



Требования и условия эксплуатации авиационных систем доставки грузов в труднодоступные районы



С.В. Арувелли

Московский
авиационный
институт (НИУ);
Москва

e-mail:
saruvelli@gmail.com



О.С. Долгов

д.т.н., профессор
Московского
авиационного
института (НИУ);
Москва

Аннотация. Необходимость освоения труднодоступных районов диктует специфические требования к системам доставки грузов. При проектировании таких систем нужно базироваться на инфраструктурных требованиях и ограничениях, накладываемых труднодоступными районами. В данной работе описаны и проанализированы основные требования и условия эксплуатации авиационных систем доставки грузов в труднодоступные районы.

Ключевые слова: авиационная система, требования, ограничения, условия, доставка грузов, труднодоступные районы.

Введение

В XXI веке происходит глобальное потепление и изменение климата Земли, геополитической ситуации в мире, в связи с чем при исследовании и освоении отдаленных территорий существует острая необходимость совершенствования методов развития транспортно-авиационной мобильности в труднодоступных районах.

Труднодоступные районы характеризуются тяжелыми инфраструктурно-климатическими ограничениями (широкий диапазон метеорологических условий, большой разброс температуры окружающей среды, в которой применяется система, влажность и атмосферное давление, сильный порывистый ветер, высокая облачность и осадки, низкая видимость, грозы), сложным рельефом местности, отсутствием или слаборазвитостью инфраструктуры. Эти условия не позволяют применять наземный транспорт или стандартную доставку по воздуху авиацией с осуществлением посадки в точке назначения,

поэтому необходимо формирование методологии развития и функционирования транспортной авиационной мобильности в труднодоступных районах.

Потребность в специализированных авиационных системах, разрабатываемых для доставки грузов в труднодоступные районы, актуальна во множестве областей применения: предотвращение аварийных ситуаций на гидроэлектростанциях и объектах, расположенных в горных районах, доставка грузов в районы стихийных бедствий, в горячие точки, арктические районы, обеспечение транспортно-монтажных работ в районах с затрудненным доступом обычными транспортными путями, оперативная поставка продуктов питания, товаров потребления и медикаментов, оборудования для научных исследований, запчастей для ремонта нефтегазового оборудования и др.

Выделим ряд наиболее критичных областей, нуждающихся в доставке грузов, которые имеют специфику в реализации транспортной операции в условиях отсутствующей или слаборазвитой инфраструктуры: Арктическая зона РФ и дальневосточные районы, находящиеся в условиях удаленности от населенных пунктов, высокогорные районы (условия сложного рельефа местности и погодных условий), большие зоны с лесным массивом, болотистые местности, объекты, окруженные большим количеством воды. Кроме того, специфика реализации логистики авиационной мобильности, которая в том числе вызвана географической обособленностью инфраструктуры этих районов, определяется очень широкой номенклатурой грузов (тяжелые и сверхтяжелые

грузы, дорогостоящее оборудование, медикаменты и продукты питания и т.д.).

Современные транспортные системы обеспечивают доставку грузов в условиях отсутствия инфраструктуры путем десантирования грузов, т.е. с помощью авиационной системы, представляющей собой компоновку «самолет + парашютная система». Такая компоновка позволяет оперативно выполнять транспортные операции и сокращает стоимость их проведения. Альтернативными вариантами являются использование самолетов-амфибий с возможностью посадки на водную поверхность, вертолетов и дирижаблей, которые имеют огромную грузоподъемность и возможность длительное время находиться в воздухе, не требуют взлетно-посадочных полос, гораздо более экономичны по расходу топлива и, следовательно, экологичны.

Однако применение традиционных парашютных систем не всегда обеспечивает требуемую вероятность выполнения полетного задания: высадки в горных условиях, в районах со сложным рельефом местности, в лесах, в условиях вечной мерзлоты (условия арктического базирования, торосы, льды). Успешность выполнения задания требует высокой точности десантирования, которая может быть обеспечена управляемой парашютно-грузовой системой для крупногабаритных и тяжелых грузов (от 1,5 до 3 т).

