

УДК 621.09.301

## КОМПОНОВКА ДВУХФЮЗЕЛЯЖНОГО ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЕТА ДЛЯ МЕСТНЫХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

В.Г. ГУСЕВ

**Статья представлена доктором физико-математических наук, профессором Арбузовым В.И.**

Показаны особенности и недостатки ближнемагистральных пассажирских самолетов классической однофюзеляжной схемы. Представлен обзор построенных летательных аппаратов, при проектировании которых использована двухфюзеляжная схема. Предложен вариант и дано обоснование преимуществ двухфюзеляжной компоновки ближнемагистрального пассажирского самолета.

**Ключевые слова:** компоновка, двухфюзеляжный самолет, местные воздушные линии.

### Конструктивные особенности пассажирских самолетов для местных воздушных линий

Эксплуатируемые в настоящее время на местных воздушных линиях пассажирские самолеты представляют собой однофюзеляжный моноплан с:

- пассажирской кабиной вместимостью от 19 до 50 человек и числом кресел в ряду от двух до четырех;
- прямым (трапециевидным) крылом с механизацией, геометрической и аэродинамической круткой;
- удельной воздушной нагрузкой и удлинением крыла, которые позволяют при минимальной массе крыла получить максимальное аэродинамическое качество;
- силовой установкой с двумя газотурбинными двигателями, позволяющей получить необходимую тягу при минимальном часовом расходе топлива, низком уровне шума, а также в случае отказа одного из двигателей;
- трехопорным шасси с пневматиками низкого давления, допускающим эксплуатацию самолета на аэродромах с грунтовой взлетно-посадочной полосой;
- минимальной относительной массой конструкции планера, достигаемой рациональной компоновкой, внедрением новаторских идей, прогрессивных технологий, использованием современных материалов.

Представителями 19-местной компоновки среди прочих являются самолеты:

- Beechcraft 1900D;
- Dornier Do 328-100;
- De Havilland DHC-6;
- Let Cunovice L-410.

Самолетами с 50-местной компоновкой, например, являются:

- Bombardier CRJ 200;
- Ан-24;
- De Havilland DHC 8-300;
- SAAB 2000.

Средние значения летно-технических характеристик для указанных групп воздушных судов представлены в табл. 1.

Таблица 1

## Летно-технические характеристики воздушных судов

Параметр	Группа воздушных судов		Рост (%)
Число мест для пассажиров $N_{\text{пасс}}$	19	50	163
Крейсерская скорость (км/ч)	364	608	67
Мощность силовой установки $P_{\text{СУ}}$	2 ТВД × 638 кВт	2 ТВД × 1704кВт	167
$P_{\text{СУ}} / N_{\text{пасс}}$ (кВт/пасс)	67,2	68,2	1,5
Длина фюзеляжа (м)	15,3	25,5	66,7
Диаметр фюзеляжа (м)	1,8	2,64	46,7
Удлинение фюзеляжа	8,5	9,66	13,6
Размах крыла (м)	18,5	25,7	38,9
Площадь крыла ( $S_{\text{кр}}$ ) (м <sup>2</sup> )	33,67	58,8	74,6
Удлинение крыла	10,16	11,23	10,5
Взлетная масса ( $M_{\text{взл}}$ ) (кг)	6607	21607	227
Нагрузка на крыло (кг/м <sup>2</sup> )	196	367	87,2
Масса пустого самолета ( $M_{\text{ПС}}$ ) (кг)	3967	13695	245
$M_{\text{ПС}} / N_{\text{пасс}}$ (кг/пасс)	209	274	31,1

Сравнительный анализ летно-технических характеристик показывает, что увеличение пассажироместности воздушного судна с 19 до 50 (на 163%) сопровождается существенным возрастанием массы пустого самолета (на 245%), взлетной массы (на 227%) и мощности силовой установки (на 167%) при практически постоянном отношении  $P_{\text{СУ}} / N_{\text{пасс}}$ . Кроме того, значительно увеличивается нагрузка на крыло (на 87,2%), а также площадь крыла (на 74,6%) и длина фюзеляжа (на 66,7%) при сравнительно малом изменении удлинения фюзеляжа (на 13,6%) и крыла (на 10,5%).

