

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНЫХ КОНЦЕПЦИЙ, СЦЕНАРИЕВ ПРИМЕНЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ ВНЕШНЕГО ОБЛИКА ПЕРСПЕКТИВНОГО БПЛА САМОЛЕТНОГО ТИПА ВЗЛЕТНОЙ МАССОЙ ДО 5400 КГ

Широков А.И., Гостев А.В.

Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет),  
Москва, Россия

Atlantovets7@yandex.ru, aleksgostev@yandex.ru

*Аннотация. В работе рассмотрены основные варианты реализации и концепции применения перспективного БПЛА самолетного типа. На основе анализа ключевых пунктов НЛГ «БАС-СТ» выбраны ключевые факторы, которые будут определять внешний облик и характеристики будущего изделия. На основе анализа рынка, а также самолетов-аналогов сформированы основные компоновочные решения, а также определены требования к летно-техническим характеристикам. Проведен анализ преимуществ и недостатков различных концепций и на его основании выбран лучший вариант применения, под данный вариант сформирован внешний облик изделия.*

*Ключевые слова: внешний облик, беспилотный летательный аппарат, эффективность, сценарии применения.*

## Введение

Объем грузоперевозок в Российской Федерации постоянно растет. Также растет и география авиационных маршрутов. Связано это с появлением новых городов, сел, поселков и т.п. Например, появляются новые города, агломерации – центры по добыче полезных ископаемых в северных, северо-восточных и восточных регионах. Появляются новые районные центры, новые поселки вахтовиков. Эти изменения обеспечивают стремительное развитие и авиационной отрасли. В частности, в индустрии появляется все больше беспилотных технологий. Но, в отличие от развития географии полетов и развития беспилотных технологий, парк транспортной авиации РФ не меняется уже долгие годы.

Основу транспортного авиапарка РФ составляют устаревшие Ан-24, Ан-26, L-410, Ан-2 и т.п. Данные ЛА, помимо высокого расхода ГСМ, нуждаются в экипаже из нескольких человек. Также, если Ан 24/26 оборудованы мощными ТВД, что обеспечивает им относительно высокие скорости полета и дальность, то Ан-2 и L-410 оснащены менее мощными силовыми установками. Так, крейсерская скорость Ан-2 – 180 км/ч, L-410 – 380 км/ч. Все это увеличивает стоимость летного часа, снижает рентабельность авиаперевозок и, в целом, снижает эффективность эксплуатации самолетов.

В 2023 году Росавиацией был выпущен документ НЛГ «БАС-СТ», регламентирующий требования к беспилотным машинам самолетного типа с взлетной массой до 5400 кг. Соответственно, встает вопрос о возможности существования, создания и рентабельности машин, которые могут быть созданы по требованиям данного документа в ближайшее время.

## 1. Анализ документа «НЛГ БАС-СТ»

Для формирования технического задания на определение внешнего облика БПЛА первым делом идет анализ основных требований НЛГ. Исходя из этого анализа формируется:

- минимальное количество двигателей;
- определение градиента набора высоты при отказе 1-го двигателя.

Одним из основных пунктов НЛГ является БАС-СТ.16 «Общие положения», где говорится, что при отказе критического двигателя летная годность не должна снижаться и должна обеспечиваться возможность безопасного завершения полета. Следовательно, делается вывод о том, что силовая установка изделия должна быть представлена минимум двумя двигателями.

Также в НЛГ есть пункты, которые предъявляют требования значения градиента набора высоты для различного положения механизации, шасси и количества работающих двигателей. Для удобства анализа все вышеописанные требования сведены в таблицу:

Таблица 1. Требования НЛГ по градиенту набора высоты

Пункт НЛГ БАС-СТ/НЛГ-23	Требования механизации/шасси/отказ двигателя	Значение градиента набора высоты
БАС-СТ.16 Общие положения	При отказе критического двигателя не приводило к снижению летной годности и была обеспечена возможность безопасного завершения полета	>0
БАС-СТ.65 Начальный набор высоты со всеми работающими двигателями	Без отказа двигателя, мех. – взл., шасси – убрано Без отказа двигателя, мех. – взл., шасси - выпущено	5,0% 2,5%
НЛГ 23.66 Начальный набор высоты при взлете с одним неработающим двигателем	Винт мин.сопр., режим дв. – взлетный, шасси выпущено, или не убирается 7 с, мех. – взл., полет без крена.	>0
НЛГ 23.67 Набор высоты с одним неработающим двигателем	Отказ дв, винт – мин.сопр., мех – убрано, шасси – убрано, скорость не менее 1,2V <sub>si</sub> , высота 450м.	0,75%

