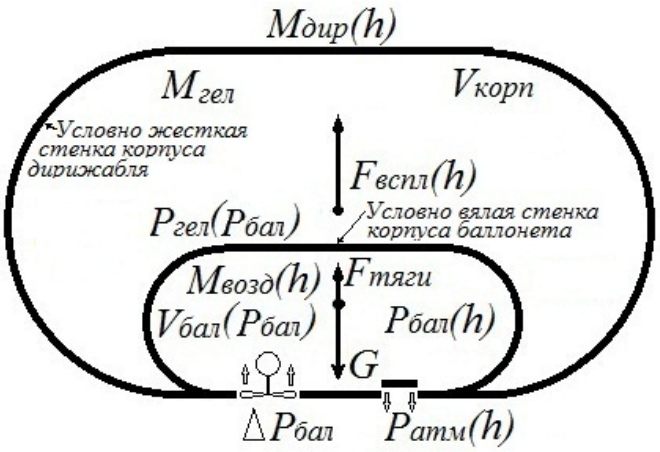


Рисунок 6 – Расчетная схема воздушно-газовой системы

В данном разделе также рассматриваются технологии реагирования на перегрев оболочки в условиях высотного полета. Для моделирования нагрева оболочки используются численные и аналитические методы моделирования. Реагирование на перегрев оболочки, в том числе неравномерный, а, следовательно, и расширение несущего газа, входит в функции воздушно-газовой системы.

Основными результатами моделирования являются:

- необходимые объемы несущего газа, баллонетов для заданного потолка высоты полета;
- необходимые площади воздушных клапанов и расходные характеристики вентиляторов воздушно-газовой системы для заданной скороподъемности;
- алгоритмы работы воздушно-газовой системы;

– модель нагрева оболочки, способы реагирования воздушно-газовой системы на нагрев оболочки.

1.5 АНАЛИЗ УПРАВЛЯЕМОСТИ ДИРИЖАБЛЯ И ПОТРЕБНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Анализ управляемости дирижабля выполняется для формирование рекомендаций по конструкции дирижабля – количеству и мощности движителей. При анализе управляемости выполняется также расчет потребной энергетики.

Для анализа управляемости с учетом ограничений на мощности управляющих двигателей применяется аппарат исследования управляемости, предложенный Е.С. Пятницким. Условия управляемости Пятницкого означают, что управляющие силы и моменты, действующие на дирижабль, должны по модулю превышать динамические и внешние силы и моменты, действующие на дирижабль.

Пример расчета управляемости дирижабля с учетом ограничений:

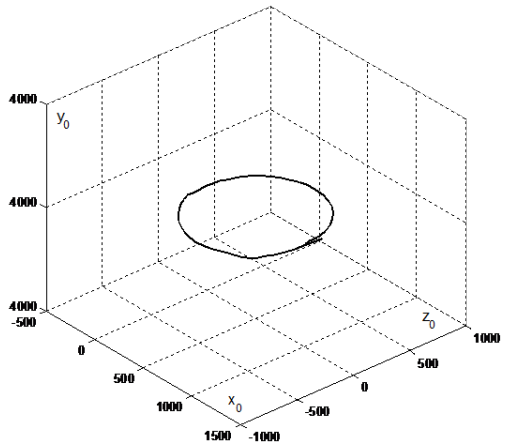


Рисунок 7 – Траектория дирижабля (скорость 22 m/s)

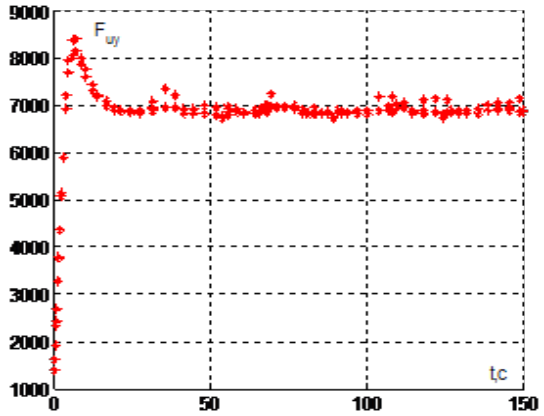


Рисунок 8 – Управляющая сила по оси OX

1.6 РАЗРАБОТКА ЗАКОНОВ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ДИРИЖАБЛЯ И УДЕРЖАНИЕМ В ЗАДАННОМ РАЙОНЕ

Система предназначена для:

- автоматического (без участия оператора) управление полетом Дирижабля вдоль заданной траектории;
- дистанционного управление движением Дирижабля по командам оператора;
- зависание дирижабля в заданной точке в течение заданного времени;
- перемещение дирижабля из одной заданной точки в другую заданную точку по заданной траектории с заданной скоростью;
- возможность изменения оператором траектории движения дирижабля во время полета с наземного пункта управления в зоне действия канала связи;
- движение дирижабля по траекториям, задаваемым квадратичными и линейными формами координат.

По запросу Заказчика возможно возложение на систему управления иных функций, в том числе автоматического взлета и посадки дирижабля, как описано далее.

Полетное задание формируется оператором наземного пункта управления визуально на карте из сегментов – линий или дуг окружностей.

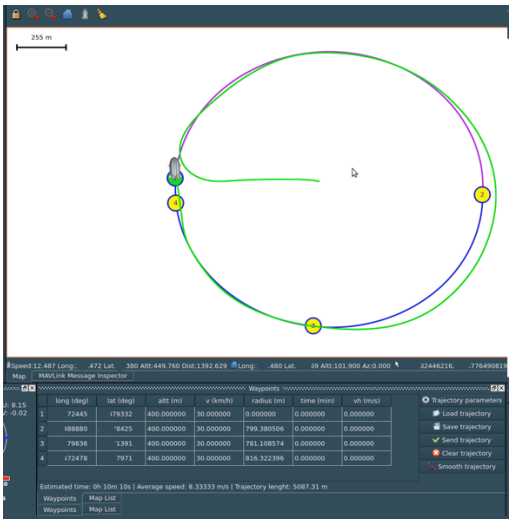


Рисунок 9 – Моделирование выполнения полетного задания

Оригинальный запатентованный алгоритм управления рассчитывает необходимые для движения по заданному полетному заданию силы и моменты и уставки исполнительных механизмов.