**Недостатки однофюзеляжной схемы воздушного судна**

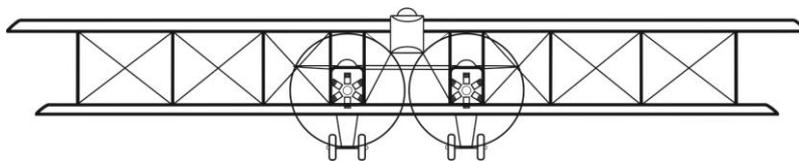
К недостаткам однофюзеляжной схемы (ОФС) воздушного судна, влияющим на безопасность полетов, следует отнести:

- значительный изгибающий момент в корневом сечении крыла от распределенной воздушной нагрузки и, как следствие, ограничения по перегрузке относительно вертикальной оси, связанные с недопустимостью разрушения крыла или появления пластических деформаций;
- ограничения по высоте, скорости, боковому ветру и маневру относительно вертикальной оси при полете (посадке) с несимметричной тягой, которая возникает в случае отказа одного из двигателей;
- риски при отказах в системах продольного и путевого управления воздушным судном;
- риски при постановке основных опор шасси на замок выпущенного положения в случае отказов в гидросистеме, обеспечивающей выпуск шасси перпендикулярно направлению полета либо в направлении полета;
- риски при посадке с невыпущенной опорой трехопорного шасси;
- риски при пилотировании воздушным судном в случае разрушения остекления кабины пилотов из-за столкновения с птицами или удара молнии;
- риски для пассажиров в случае разгерметизации пассажирского салона на больших высотах.

**Двухфюзеляжная схема воздушного судна**

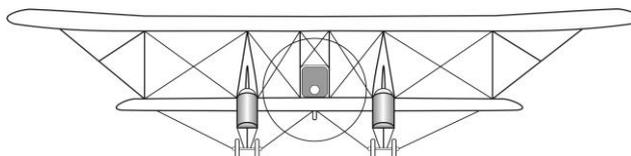
Из практики самолетостроения известны немногочисленные попытки использования двухфюзеляжной схемы (ДФС) при проектировании летательных аппаратов. Можно перечис-

лить следующие реализованные проекты.



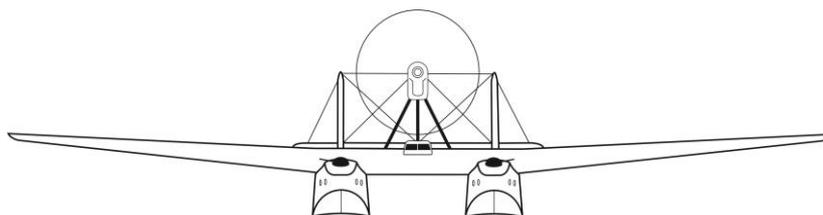
**Рис. 1.** Самолет VX.4 [1]

Страна – Россия. Авиаконструктор – В.Н. Хиони. Назначение – учебно-тренировочный самолет. Первый полет – 1916 г. Схема – двухфюзеляжный биплан с двумя моторами в носовых частях фюзеляжей. Серийность – имел ограниченную серию.



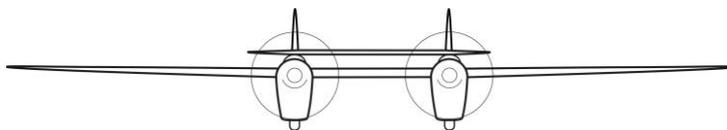
**Рис. 2.** Самолет С-19 [2]

Страна – Россия. Авиаконструктор – И.И. Сикорский. Назначение – штурмовик. Первый полет – 1916 г. Схема – двухфюзеляжный биплан с одним мотором над центропланом нижнего крыла. Серийность – было построено 2 самолета.



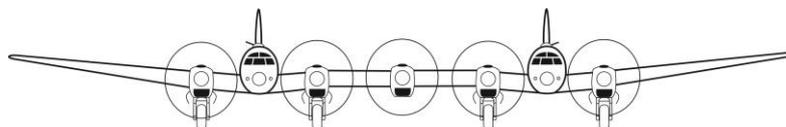
**Рис. 3.** Гидросамолет S.55 [3]

Страна – Италия. Авиаконструктор – Alessandro Marchetti. Назначение – бомбардировщик, разведчик. Первый полет – 1923 г. Схема – двухфюзеляжный свободнонесущий высокоплан с одним мотором над центропланом крыла. Серийность – выпускался серийно, имел множество модификаций.



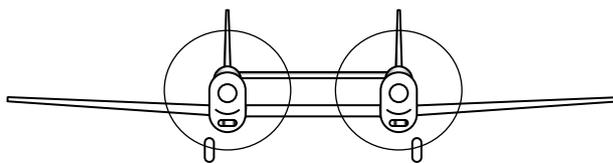
**Рис. 4.** Самолет BN.1 [4]

Страна – Италия. Авиаконструктор – Pier Nardi. Назначение – спортивный самолет. Первый полет – 1938 г. Схема – двухфюзеляжный свободнонесущий среднеплан с двумя моторами в носовых частях фюзеляжей. Серийность – серийно не выпускался.