## 2. Варианты силовой установки, рассматриваемые к применению на изделии

Маршевый двигатель силовой установки выбирается из двигателей исключительно Российского производства высокой степени готовности. В частности, для реализации требований НЛГ БАС-СТ рассматриваются двигатели АПД-110/120, АПД-250/300, ВК-650.

АПД 110/120 представляет из себя оппозитный четырехцилиндровый поршневой двигатель с комбинированным охлаждением. Имеет искровое зажигание и распределенный впрыск топлива. Изготавливается российской компанией «Агат». Мощность двигателя – 120 л.с.

АПД 250/300 также изготавливается компанией «Агат». Мощность двигателя – 300 л.с.

ВК-650 – турбовинтовой двигатель, разработанный в АО «ОДК-Климов». Изначально проект рассматривался как вертолетный двигатель для установки на изделия Ка-226 и «Ансат». Но позже стало известно о возможности установки данного двигателя на самолетную технику. На самолеты данный двигатель будет устанавливаться вместе с понижающим редуктором и будет носить обозначение ВК-650С (С-самолетный). Ниже приведены его основные характеристики:

Таблица 2. Характеристики ТВД «ВК-650»

Мощность двигателя на чрезвычайном режиме	750 л.с.
Мощность двигателя на взлетном режиме	650 л.с.
Удельный расход топлива	0,245 кг/л.с · ч
Сухая масса	105 кг

Варианты количества устанавливаемых типов двигателей:

- вариант 1-1: 2 х АПД 110/120;
- вариант 1-2: 4 х АПД 110/120;
- вариант 2: 2 х АПД-250/300;
- вариант 3-1: 1 х ВК-650;
- вариант 3-2: 2 х ВК-650.

Дальнейшие расчеты покажут, что самым эффективным с точки зрения весовой отдачи вариантом является вариант 3-2: 2 х ВК-650. В таком случае обеспечивается рациональная целевая нагрузка и дальности полета.

### 3. Сценарии применения

Основными сформулированными сценариями применения являются:

- рейс с аэродрома базирования без посадки в точку доставки груза;
- рейс с посадкой в точке доставки без выключения двигателей с контейнером;
- рейс с посадкой в точке доставки без выключения двигателей в грузовом отсеке;
- рейс с посадкой в точке доставки с выключением двигателей;
- рейс между полноценными аэродромами.
- Далее, для примера, рассматриваются преимущества и недостатки некоторых из сценариев.

#### 3.1. Рейс с аэродрома базирования без посадки в точку доставки груза

Груз сбрасывается с малой высоты. Демпфирование груза о поверхность происходит за счет сминаемой части контейнера, за счет поглощения энергии наземной площадкой, или за счет парашютной системы.

Преимущества:

- обслуживание изделия осуществляется централизованно, на аэродроме базирования;
- нет необходимости разрабатывать взлетно-посадочные устройства для грунтовых полос;
- отсутствует необходимость привязки точки доставки к ВПП;
- в точке доставки отсутствует обученный персонал, допущенный до работы с АТ.
- Недостатки:
- снижение плеча за счет запаса топлива на аэродром базирования;
- ограничение номенклатуры перевозимого груза из-за невозможности полностью погасить перегрузку при приземлении.

#### 3.2. Рейс с посадкой в точке доставки без выключения двигателей (с контейнером)

Изделие, не выключая двигателей, осуществляет разворот на полосе и взлет. Грузовой контейнер отцепляется от БпЛА, остается на ВПП и разгружается после взлета БпЛА. Контейнеры могут быть двух типов: одноразовые из картона с нанесенными ЛКП, фанеры и полиэтилена и многоразовые разборные. Одноразовые утилизируются на месте. Многоразовые накапливаются, разбираются и вывозятся автотранспортом.