Возможность эксплуатации различных видов транспортных средств для доставки грузов в труднодоступные районы (рис. 1) зависит от инфраструктурно-климатических ограничений, требований по дальности перевозки и габаритно-массовых характеристик. В связи с эксплуатацией в сложных метеорологических условиях к процессу формирования облика авиационной

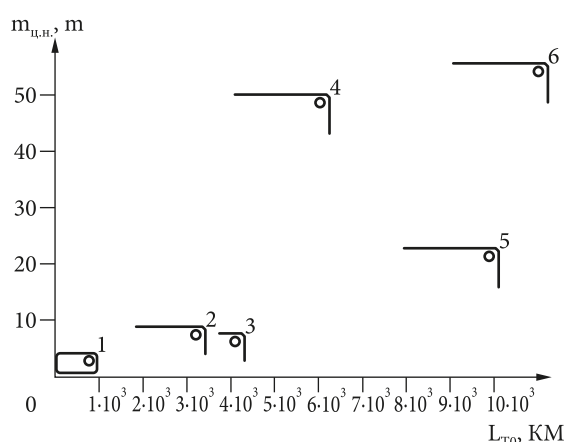


Рис. 1. Сравнительная характеристика различных видов транспорта, применяемых для доставки грузов в различные труднодоступные районы
1 – Ми-8, 2 – самолет-амфибия Бе-200, 3 – Ан-74, 4 – Ил-76, 5 – дирижабли, 6 – ледоколы

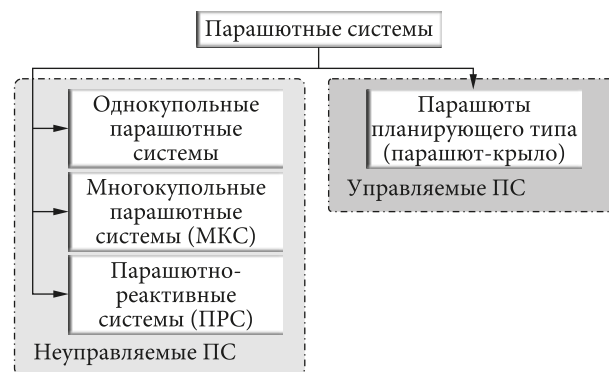


Рис. 2. Классификация грузовых парашютных систем

техники предъявляются узкоспециализированные требования.

В рамках этой процедуры выделяются три взаимосвязанных этапа (рис. 3): выбор предварительного облика, формирование окончательного облика и структурной математической модели, проектирование. В рамках первого этапа значительную роль играет анализ ограничений, требований и условий эксплуатации системы [3]. Такое структурирование позволит формализовать процесс формирования облика системы.

Создание авиационных систем, предназначенных для доставки грузов в труднодоступные районы, на основании проведенных исследований требует решения ряда специфических научно-технических задач:

- удовлетворение экономическим и экологическим требованиям;



Рис. 3. Структурная схема формирования облика авиационной системы доставки грузов в труднодоступные районы



- учет инфраструктурно-климатических и метеорологических ограничений;
- учет работы системы в условиях разреженной атмосферы высокогорья;
- учет сложного рельефа местности;
- соблюдение требований безопасности организации транспортировки грузов с учетом местности применения;
- соблюдение требований организации перевозок грузов в экстремальных погодных условиях;
- обеспечение обслуживания и ремонтпригодности системы в полевых условиях.

Многообразие задач, стоящих перед проектными организациями при формировании облика авиационной системы доставки грузов в труднодоступные районы, приводит к необходимости учета и анализа современных требований и условий эксплуатации в труднодоступных районах.