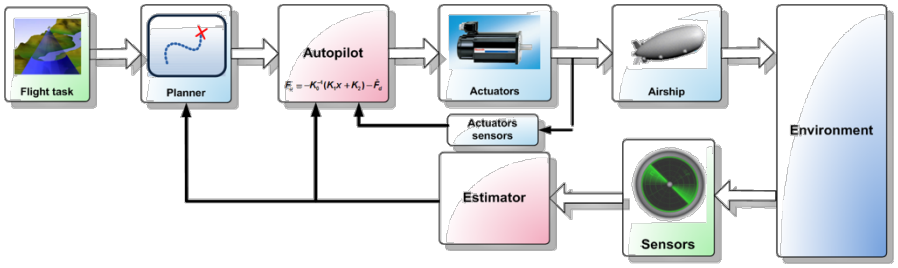


Рисунок 10 – Структура системы управления

Модификация имеющихся алгоритмов для нового дирижабля состоит в:

- настройке параметров в соответствии с его техническими характеристиками;
- доработке алгоритма распределения управляющих воздействий на исполнительные механизмы.

2 ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ДИРИЖАБЛЯ

Программно-аппаратный комплекс численного моделирования движения дирижабля предназначен для:

- оценки технических характеристик выбранной конструкции дирижабля, таких как длительность автономной работы, потребляемая энергия, точность удержания заданного положения и движения вдоль заданной траектории;
- обучения оператора и демонстрации возможностей системы;
- отладки, стендовых испытаний системы автоматического управления, системы планирования движения, автопилота взлета и посадки.

Структура программно-аппаратного тренажерного комплекса представлена на рисунке ниже.

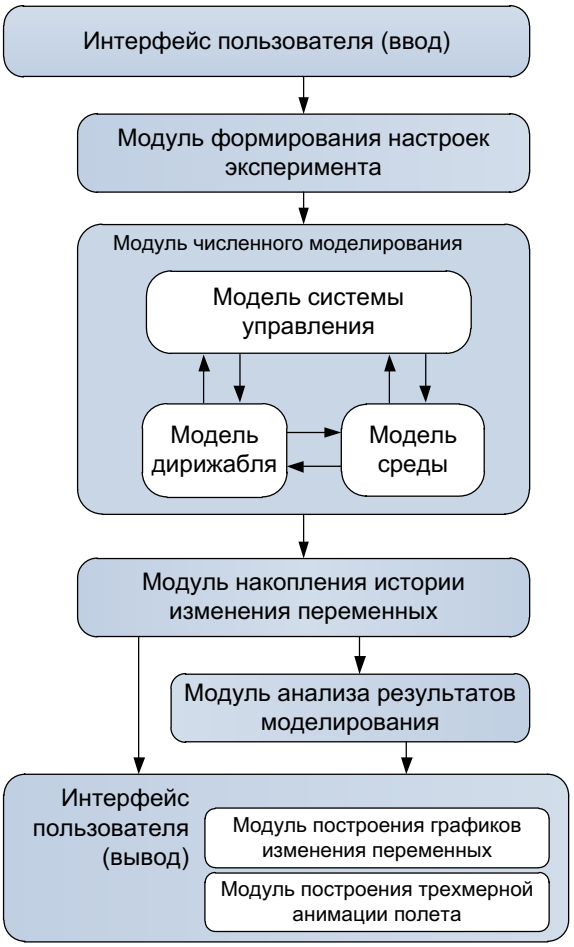


Рисунок 11 – Структура программно-аппаратного тренажерного комплекса

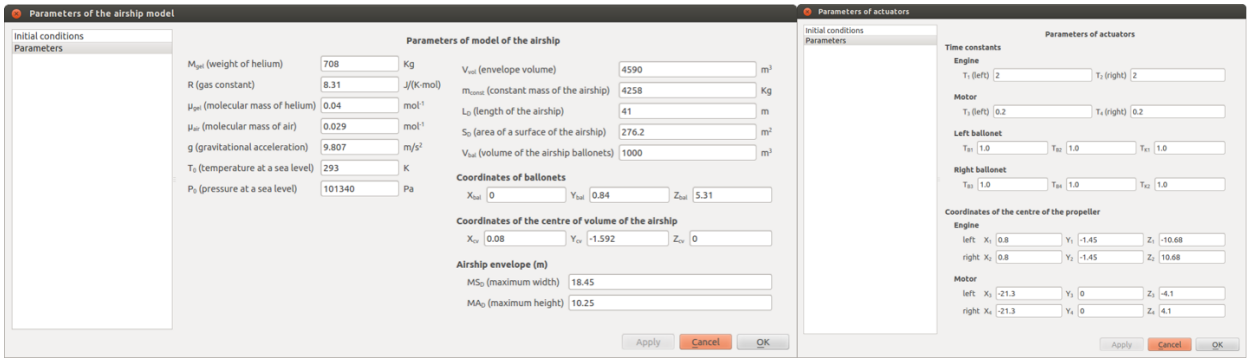


Рисунок 12 – Окна задания параметров дирижабля

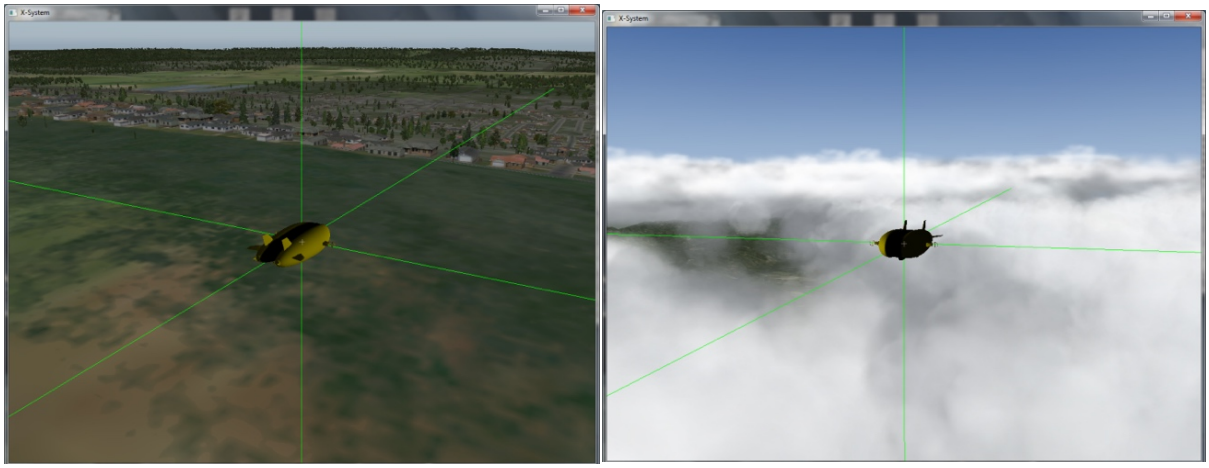


Рисунок 13 – Вариант визуализации моделирования движения дирижабля

3 РАЗРАБОТКА И ПРОГРАММНО-АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМ ДИРИЖАБЛЯ

3.1 СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ И НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДИРИЖАБЛЯ

Система управления и навигации имеет модульную архитектуру, что облегчает ее наладку, эксплуатацию и ремонт, а также позволяет модифицировать систему под требования Заказчика.