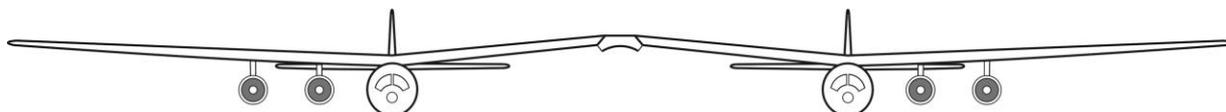
**Рис. 5.** Самолет He.111Z [5]

Страна – Германия. Авиаконструктор – Ernst Heinkel. Назначение – буксировщик планеров. Первый полет – 1941 г. Схема – двухфюзеляжный свободнонесущий низкоплан с пятью моторами на крыле. Серийность – имел ограниченную серию.



**Рис. 6.** Самолет P/F 82 Twin Mustang [6]

Страна – США. Производитель – North American Aviation. Назначение – истребитель. Первый полет – 1945 г. Схема – двухфюзеляжный свободносущий низкоплан с двумя моторами в носовых частях фюзеляжей. Серийность – выпускался серийно, имел множество модификаций.



**Рис. 7.** Самолет-носитель WK.2 [7]

Страна – США. Авиаконструкторы – Robert Morgan, James Tighe. Производитель – Scaled Composites. Назначение – воздушные запуски суборбитальных летательных аппаратов. Первый полет – 2008 г. Схема – двухфюзеляжный свободносущий высокоплан с четырьмя газотурбинными двигателями на пилонах под крылом. Серийность – построено 2 самолета.

Ни один из этих летательных аппаратов не предназначался для осуществления регулярных пассажирских перевозок. Это связано с низкой топливной эффективностью подобных самолетов.

Известно, что тяга  $P_n$ , необходимая для горизонтального полета, является функцией массы самолета  $m$  и его аэродинамического качества  $k$

$$P_n = \frac{mg}{k}.$$

Малое аэродинамическое качество и повышенная масса самолета оказались главными среди прочих нерешенных проблем, свойственных двухфюзеляжной схеме.

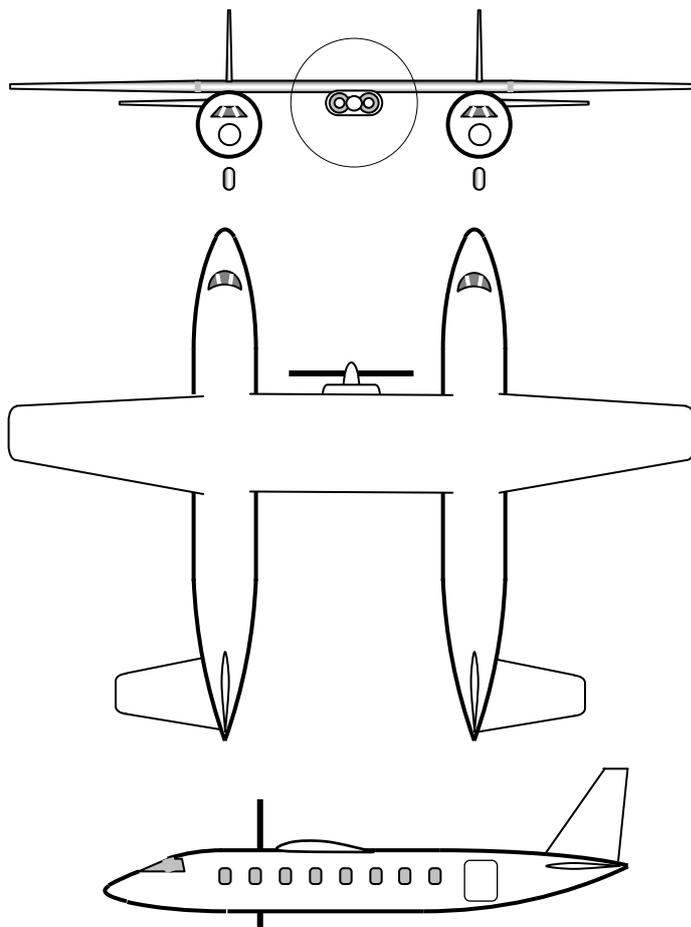
Вместе с тем при оптимальном проектировании двухфюзеляжная схема воздушного судна позволяет:

- уменьшить массу и лобовое сопротивление двух фюзеляжей уменьшением их длины и диаметра при неизменной пассажироместимости и сохранении геометрического подобия с фюзеляжем прототипа;
- уменьшить массу крыла эффективной его разгрузкой при сохранении размаха и площади крыла;
- увеличить аэродинамическое качество самолета увеличением удлинения крыла при одинаковой с прототипом массой крыла.