Условия доставки грузов в различные районы

Наиболее важными требованиями при формировании облика авиационной системы доставки грузов в труднодоступные районы являются:

- высокая вероятность успешной доставки;
- целостность и отсутствие повреждений груза после посадки;
- многократное использование парашютной системы (посадочной системы);
- минимальный вес и объем парашютной системы;
- простота эксплуатации и обслуживания;
- простота проектирования и производства;
- низкая стоимость проведения операции;
- низкая стоимость жизненного цикла системы (*LCC – Life Cycle Cost*);
- унификация элементов системы (возможность применения для широкого диапазона грузов).

На начальной стадии формирования облика системы определяются детали операции доставки груза: масса, габариты и тип груза, оперативность доставки (влияет на скорость и высоту сброса груза с самолета), точность приземления системы, конкретные особенности площадки приземления (наличие острых выступов, камней, деревьев, высоких объектов и т.д.), дальнейший транспортный путь или использование груза по назначению.

С учетом требований рассчитываются:

- скорость самолета при начале десантирования груза;
- максимальный скоростной напор, действующий на парашютную систему;
- минимальная высота сброса груза;

- максимальная высота площадки приземления;
- максимальная нагрузка, которая может действовать на груз во время процесса десантирования;
- максимально допустимая перегрузка при приземлении.

Условия доставки грузов рассматриваются для следующих выделенных районов: арктическая зона, дрейфующие льдины, высокогорье, лесная и болотная местность, районы, окруженные водой или расположенные в непосредственной близости от воды.

1. Арктическая зона, дрейфующие льдины, высокоширотные районы

Арктическая зона РФ и высокоширотные районы характеризуются суровым климатом: средняя температура достигает -40°C , высокая относительная влажность (до 100%), сильные ветры и ледяная пыль. Свои ограничения также накладывают толщина льда и размеры посадочной площадки. Для приземления самолета длина льдины должна быть не менее 1500 м, ширина льдины должна быть не менее 60 м [4], а для приземления парашютной системы уже не требуется таких жестких ограничений по площади приземления и по видимости, облачности и т.д.

Для арктической зоны характерным является образование нагромождения обломков льда (торосы) в результате сжатия ледового покрова. Такие условия исключают возможность поиска груза, что ведет к повышенным требованиям к точности приземления целевой нагрузки.

Для выполнения научных и стратегических задач в арктической зоне необходима высокооперативная доставка с помощью авиационных систем специфических грузов (специальные грузы, научное оборудование, нефтедобывающее оборудование, нефтяные буры и строительная техника, транспортные машины – снегоходы, трактора, аэросани и т.д.), а также топлива в районы работы дрейфующих полярных станций, в зоны базирования оперативных отрядов Арктического военного округа Вооруженных Сил РФ и Пограничных войск ФСБ России, МЧС России, зоны ледовой проводки караванов судов по СМП.

Рассмотрим множество ограничений, накладываемое на авиационную систему, для Арктической зоны РФ и высокоширотных районов [1]:

$$U = U(L_{\text{то}}, L_{\text{потр}}, U_{\text{точн}}, m_{\text{ц.н.}}, U_{\text{рельеф}}, U_{\text{поиск}}, U_{\text{погода}}, U_{\text{климат}}), \quad (1)$$

где $U_1 = L_{\text{то}}$ – вероятностная максимальная дальность транспортной операции в полярном регионе

на маршруте «туда-обратно»: $L_{то}=2L_{п}$, где $L_{п}$ – дальность полета от точки взлета до точки назначения; $U_2=L_{потр}$ – потребная дальность транспортной операции в полярном регионе; $U_3=U_{точн}$ – ограничение по точности приземления груза; $U_4=m_{ц.н.}$ – ограничение по десантируемой посредством парашютной системы массе целевой нагрузки; $U_5=U_{рельеф}$ – ограничение по рельефу местности; $U_5=U_{поиск}$ – ограничение по поисковым операциям (обнаружение груза); $U_7=U_{погода}$ – погодные условия района десантирования; $U_8=U_{климат}$ – климатические условия района десантирования.