Рисунок 14 – Структура системы управления и навигации

Для системы управления (СУ) разработан высокопроизводительный компактный бортовой компьютер.

Программное обеспечение бортового компьютера разработано на базе развитой операционной системы, имеет модульную иерархическую структуру.

Это позволяет создавать различные сценарии его использования, удобно анализировать имеющиеся в системе данные и оперативно производить модификацию системы с использованием современных средств разработки.

Программное обеспечение имеет в своем составе средства записи всех полетных данных и их воспроизведения и конвертации для последующего анализа. Любые данные всегда доступны для просмотра и построения графиков.

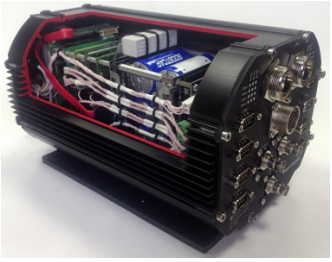


Рисунок 15 – Высокопроизводительный специализированный компактный бортовой компьютер СУ

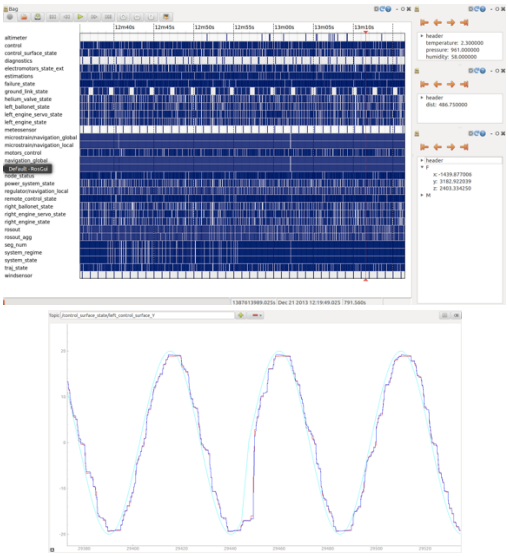


Рисунок 16 – Программное обеспечение бортового компьютера СУ

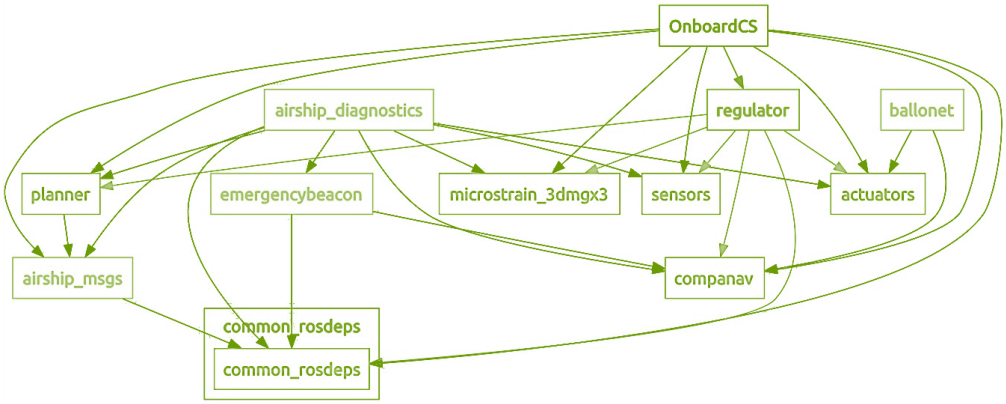


Рисунок 17 – Структура программного обеспечения бортового компьютера СУ

Навигационная система для дирижабля включает в свой состав:

- интегрированную спутниковую и инерциальную навигационную систему;
- радиолокационный высотомер;
- астронавигационную систему (опционально).

Малогабаритная интегрированная навигационная система, используя оригинальный алгоритм интегрирования данных GPS/ГЛОНАСС с измерениями инерциальных датчиков, выдает в цифровой форме полный набор необходимых для управления дирижаблем данных:

- координаты местоположения и высота;
- углы ориентации: курс, крен, тангаж;
- скорость в земной системе координат, вертикальная скорость;
- ускорения, угловые скорости.

Рисунок 18 – Система автоматического управления движением и навигационная система дирижабля

Для улучшения точности измерения курса дирижабля и резервирования используется дополнительная навигационная система.

Для предупреждения столкновения с землей и измерения расстояния до поверхности в системе используется компактный радиолокационный высотомер. Он включает в себя блок приемопередатчика и отдельную антенну. Высотомер может работать в условиях тумана, пыли и над водой.

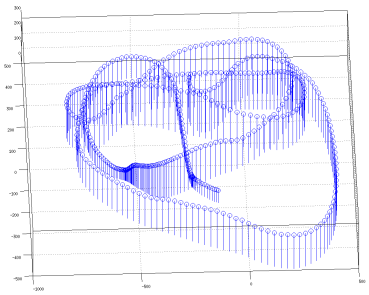


Рисунок 19 – Пример навигационных данных – трехмерная траектория полета дирижабля

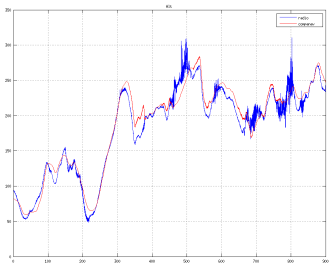


Рисунок 20 – Пример навигационных данных – показания радиовысотомера

В случае потери сигнала от спутниковой навигационной системы, а также для улучшения точности определения углового положения дирижабля опционально может быть использована альтернативная навигационная система. Наиболее точной альтернативной навигационной системой является астронавигационная система.