Кроме того, двухфюзеляжная схема позволяет:

- уменьшить (исключить) разворачивающий момент относительно вертикальной оси при отказе одного из двигателей;
- увеличить до четырех количество опор шасси;
- упростить компоновку, уменьшить высоту и массу основных опор шасси;
- обеспечить уборку основных опор шасси в направлении полета;
- разместить пассажиров в двух независимых гермокабинах;
- обеспечить комфортные условия для пассажиров сокращением числа пассажирских кресел в одном ряду.

Предлагаемый вариант компоновки двухфюзеляжного пассажирского самолета для местных воздушных линий представлен на рис. 8.



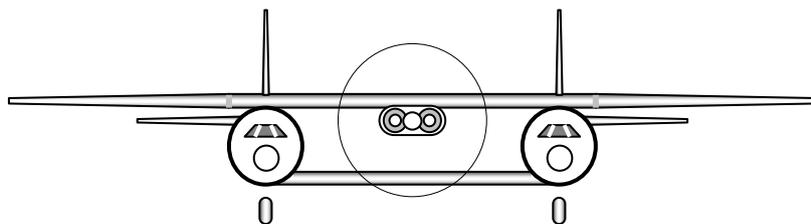
**Рис. 8.** Компоновка двухфюзеляжного пассажирского самолета для местных воздушных линий

### **Конструктивные особенности двухфюзеляжного пассажирского самолета для местных воздушных линий**

Предлагаемый вариант компоновки двухфюзеляжного пассажирского самолета для местных воздушных линий представляет собой свободнонесущий высокоплан с двухкилевым хвостовым оперением, двухсекционным стабилизатором, имеющий:

- четырехопорное шасси с пневматиками низкого давления;
- два пассажирских салона с тремя креслами в ряду;
- силовую установку под центропланом крыла с приводом одного воздушного винта от двух ГТД через редуктор и муфты свободного хода.

Такая компоновка при необходимости позволяет увеличить площадь несущей поверхности размещением второго крыла между фюзеляжами под центропланом верхнего крыла (рис. 9).



**Рис. 9.** Двухфюзеляжный самолет с увеличенной площадью несущей поверхности

### Обоснование преимуществ предложенной компоновки двухфюзеляжного пассажирского самолета для местных воздушных линий

Двухкилевое хвостовое оперение и двухсекционный стабилизатор обеспечивают резервирование в системах путевого и продольного управления.

Размещение секций стабилизатора с внешних сторон фюзеляжей исключает вибрации и дополнительное лобовое сопротивление стабилизатора из-за спутного следа за воздушным винтом.

Четырехопорное шасси позволяет получить преимущество в обеспечении безопасности при посадке с невыпущенной опорой шасси.

Наличие двух изолированных пассажирских салонов снижает риски:

- при разгерметизации одной из гермокабин на больших высотах;
- при покидании самолета пассажирами в случае аварийной посадки.

Размещение пилотов в разных кабинах снижает риски при пилотировании воздушным судном в случае разрушения остекления из-за столкновения с птицами или удара молнии.

Силовая установка с воздушным винтом позволяет:

- получить экономию топлива из-за низких в сравнении с ТРД часовых и удельных расходов топлива;
- использовать отрицательную тягу для сокращения длины пробега по ВПП;
- увеличить коэффициент подъемной силы крыла из-за дополнительной обдувки воздушным винтом.

Привод воздушного винта от двух ГТД через редуктор и муфты свободного хода способствует:

- исключению отрицательной тяги в полете при отказе двигателя;
- упрощению конструкции и уменьшению массы силовой установки из-за отсутствия систем, обеспечивающих автоматическое флюгирование воздушного винта.

Наличие одного воздушного винта исключает возможность возникновения несимметричной тяги при отказе любого двигателя.

Расположение вращающегося воздушного винта между фюзеляжами, где нет входных дверей, уменьшает риски для обслуживающего персонала при наземном обслуживании самолета.

Расчетное нагружение крыла самолета определяется нормами прочности.

На рис. 10 представлен типовой закон изменения интенсивности распределенной воздушной нагрузки  $q_{\text{возд.нагр.}}$  вдоль размаха крыла. Соответствующая этому закону эпюра изгибающих моментов представлена на рис. 11.