2. Высокогорные районы

Особенностями высокогорных районов являются:

- большая высота площадки приземления (может достигать 5 км над уровнем моря) и соответственно разреженность атмосферы, что исключает возможность применения вертолетов;
- сложный рельеф горной местности (различные препятствия и т.д.);
- ограниченная площадь зоны приземления;
- наклон площадки приземления груза;
- порывистый и сильный ветер.

Нужно учитывать указанную выше особенность высокогорья – значительное уменьшение плотности и температуры атмосферы с увеличением высоты над землей. От состояния атмосферы зависит сопротивление, испытываемое телами, падающими в воздухе. Следовательно, условия десантируемых грузов, спускающихся на парашюте, также определяются свойствами атмосферы.

Заметное нагревание воздуха происходит излучением нагретой солнечными лучами земной поверхности. Слои воздуха, расположенные ближе к земной поверхности, нагреваются сильнее, а более удаленные – слабее. В результате легкие теплые массы воздуха поднимаются вверх и, расширяясь, охлаждаются; тяжелые холодные массы воздуха опускаются вниз и, сжимаясь, нагреваются. Так возникают восходящие и нисходящие потоки воздуха, которые вызывают резко проявляющееся перемешивание воздуха по вертикали и понижение температуры. Это имеет особенную важность в высокогорных условиях, т.к. вносит нестационарность в распределение плотности атмосферы.

В тропосфере (от поверхности Земли и до высоты 11 км в умеренных широтах) температура воздуха понижается на 6,5 °С на каждый километр. Следовательно, пользуясь формулой лобового сопротивления воздуха [2], можно вычислить, на-

сколько существенно влияние атмосферы на систему «груз – парашют»:

$$Q(h) = \frac{p(h) \cdot V^2}{2} \cdot (c_r f_r + c_p f_p), \quad (2)$$

где $p(h)$ – плотность воздуха в зависимости от текущей высоты h ; V – скорость снижения груза; f_r – площадь миделя груза; c_r – коэффициент лобового сопротивления груза, отнесенный к площади f_r ; f_p – площадь парашюта; c_p – коэффициент сопротивления парашюта.

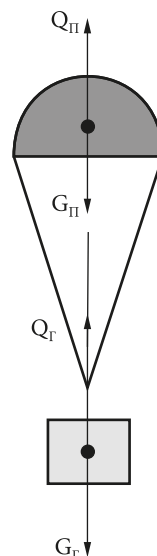


Рис. 4. Схема сил, действующих на систему «груз-парашют» при вертикальном снижении

На высоте $h_1 = 1$ км над уровнем моря (при температуре на уровне моря, равной 15 °С) усредненная плотность воздуха равна 1,112 кг/м³, а на высоте $h_5 = 5$ км плотность составляет 0,736 кг/м³.

Отсюда:

$$Q(h_1) = 1,51 \cdot Q(h_2). \quad (3)$$

То есть сопротивление воздуха на высоте 5 км в 1,51 раза меньше, чем на высоте 1 км, что ведет к увеличению площади купола парашюта и снижению характеристик управления.

3. Лесные и болотистые местности, районы, окруженные большим количеством воды

Лесные и болотистые местности предъявляют повышенные требования к точности посадки груза и сильно сужают радиус поиска груза (из-за наличия большого количества препятствий, таких как деревья, крупные растения и кустарники и т.д.) и податливости грунта места посадки (болота, топи).



Районы, окруженные большим количеством воды, представляют также определенные трудности для посадки как летательных аппаратов, так и традиционных неуправляемых парашютных систем. Требуется специальные конструктивные решения, позволяющие осуществлять доставку грузов на поверхность воды и обеспечивать сохранность груза в этих условиях, либо парашютные системы с высокоточным управлением для посадки груза непосредственно на объект.

Выводы

На основе вышесказанного можно сделать вывод, что при формировании облика авиационной системы доставки грузов в труднодоступные районы необходимо уделять внимание ограничениям и условиям эксплуатации, т.к. они играют значительную роль в процессе формирования облика системы.