Астронавигационная система представляет собой средства бортового оборудования для автоматизированного определения координат их местоположения на основе использования радио – или светового излучения небесных тел.

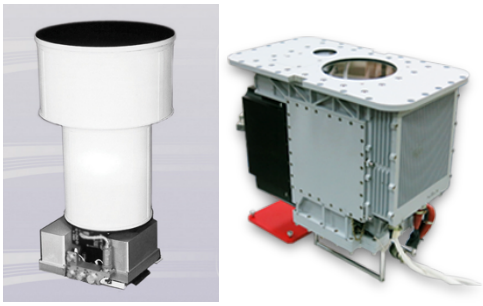


Рисунок 21 – Астронавигационные системы

Датчики внешней среды используются для оценки сил аэродинамики, действующих на дирижабль, а также для информирования оператора о параметрах среды.

Рисунок 22 – Датчики внешней среды

В состав датчиков внешней среды входят:

- датчик скорости и направления ветра;
- метеодатчик, объединяющий в себе функции датчиков температуры, давления и влажности окружающей среды.

Датчик скорости и направления ветра измеряет время, необходимое для прохождения ультразвукового импульса из одного приемо-излучающего элемента к противоположному, а затем сравнивает его со временем, необходимым для передачи импульса в противоположном направлении. Измерения производятся между

тремя парами преобразователей, что позволяет рассчитать три проекции воздушной скорости дирижабля и углы атаки и скольжения.

Метеодатчик совмещает измерение трех показателей: давления, температуры и влажности.

3.2 АВТОПИЛОТ ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ ДИРИЖАБЛЯ С АВТОМАТИЧЕСКИМ ВЫБОРОМ МЕСТА ПОСАДКИ В ЗАДАННОМ РАЙОНЕ

3.2.1 СТРУКТУРА АВТОПИЛОТА ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ ДИРИЖАБЛЯ

Режимы автономного взлета и посадки являются наиболее аварийными и сложными при управлении дирижаблем в силу ограниченности на управления в этих режимах, существенного влияния ветровых и параметрических возмущений при движении вблизи поверхности земли.

На рисунке представлена разработанная структурная схема автопилота взлета и посадки роботизированного дирижабля, включающая блоки, реализующие описанные выше закон управления, адаптацию закона управления к внешним возмущениям, локальную визуальную навигацию, а также необходимые датчики и навигационные устройства.

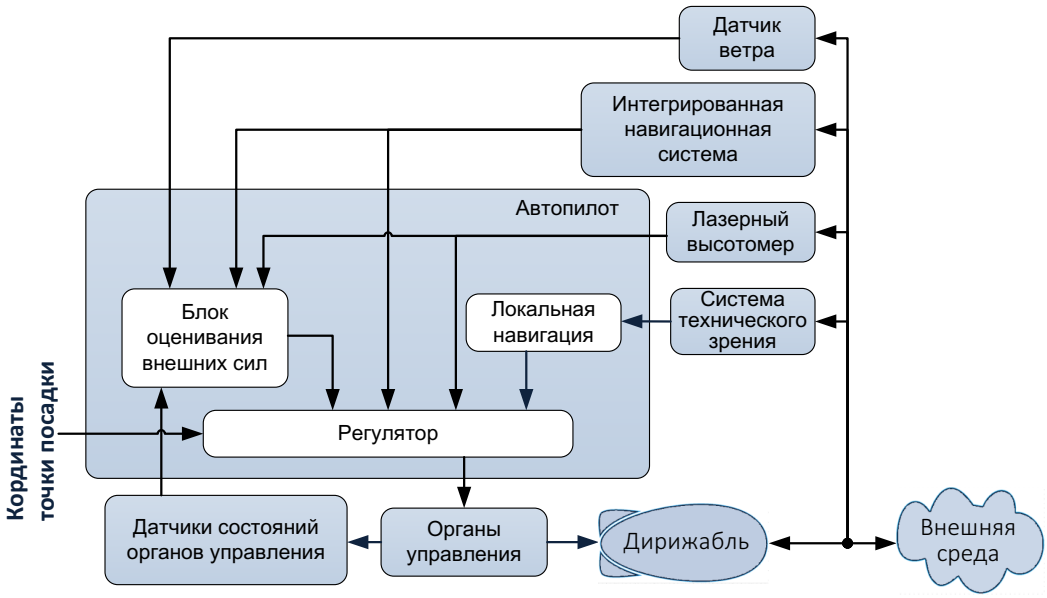


Рисунок 23 – Структура автопилота взлета и посадки

В структурную схему автопилота входят:

- регулятор, который обеспечивает движение дирижабля в область заданной точки посадки либо вдоль траектории взлета с точностью порядка точности навигационной системы;
- модуль локальной навигации, который обеспечивает более точное относительное позиционирование дирижабля в месте посадки;
- блок оценки внешних сил, который выполняет функции расчета и оценивания внешних сил.

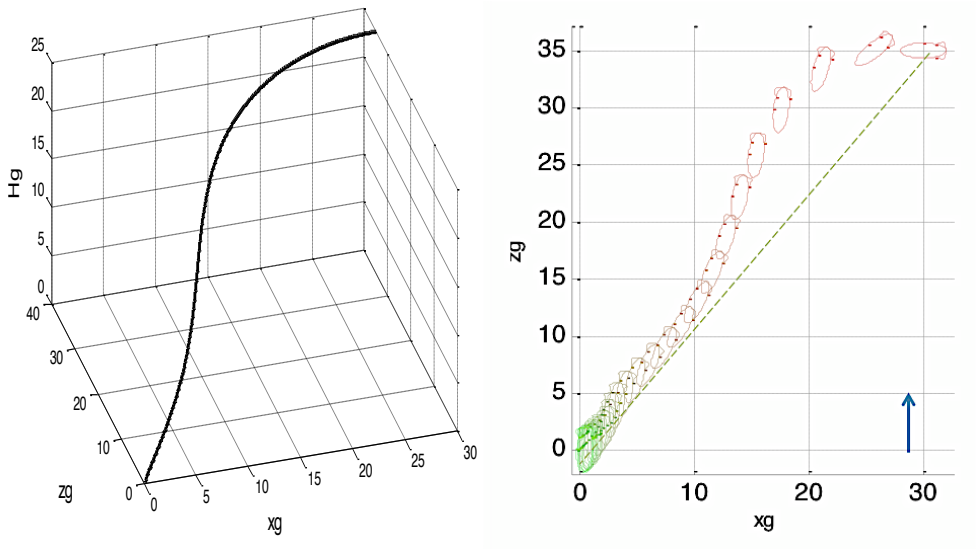


Рисунок 24 – Траектория посадки дирижабля при боковом ветре

3.2.2 АВТОМАТИЧЕСКИЙ ВЫБОР МЕСТА ПОСАДКИ

Оптимальным считается место посадки, в котором дирижабль может стоять устойчиво и ландшафт не пересекается с поверхностью дирижабля.