Для двухфюзеляжной схемы характерным является уменьшение изгибающего момента от распределенной воздушной нагрузки в корневом сечении крыла на величину  $\Delta M_{\text{изг}}$  в сравнении с однофюзеляжной схемой из-за разгрузки крыла фюзеляжем.

Перечисленные преимущества двухфюзеляжной схемы воздушного судна могут оказаться решающими при проектировании перспективного самолета для местных воздушных линий.

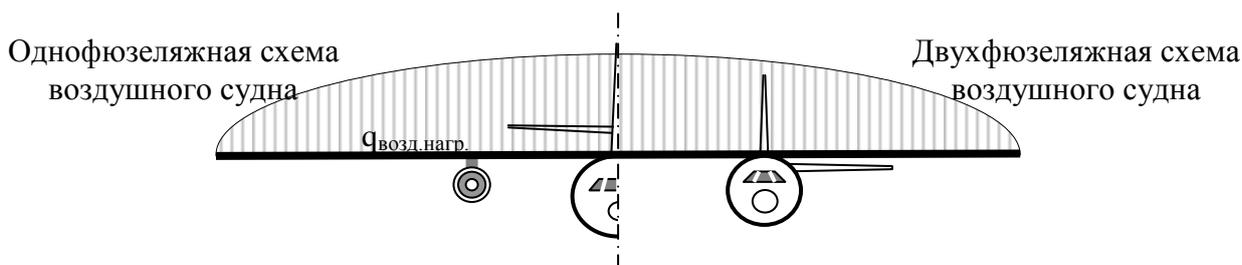


Рис. 10. Изменение интенсивности распределенной воздушной нагрузки

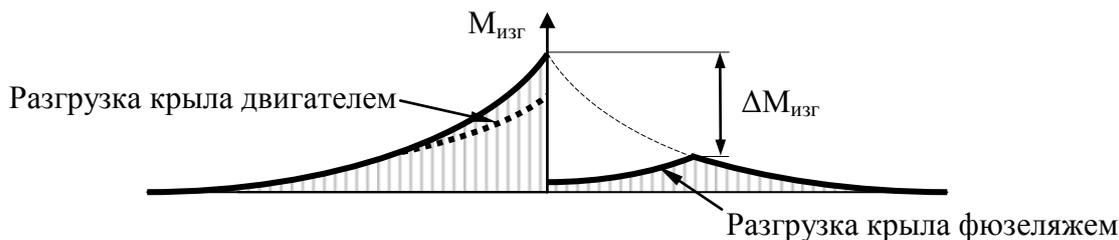


Рис. 11. Эпюра изгибающих моментов крыла

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Маслов М.А. *Русские самолеты 1914 – 1917*. М.: Экспринт, 2006.
2. Куташев Г.И. *Крылья Сикорского*. М.: Воениздат, 1992.
3. Munson K. *Flying boats and Seaplanes since 1910*. Blandford Press, 1971.
4. *Aerei Italiani. Schedo Tecnica. Bestetti BN.1*, 2010.
5. *Warbirds Resource Group. Heinkel He 111Z "Zwilling"*, 2005.
6. *Baughner J. Encyclopedia of American Military Aircraft. North American P/F 82 Twin Mustang*, 2005.
7. *White Knight Two. New Scientist Space and Reuters*, 2008.

#### LAYOUT OF THE PASSENGER TWIN-FUSELAGE AIRPLANE FOR LOCAL LINES

Gusev V.G.

The article shows the peculiarities and disadvantages of the classical single-fuselage configuration aircraft for local lines. It also provides an overview of the twin-fuselage configuration aircraft. A version of the twin-fuselage passenger aircraft is offered and the ground of its advantages is given.

**Keywords:** layout, twin-fuselage configuration of a passenger aircraft, local lines.

#### REFERENCES

1. *Maslov M.A. Russkie samoletih 1914 – 1917*. М.: Ehksprint. 2006. (In Russian).
2. *Kutashev G.I. Krihljya Sikorskogo*. М.: Voenizdat. 1992. (In Russian).
3. *Munson K. Flying boats and Seaplanes since 1910*. Blandford Press. 1971.
4. *Aerei Italiani. Schedo Tecnica. Bestetti BN.1*. 2010.
5. *Warbirds Resource Group. Heinkel He 111Z "Zwilling"*. 2005.
6. *Baughner J. Encyclopedia of American Military Aircraft. North American P/F 82 Twin Mustang*. 2005.
7. *White Knight Two. New Scientist Space and Reuters*. 2008.

#### Сведения об авторе

Гусев Виталий Григорьевич, 1945 г.р., окончил РКИИГА (1968), кандидат технических наук, доцент СПбГУ ГА, автор более 50 научных работ, область научных интересов – проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.