Если местность или метеорологические условия (сильный ветер и другие рассмотренные выше ограничения) труднодоступного района не позволяют выполнить посадку с помощью неуправляемых ПС, т.к. предъявляются повышенные требования к точности доставки груза, то следует применять парашюты планирующего типа, которые позволяют управлять траекторией спуска. Неуправляемые парашютные системы сильно зависят от погодных условий и отличаются невысокой точностью приземления. Парашютные системы на основе планирующих парашютов оснащаются системами стабилизации положения груза и системами дистанционного управления (RCS – *Remote Control Systems*). Современные перспективные системы управления с использованием искусственного интеллекта (AI) на основе нейронных сетей позволяют добиться очень высокой точности посадки груза. Также процесс доставки груза может включать применение устройств для поиска груза и устройств для обеспечения плавучести (системы наддува поплавков).

Исследования показывают [5], что коэффициент сопротивления может значительно уменьшиться (более чем в 2 раза) при тяжелых погодных условиях (порывистый ветер, дождь). Такое поведение парашюта необходимо учитывать при планировании транспортной операции.

При формировании облика авиационной системы доставки грузов в труднодоступные районы необходимо выбрать оптимальное решение с учетом всех особенностей, что обеспечит требуемую устойчивость, вес, объем и стоимость системы.

Литература

1. Куприков Н.М. Структурно-параметрический анализ влияния момента-инерционного фактора на облик самолета арктического базирования. Дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. М.: МАИ, 2015. 180 с.
2. Лобанов Н.А. Основы расчета и конструирования парашютных систем. М.: Машиностроение. 1965. 365 с.
3. Лялин В.В., Морозов В.И., Пономарев А.Т. Парашютные системы. Проблемы и методы их решения. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2009. 576 с.
4. Руководство по производству ледовой авиаразведки. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 240 с.
5. Tung Wan, Ryan Huo, Chao An Cheng. Numerical Simulations of Parachute Aerodynamic Characteristics under Severe Weather. AIAA SciTech. 4-8 January 2016, San Diego, California, USA. 54th AIAA Aerospace Sciences Meeting.

Requirements and Operating Conditions of Aviation Cargo Delivery Systems to the Hard-to-Reach Areas

S.V. Aruvelli, Moscow aviation institute (NRU); Moscow

e-mail: saruvelli@gmail.com

O.S. Dolgov, doctor of technical sciences, professor of Moscow aviation institute (NRU); Moscow

Summary. Need of development of hard-to-reach areas dictates specific requirements to the cargo delivery systems. At design of such systems it is necessary to base on the infrastructure requirements and restrictions imposed by hard-to-reach areas. In this work the main requirements and operating conditions of aviation cargo delivery systems to the hard-to-reach areas are described and analyzed.

Keywords: aviation systems, requirements, operating conditions, cargo delivery, hard-to-reach areas.

References:

1. Kuprikov N.M. Structural and parametrical analysis of influence of a moment-inertial factor on shape of the plane of the Arctic basing. *The thesis for a degree of Candidate of Technical Sciences*. 2015. Moscow, 180 p.
2. Lobanov N.A. Bases of calculation and designing of parachute systems. *Mechanical engineering*. 1965. Moscow, 365 p.
3. Lyalin V.V., Morozov V.I., Ponomarev A.T. Parachute systems. Problems and methods of their decision. *Publishing house of physical and mathematical and technical literature (FIZMATLIT)*. 2009. Moscow, 576 p.
4. Guide to production of ice aviainvestigation. *Gidrometeizdat*. 1981. Leningrad, 240 p.
5. Tung Wan, Ryan Huo, Chao An Cheng. Numerical Simulations of Parachute Aerodynamic Characteristics under Severe Weather. AIAA SciTech. 4-8 January 2016, San Diego, California, USA. 54th AIAA Aerospace Sciences Meeting.