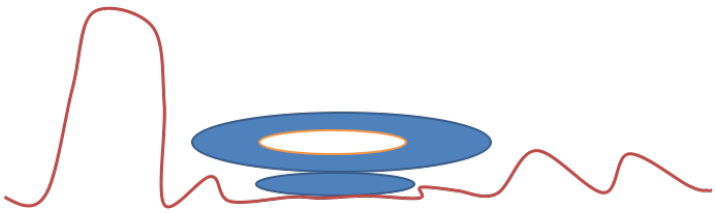


Рисунок 25 – Выбор места посадки

Показатель статической устойчивости рассчитывается для одной точки ландшафта и одной ориентации дирижабля и содержит две характеристики:

1. Площадь и распределение соприкасающихся точек поверхности ландшафта и посадочной поверхности дирижабля (показатель того, устоит ли на этом месте дирижабль).

2. Площадь и степень пересечения элементов ландшафта с непосадочной плоскостью. Степень пересечения - это показатель насколько ландшафт окажется выше плоскости (пример – столб, его площадь маленькая, но степень пересечения - высокая).

Для поиска оптимального решения используется роевой алгоритм. Для тестирования алгоритма поиска оптимального места посадки используется фрактальная генерация поверхностей.

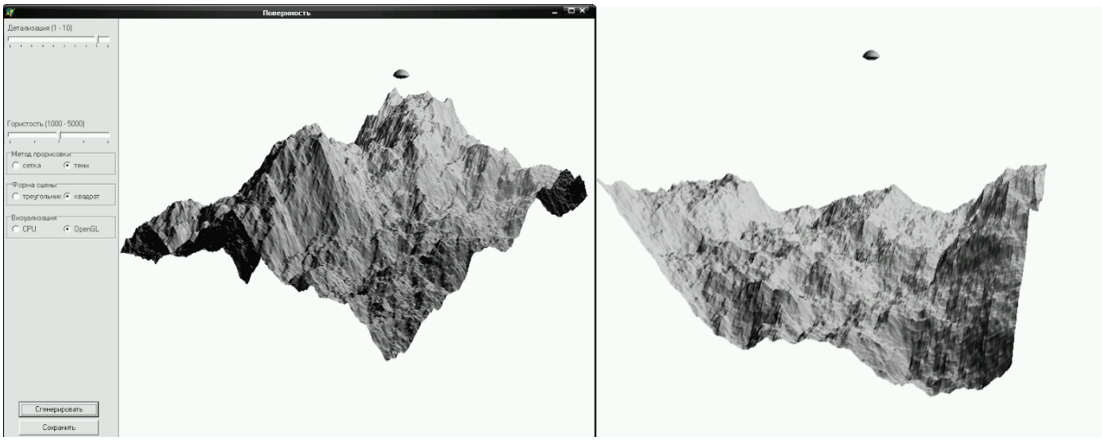


Рисунок 26 – Тестирование алгоритма поиска оптимального места посадки

3.2.3 СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Для автопилота взлета и посадки может быть разработана система технического зрения, позволяющая строить карту местности и осуществлять локальную навигацию, на базе:

- телевизионных систем (видеокамер);
- лазерного сканера;
- радиолокационной системы.

Рисунок 27 – Телевизионная система технического зрения

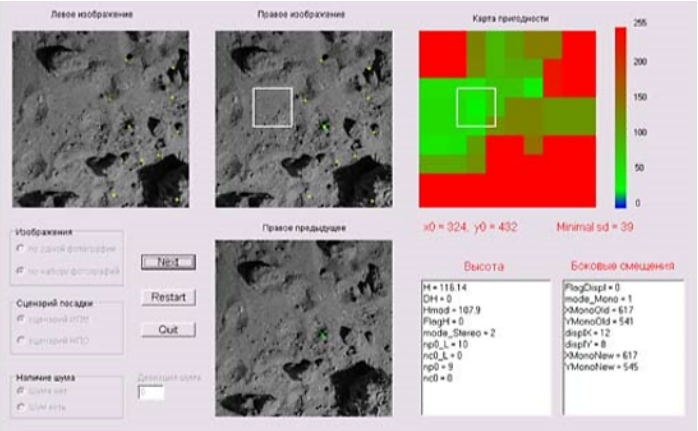


Рисунок 28 - Визуализация результатов работы телевизионной системы в режиме «Посадка»