Преимущества:

- обслуживание БпЛА осуществляется централизованно, на аэродроме базирования;
- в точке доставки отсутствует обученный персонал, допущенный до работы с АТ.
- Недостатки:
- снижение плеча за счет запаса топлива на аэродром базирования;
- БпЛА должен оснащаться системой автоматической рулежки, взлета и посадки в условиях плохой видимости, ВПП должна осуществляться средствами топопривязки и информационного обмена с навигационной системой БпЛА;
- в логистической цепочке появляется автомобильный транспорт для вывоза многоразовых контейнеров.

#### 3.3. Рейс с посадкой в точке доставки с выключением двигателей (груз в отсеке)

По окончании полета в точку доставки двигатели выключаются. Начинается разгрузка наземным персоналом. Груз может располагаться как навалом, так и в контейнере. Имеется возможность вернуть пустой контейнер на борт. Наземный персонал осуществляет предполетную подготовку и заправку.

Преимущества:

- наибольшая гибкость в выборе способа транспортировки груза на борту;
- высокая надежность транспортной системы за счет контроля БпЛА техническим персоналом в точке доставки груза;
- увеличение плеча полета за счет заправки в точке доставки.
- Недостатки:
- необходимо иметь квалифицированный сертифицированный персонал и средства обслуживания вдали от места базирования;
- БпЛА должен оснащаться системой автоматической рулежки, взлета и посадки в условиях плохой видимости, ВПП должна осуществляться средствами топопривязки и информационного обмена с навигационной системой БпЛА.

### 3.4. Выбор итогового сценария применения

Так как одна из целей создания подобного комплекса – обеспечение максимальной рентабельности, дешевизны создания и сертификации, следовательно, исключаются все пункты, где присутствуют либо дополнительные звенья в логистической цепочке (автомобильный транспорт), либо дополнительные затраты на сертификацию оборудования (грузовой контейнер). В итоге остается сценарий с посадкой изделия в точке доставки, отключения двигателей и разгрузка на стоянке. Затраты, которые будут направлены на содержания наземного сертифицированного персонала по предварительной оценке меньше затрат на процедуры дополнительной сертификации контейнеров или на обслуживание автотранспортных средств.

## 4. Определение потребной дальности и массы целевой нагрузки

### 4.1. Определение потребной дальности

Исходя из концепции применения и ограничения взлетной массы в 5400 кг эффективность рассматриваемого комплекса будет ниже по сравнению с ВС, способными летать между крупными аэродромами (класс «В» и выше). Следовательно, БпЛА будет летать в населенные пункты с аэродромами, на которые не способны совершить посадку транспортные самолеты типа Ан-24. Грузы для этих пунктов будут доставляться в аэродром вылета по средствам ж/д и автомобильного транспорта. Следовательно, можно сформировать концепцию, исходя из которой комплекс с БпЛА базируется в крупном «хабе», где есть ж/д и автомобильное сообщение. Загрузив изделие в «хабе», БпЛА вылетает к пункту назначения.

Большая часть западной и южной территории Российской Федерации покрыта развитой сетью ж/д сообщения. Следовательно, зоной применения комплекса стоит выбирать Урал, Сибирь и Дальний Восток.

