УДК 629.7.05

РАЗРАБОТКА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО БЕСПИЛОТНОГО ДИРИЖАБЛЯ-РЕТРАНСЛЯТОРА СВЯЗИ

Покровский А.В. – студент,
Казанский национальный исследовательский технический университет
имени А.Н. Туполева – КАИ
Россия, г. Казань

В современном мире, где информация становится основным ресурсом, надежная и высококачественная связь играет ключевую роль в различных сферах жизни, но из-за некоторых факторов во многих регионах наблюдаются трудности с обеспечением устойчивого сигнала (рис.1), например, удаленность, непригодность местности для установки специального оборудования, а также при возникновении чрезвычайных ситуаций. Установка наземной инфраструктуры, такой как базовые станции или мачты, является не самым лучшим вариантом, так как она обладает высокой стоимостью развертывания, уязвимостью и трудоемкостью при строительстве. Использование спутниковых систем также является достаточно дорогостоящим.

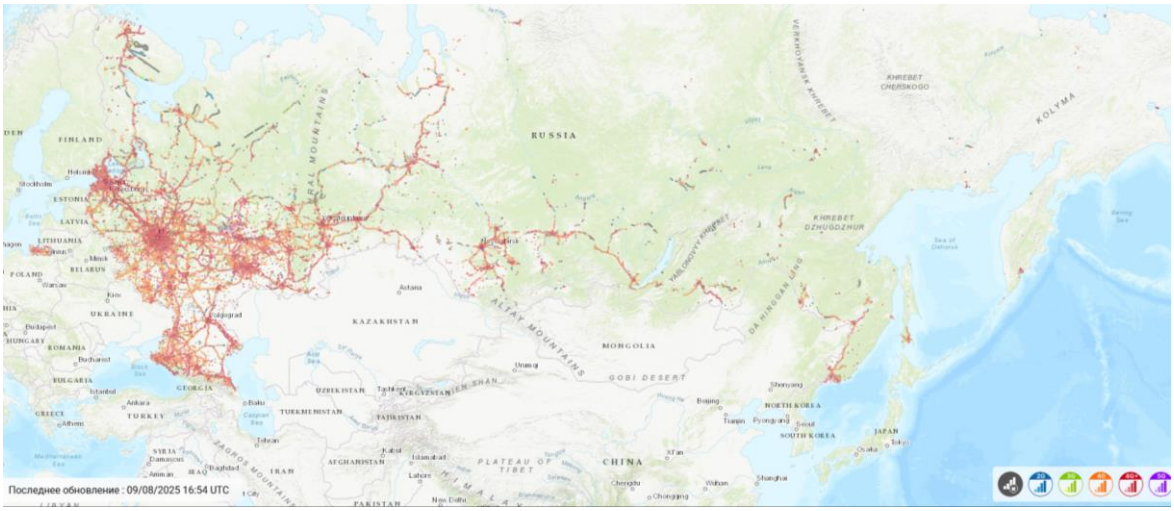

Рисунок 1 – Охват мобильной связи популярных российских операторов

Для решения данной проблемы следует использовать мобильные станции, но наземный вариант не всегда целесообразен [1]. В этой связи актуальным представляется использование дирижаблей-ретрансляторов, которые совмещают преимущества летательных аппаратов и современных беспилотных технологий. Главным плюсом дирижаблей по сравнению с другими беспилотными аппаратами, например, квадрокоптерами или беспилотных самолётами, является энергоэффективность и длительность пребывания в воздухе.

Цель исследования – разработка концепции многофункционального беспилотного дирижабля-ретранслятора связи, с полезной нагрузкой около 10

килограмм. Разработка включает в себя: определение его технических характеристик, внешнего вида и условий работы.

Для достижения поставленной цели в этой и дальнейших работах решаются следующие задачи:

1) Провести комплексный анализ существующих воздушных платформ для ретрансляции связи. В рамках данной задачи рассматриваются и сравниваются технико-эксплуатационные характеристики БПЛА различных типов (мультироторные, самолетные, аэростаты), а также пилотируемых дирижаблей.

2) Определить оптимальные конструктивные и эксплуатационные параметры дирижабля с точки зрения энергоэффективности и грузоподъёмности. Данная задача предполагает проведение параметрического исследования, направленного на поиск компромисса между ключевыми характеристиками аппарата.

3) Провести оценку эффективности применения дирижабля-ретранслятора в различных географических и климатических регионах [2].

В данной статье будет освещена лишь небольшая часть всей работы, которая включает расчет основных параметров дирижабля, подбор двигателей и материала оболочки.

Примем значение необходимой полезной нагрузки около 10 килограмм, этого вполне хватит для несения основных телекоммуникационных приспособлений. На первом этапе используется метод секущих для вычисления объема корпуса (оболочки) дирижабля. Найдем потребный объем оболочки дирижабля от коммерческой нагрузки. Исходя из расчетов объем оболочки вышел около 40 м^3. Данный летательный аппарат получился достаточно небольшим, что позволяет использовать минимум инфраструктуры для его обслуживания. На втором этапе определяются геометрические параметры корпуса дирижабля, а именно: длина корпуса L; диаметр миделя D; площадь омываемой поверхности S [3].

Уравнение эллипса применяется для образования носовой части корпуса дирижабля. Для дирижаблей небольших размеров профиль кормовой части также можно брать эллиптическим. Получив точки обвода дирижабля, можно построить его контур, а затем и электронную CAD (Computer-aided design*)* модель, представленную на рисунке 2.