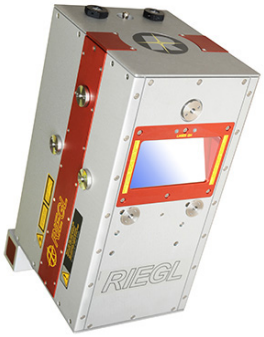


Рисунок 29 – Система лазерного сканирования

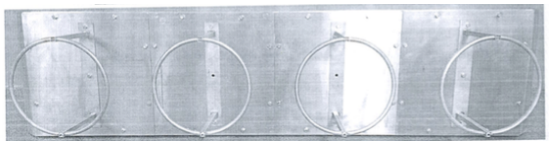


Рисунок 30 – Антенное полотно радиолокационной антенны

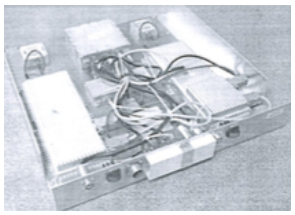


Рисунок 31 – Приемо-передающий блок радиолокационной системы

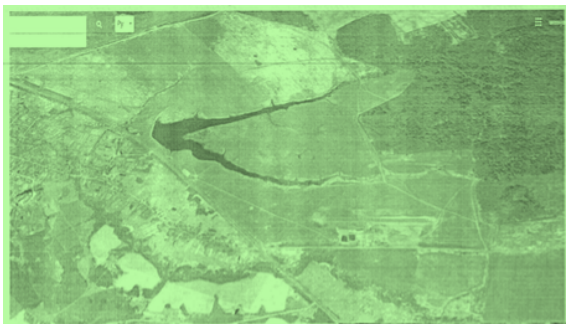


Рисунок 32 – Карта Google

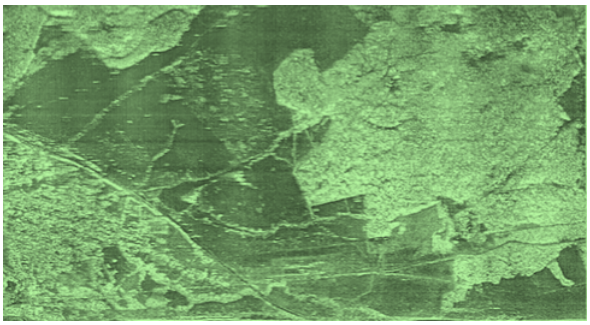


Рисунок 33 – Радиолокационная информация, полученная в результате летных испытаний

3.3 СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ДИРИЖАБЛЯ С УЧЕТОМ ВЕТРОВЫХ ПОТОКОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ВЫСОТАХ ДЛЯ ЭКОНОМИИ ЭНЕРГИИ

Планирование движения дирижабля с учетом ветровых потоков на различных высотах может сохранить до 20% энергии для задачи смены района функционирования, а также сократить время выполнения этой задачи.

Эта задача особенно актуальна для автономного стратосферного дирижабля длительного функционирования.

Основная идея подхода планирования движения дирижабля с учетом ветровых потоков на различных высотах для экономии энергии:

1. Модель среды. Разработана процедура предварительного построения модели скоростей и направлений ветра в заданном районе в зависимости от высоты и времени года. Модель основана на результатах измерений метеозондов. Для моделирования использовалась база World Meteorological Organization.

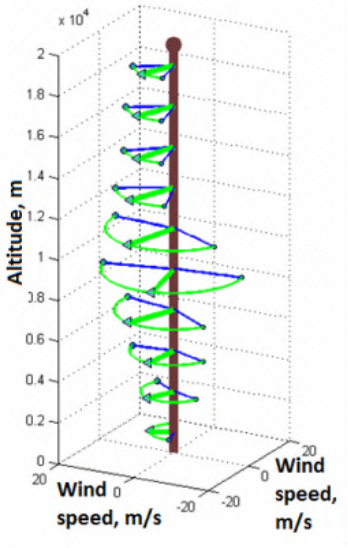


Рисунок 34 – Математическая модель ветров на различных высотах в заданной области

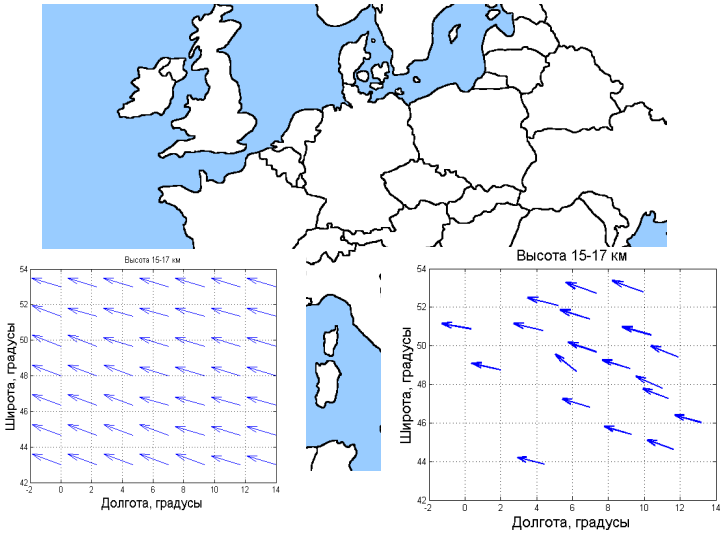


Рисунок 35 – Математическая модель ветров в заданном районе

2. Планирование априорной траектории. Выполняется планирование энергоэффективной априорной траектории на основе построенной модели.

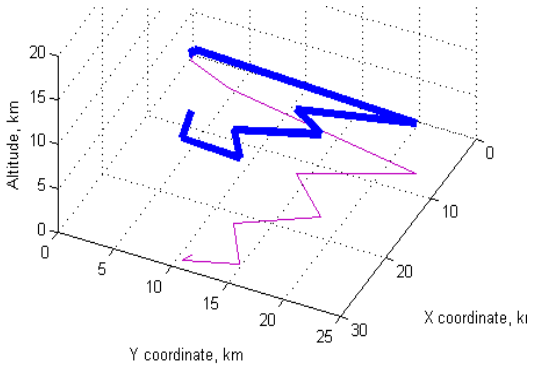


Рисунок 36 – Планирование априорной траектории

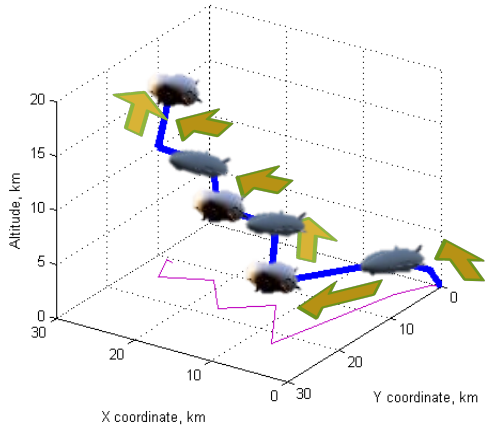


Рисунок 37 – Онлайн адаптивное перепланирование траектории

3. Адаптивное перепланирование траектории. В полете априорная траектория корректируется с учетом реальных данных измерений скорости и направления ветра.

Общая структура системы энергоэффективного планирования движения дирижабля с учетом ветровых потоков на различных высотах показана ниже.