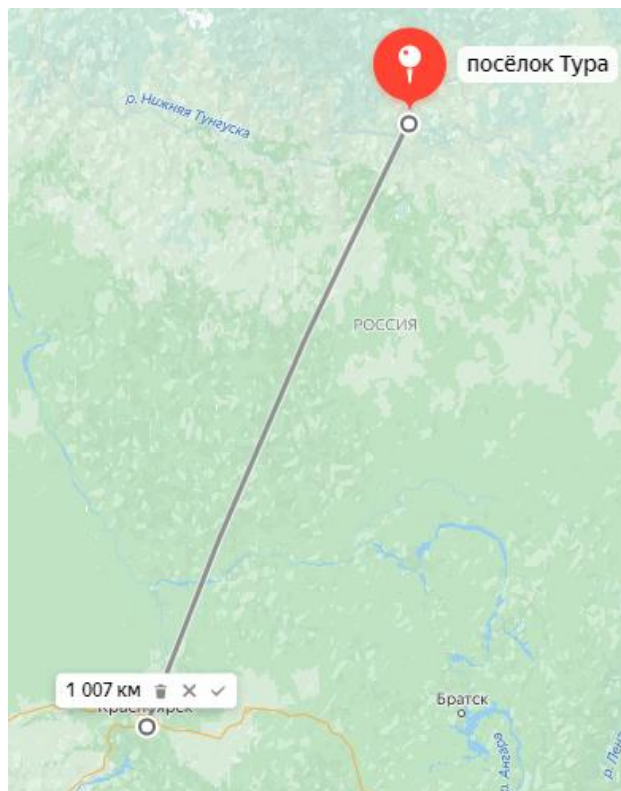
Для примера в качестве «хаба» выбирается аэродром г. Красноярск. Из этого города изделие может выполнить максимально длинный рейс до н.п. Тура – 1001 км. При дальнейшем увеличении длительности маршрута данный рейс будет попадать в зону действия хаба Норильск. Соответственно, не имеет смысла дальнейшее увеличение дальности полета (что, дополнительно, приведет к снижению целевой нагрузки). Что касается западного направления относительно Красноярска, то там маршруты свыше 900 км. будут пересекаться с «хабами» Сургута. С Востока – Чита и Иркутск.

Равносильная картина встречается и с другими регионами. Так, при анализе Дальнего Востока самым продолжительным маршрутом может быть Хабаровск – Экимчан (528 км.) Далее маршрут попадает в зону действия Якутска. На Чукотке самый продолжительный маршрут Магадан-Андрюшкино (1084 км.) На Ямале Воркута – Сабета (522 км).

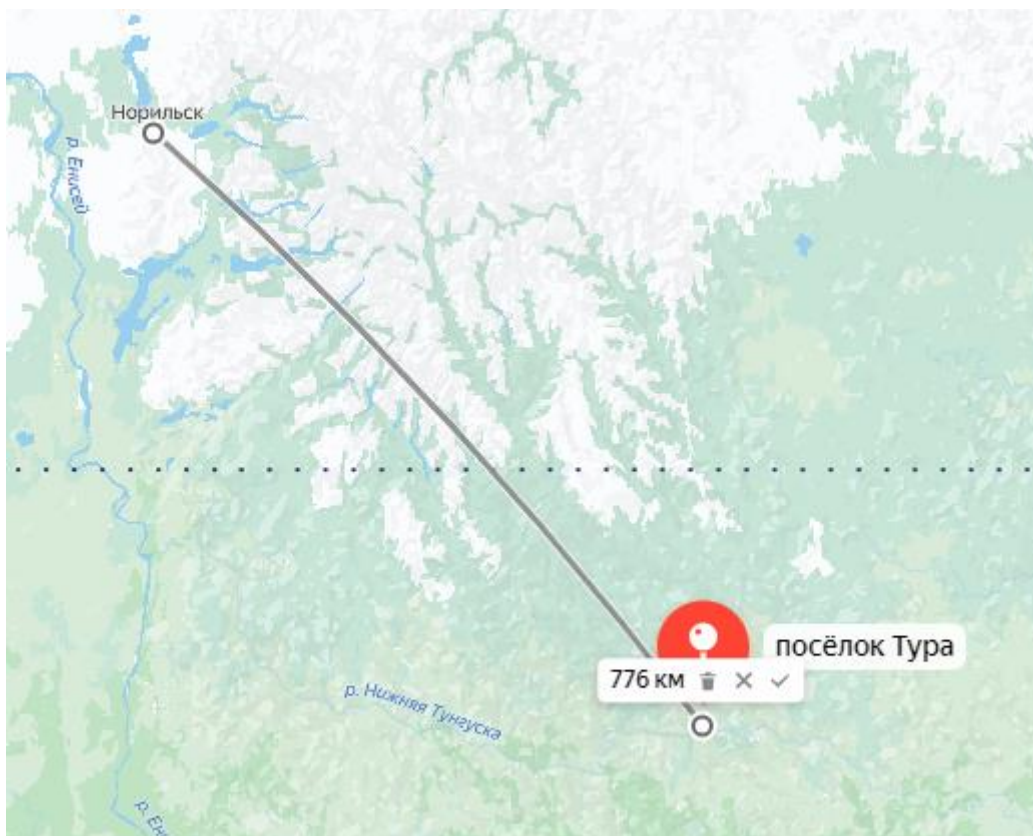
Исходя из этого анализа делается вывод, что потребную дальность при максимальной целевой нагрузке не следует делать выше 1200 км. В противном случае снижается масса целевой нагрузки по причине необходимости увеличения массы топлива, хотя при этом существует возможность обеспечить регулярное авиасообщение из более близкого «хаба».