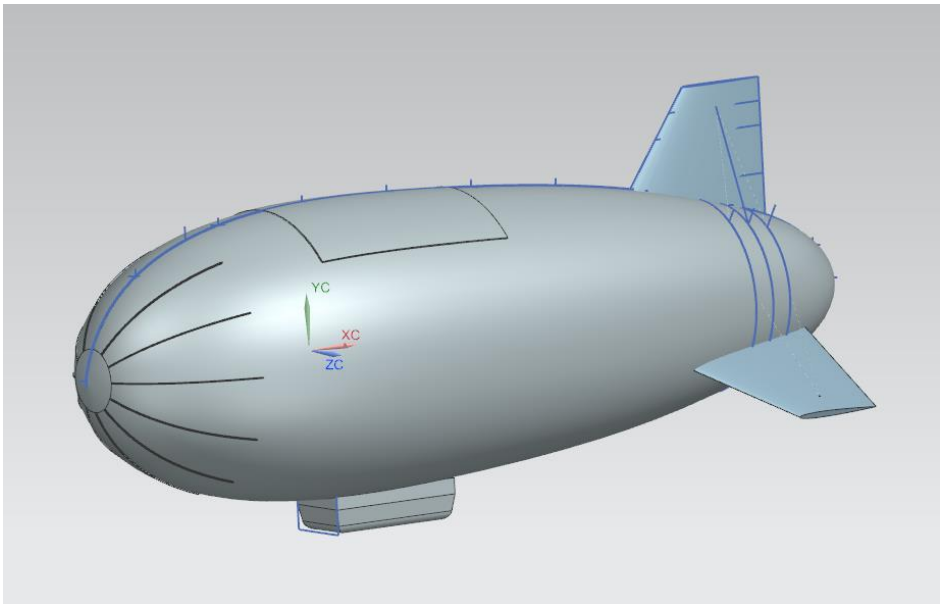

Рисунок 2 – Электронная модель дирижабля

Далее приступим к выбору прототипа двигателя, который должен использоваться на данном летательном аппарате. Двигатель подбираем исходя из общей массы дирижабля. Идеально подходит электродвигатель T-Motor P80 KV120 III с карбоновыми пропеллерами 29x9.5".

В мягких оболочках дирижаблей не допускается появление складок, т.е. везде должно быть двухосное напряженное состояние. Исходя из этого требования, вначале по максимальным нагрузкам находят минимальное требуемое избыточное давление, обеспечивающее отсутствие складок, а затем максимальное расчетное натяжение материала оболочки, по которому выбирается с учетом коэффициента безопасности материал оболочки [4]. Для данного случая был выбран тканепленочный материал (ТПМ), который состоит из композиции капрона, полиэтилентерефталата (ПЭТФ) и резины, с разрывным усилием 520/510 даН/м.

Также на дирижабле будут применяться 3 гибкие солнечные панели, что даст возможность работать автономно, без подзарядки, более длительное время. В гибкой солнечной панели E-Power 100Вт используются фотоэлементы SolarCity, что делает ее на 22% эффективней чем обычные солнечные панели с использованием китайских фотоэлементов и значительно дешевле чем солнечные батареи на основе фотоэлементов SunPower, благодаря чему мы получаем ту же мощность при меньшем размере и цене. В качестве основы используется не алюминий, а ТРТ, что делает ее более гибкой и легкой (1,8 кг на 100Вт) по сравнению с аналогами. Благодаря гибкому материалу солнечная батарея E-Power может быть установлена даже на неровной поверхности. Для ее крепления не требуется сверление отверстий.

Был разработан внешний облик дирижабля и его CAD модель. Полученные в ходе исследования и расчетов результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные параметры дирижабля

Параметр	Обозначение	Значение
Масса дирижабля	m, кг	46,992
Масса пустого дирижабля	m0, кг	36,992
Длина дирижабля	L, м	8,82
Площадь миделевого сечения	S, м^2	6,78

Проведённое исследование подтверждает перспективность применения беспилотных дирижаблей-ретрансляторов для обеспечения устойчивой связи. Основными преимуществами предложенной концепции являются: длительное время автономного полета, многофункциональность за счёт интеграции оборудования для различных видов связи, возможность использования в удалённых и труднодоступных районах, а также в условиях чрезвычайных ситуаций, что значительно облегчит жизнь работников сцеслужб и простых жителей в труднодоступных регионах [5]. В дальнейшем предполагается дальше развивать идею, уточнять параметры на местах производства и механической обработки, а также создать реальный прототип дирижабля и провести на нем ряд летных испытаний в различных условиях.

Список литературы:

1. Алехин, И. М. Беспилотные дирижабли: новые возможности для связи и мониторинга / И. М. Алехин, В. С. Петров // Наука и техника воздушного флота. – 2021. – № 4. – С. 45–56.

2. Иванов, А. С. Перспективы применения стратосферных платформ для организации связи пятого поколения (5G) / А. С. Иванов // Электросвязь. – 2022. – № 5. – С. 12–17.

3. Калашников, С. Г. Аэродинамический расчет дирижаблей с жесткой оболочкой: монография / С. Г. Калашников, П. В. Семенов. – СПб.: Политехника, 2019. – 211 с.

4. Моделирование энергобаланса автономной аэростатной платформы с солнечными панелями / О. И. Сидорова [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. – 2020. – № 1–3. – С. 34–42.

Оценка эффективности ретрансляционных систем на базе БПЛА в арктических условиях / В. К. Белов [и др.] // Труды МФТИ. – 2021. – Т. 13, № 1. – С. 78–89.