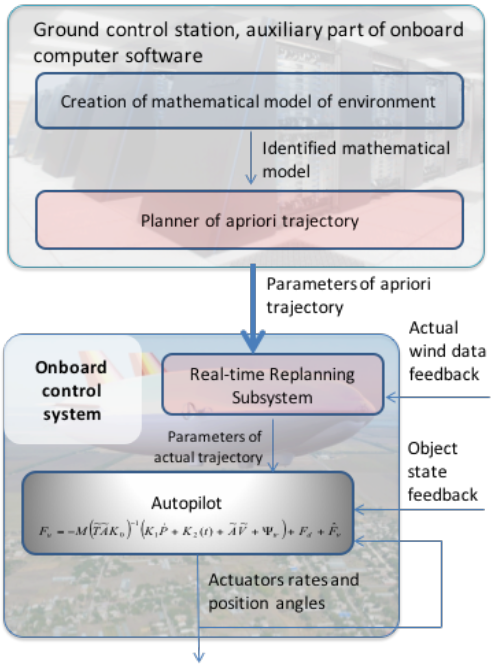


Рисунок 38 – Структура системы планирования движения

3.4 НАЗЕМНЫЙ ПУНКТ УПРАВЛЕНИЯ

Наземный пункт управления реализует функции, необходимые для взаимодействия оператора и бортовой системы управления дирижаблем.

В состав наземного пункта управления входят рабочее место оператора наземного пункта управления, устройство спутниковой навигации, звуковая система оповещения, джойстики и педали, ручной выносной пункт управления.

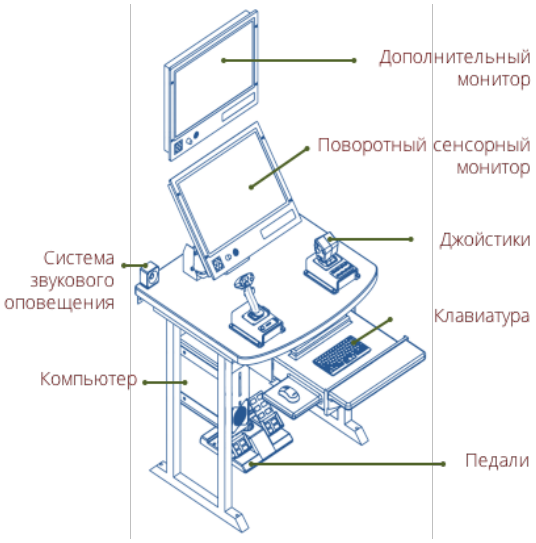


Рисунок 39 – Состав наземного пункта управления

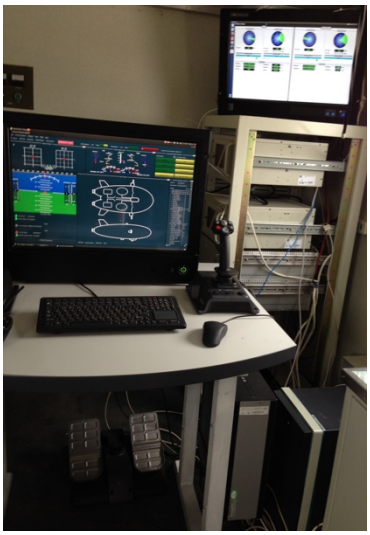


Рисунок 40 – Наземный пункт управления

Рисунок 41 – Графический интерфейс наземного пункта управления

Функциональные возможности наземного пункта управления обеспечиваются специальным программным обеспечением с графическим интерфейсом пользователя.

Ручной пульт управления предназначен для дистанционного управления дирижаблем в прямой видимости на расстоянии до 2 км.

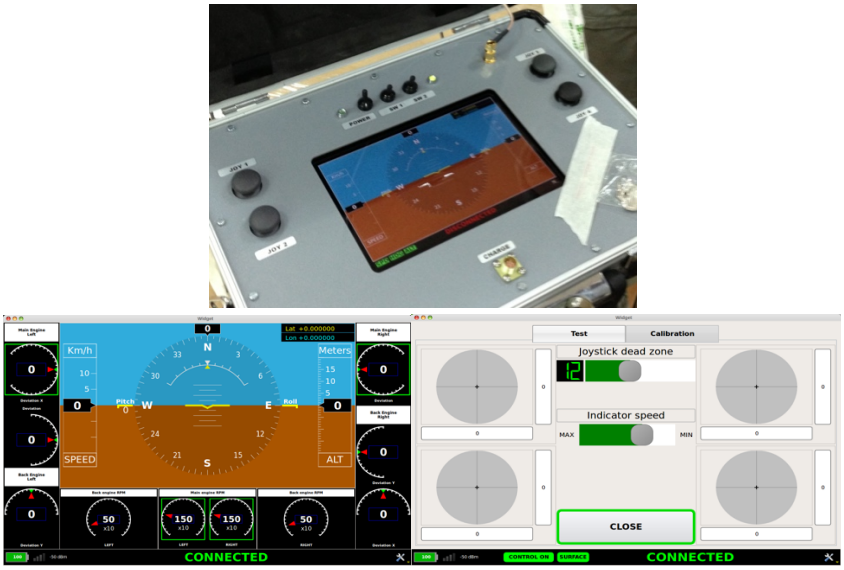


Рисунок 42 – Ручной пункт управления

В состав ручного пульта управления входят 4 двухстепенных джойстика, сенсорный дисплей, устройство связи.

На дисплее ручного пульта управления отображаются текущая навигационная информация и состояния исполнительных механизмов дирижабля.

Ручной пульт соединяется по каналу связи непосредственно с бортовой частью системы управления.

3.5 СИСТЕМА ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ ДИРИЖАБЛЯ И НАЗЕМНОГО ПУНКТА УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ АНТЕНН С ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКОЙ

Высокоскоростной канал обладает следующими характеристиками:

Таблица 1 - Технические характеристики высокоскоростного канала

Параметр	Значение
дальность передачи данных (при крейсерской высоте полета Дирижабля, без ретрансляции), км	до 200
скорость передачи данных, Мбит/с	до 32
Интерфейс	LAN
Частотный диапазон, МГц	5750 - 5850
угол электронного сканирования антенны, °	по азимуту 360
угол направленности антенны по тангажу, °	от -15 до +90

Для данных телеметрии также используется низкоскоростной канал, который обладает следующими характеристиками:

Таблица 2 - Технические характеристики низкоскоростного канала

Параметр	Значение
дальность передачи данных (при крейсерской высоте полета Дирижабля, без ретрансляции), км	до 200
скорость передачи данных, Кбит/с	32
Интерфейс	RS-485
Частотный диапазон, МГц	5400 – 5405 или 390-420
угол электронного сканирования антенны, °	по азимуту 360

Комплект оборудования канала связи обеспечивает двухстороннюю связь по низкоскоростному и высокоскоростному каналам связи при скорости Дирижабля не более 80 км/ч и скорости перемещения наземного пункта управления не более 120 км/ч.