### 4.2. Определение потребной массы целевой нагрузки

Исходя из анализа количества вариантов силовой установки, а также анализа общего товарооборота, масса целевой нагрузки была принята аналогично рассматриваемому самолету-аналогу L-410. Данный показатель составил 1500 кг.



*Рис. 1. Пример маршрута из «хаба» г. Красноярск – посёлок Тура*



*Рис. 2. Пример маршрута из «хаба» г. Норильск – посёлок Тура*

## 5. Формирование внешнего облика

Формирование внешнего облика осуществлялось через метод прототипов. За самолет – прототип был выбран уже зарекомендовавший себя в эксплуатации самолет L-410. Основные компоновочные решения и масса целевой нагрузки соответствуют данному самолету. Ниже приведена таблица сравнительных характеристик разрабатываемого изделия и самолета-прототипа.

Таблица 3. Сравнительная таблица самолета-прототипа и проектного самолета

Параметр	Прототип	Проектный самолет
	L-410M	
Крейсерская скорость, км/ч	380	450-500
Потребная длина ВПП, м	900	800
Максимальная дальность, км	990	1200
Класс аэродрома базирования	Д	Д
Максимальная взлётная масса, кг	5700	5400
Масса целевой нагрузки, кг	1430	1500
Количество двигателей	2	2
Тип двигателя	ТВД	ТВД
Мощность двигателя, л.с.	690	650

Далее, используя уравнение существования самолета, были рассчитаны максимальная взлетная масса в 2-х приближениях, основные параметры завязки. Результатом расчетов стал чертеж общего вида разрабатываемого изделия.

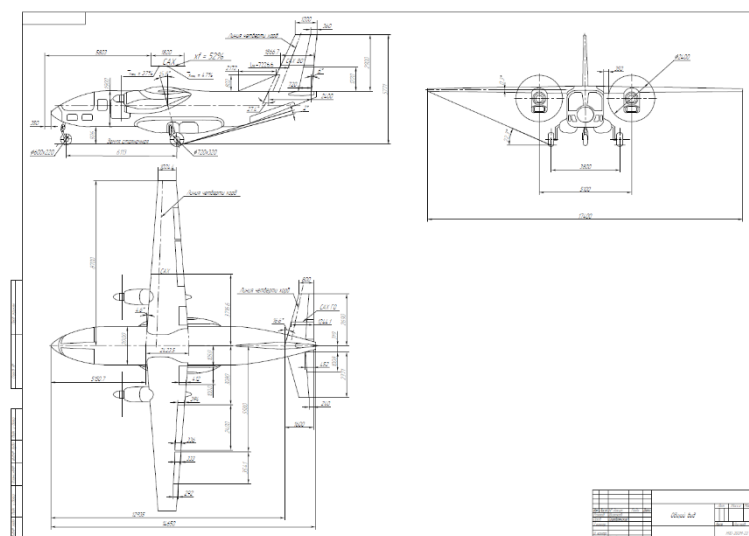


Рис. 3. Чертеж общего вида изделия

## Литература

1. Приказ №922-П об утверждении норм лётной годности беспилотных авиационных систем с беспилотным воздушным судном самолётного типа с максимальной взлётной массой до 5400 кг НЛГ БАС-СТ от 16.12.2022.
2. *Шейнин В.М., Козловский В.И.* Весовое проектирование и эффективность пассажирских самолетов. - М.: Машиностроение, 1977. - 344с.
3. *Егер С.М., Мишин В.Ф., Лисейцев Н.К.* Проектирование самолётов для вузов. – М.:Машиностроение, 1983. – 616 с.