Канал связи ручного пульта управления предназначен для управления Дирижаблем с ручного пульта управления на расстоянии до 2 км в зоне прямой видимости, в диапазоне частот 390-420 МГц или 5400-5405 МГц.

Потребляемая мощность бортового оборудования канала связи 380 Вт, напряжение питания - 27 В.

Потребляемая мощность наземного оборудования канала связи 380 Вт, напряжение питания - 27 В.

Внешний вид терминала телекоммуникации представлен на рисунке 44.

Рисунок 43 – Вариант внешнего вида терминала телекоммуникации

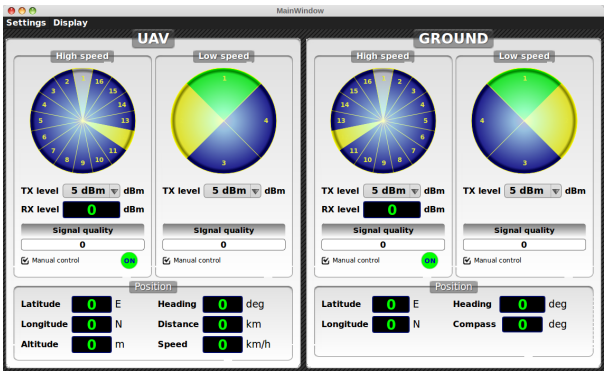


Рисунок 44 – Программное обеспечение терминала телекоммуникации

4 ИСПЫТАНИЯ

НИИ РиПУ готово направить своих специалистов для участия в проведении испытаний систем, разработанных НИИ РиПУ, и всего дирижабля в целом.

Предполагаемый перечень испытаний:

- стендовые испытания с использованием программно-аппаратного комплекса моделирования;
- наземные испытания в сборе с дирижаблем, в том числе с использованием программно-аппаратного комплекса моделирования;
- летные испытания в дистанционно-управляемом режиме;
- летные испытания в автоматическом режиме.

Программа и методики испытаний согласуются сторонами дополнительно.

5 ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ЭТАПЫ РАБОТ

Предлагаемые этапы работ и их ориентировочная длительность:

№	Наименование этапа	Основные результаты	Ориентировочная продолжительность	Примечание
1	Получение и анализ исходных данных		1 мес.	
2	Участие в проектировании дирижабля	– математическая модель дирижабля – кинематики и динамики его движения, массо-инерционных характеристик, аэростатической и аэродинамической сил, управляющих воздействий исполнительных механизмов; – результаты расчета аэродинамических характеристик дирижабля, оценка лобового сопротивления, необходимого сверхдавления в оболочке, максимальной воздушной скорости; – результаты расчета воздушно-газовой системы – потребных объемов несущего газа и баллонетов, характеристик клапанов и вентиляторов для заданной максимальной высоты полета и скороподъемности; алгоритмы работы воздушно-газовой системы; модель нагрева оболочки и алгоритмы реагирования на перегрев с использованием воздушно-газовой системы;	4 – 8 мес.	Объем работ определяется дополнительно

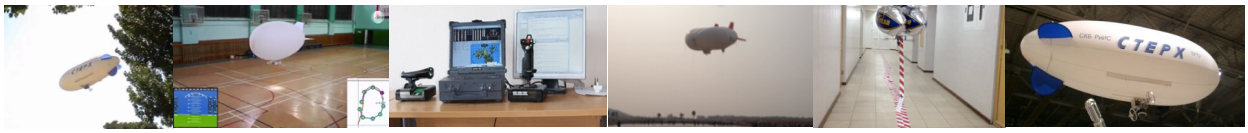
		– результаты анализа управляемости дирижабля и рекомендации по конструкции дирижабля с точки зрения управляемости – количество и мощность движителей, расчет потребной энергетики; – законы управления движением дирижабля и удержанием в заданном районе		
3	Разработка технического проекта системы управления, навигации, телекоммуникации, планирования движения, автопилота взлета и посадки дирижабля	– структурные и функциональные схемы; – обобщенные алгоритмы функционирования; – архитектура программного обеспечения; – схемы, чертежи; – выбор комплектующих; – макет на базе программно-аппаратного комплекса моделирования	8 – 12 мес.	Объем работ определяется дополнительно
4	Изготовление системы управления, навигации, телекоммуникации, планирования движения, автопилота взлета и посадки дирижабля	Готовая к поставке система	10 мес.	Объем работ определяется дополнительно
5	Поставка и пусконаладка системы управления, навигации, телекоммуникации, планирования движения, автопилота взлета и	Система установлена на предприятии заказчика	3 мес.	

	посадки дирижабля			
6	Проведение испытаний и доработка системы управления, навигации, телекоммуникации, планирования движения, автопилота взлета и посадки дирижабля	Результаты испытаний, доработанная система	3 мес.	

6 ОБ ОРГАНИЗАЦИИ-РАЗРАБОТЧИКЕ

Организация-разработчик – Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, г. Таганрог, Россия – имеет все необходимое оборудование, лабораторную базу, налаженные контакты с ведущими поставщиками комплектующих и успешную команду разработчиков.

Команда разработчиков имеет опыт инициативной разработки исследовательского роботизированного мини-дирижабля, реализации ряда НИР, изготовления опытного образца системы управления, навигации и телекоммуникации дирижабля, участвует в международных проектах по разработке систем управления дирижаблей.



Научными работниками университета разработаны методы математического моделирования дирижаблей и методы конструирования систем управления дирижаблями. Команда имеет ряд актуальных публикаций в ведущих научных журналах и патентов по тематике проектирования систем управления и навигации для дирижаблей.

Контактная информация:

Южный федеральный университет
347928, г. Таганрог,
пер. Некрасовский, 44

Пшихопов Вячеслав Хасанович,
директор НИИ РиПУ, профессор
✉ pshichop@rambler.ru
☎ 8 (8634) 37-16-94