

УДК 629.7.051.2, 004.942

# МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ЗНАЧЕНИЯ СБАЛАНСИРОВАННОЙ ДАЛЬНОСТИ И СКОРОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ НА ПРЕРЫВАНИЕ ВЗЛЁТА

**А.В. Назарова**

*Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем*

Россия, 125319, Москва, ул. Викторенко, 7

E-mail: nazarova\_av@gosniias.ru

**Ключевые слова:** скорость принятия решения, этап взлёт, сбалансированная дистанция взлёта, имитационная модель движения ВС.

**Аннотация:** Работа направлена на исследование результатов имитационного моделирования этапа взлёт в условиях отказа критического двигателя. При моделировании рассматривается влияние нескольких внешних факторов на продолжительность дистанции сбалансированного взлёта и скорость сбалансированного взлёта. В качестве исследуемых факторов были взяты: вес ВС, скорость ветра, высота ВПП, время реакции экипажа, а также отклонение температуры и давления от стандартных. В результате было получено, что наибольшее влияние оказывает весом ВС, из прочих факторов существенное влияние оказывают скорость ветра и высота ВПП.

## 1. Введение

Одним из наиболее опасных участков полета воздушного судна (ВС) является этап взлёта. К числу факторов, определяющих его безопасность, относятся: располагаемая дистанция взлёта, угол наклона траектории на высоте  $H=10,7$  м, степень уменьшения тяги двигателя на высоте уменьшения тяги и уменьшение угла тангажа на высоте ускорения, интервалы времени между выполнением отдельных необходимых операций и, конечно, безопасное выполнение участка собственно взлёта до высоты  $H=10,7$  м. Эта безопасность зависит от состояния взлётно-посадочной полосы (ВПП) и атмосферы, а также достоверной информации экипажу о необходимости прерывания взлёта при появлении нештатной ситуации. Современные пассажирские самолеты способны продолжать взлёт даже при отказе одного из двигателей. По этой причине аэродромы должны обеспечивать полную безопасность продолжения взлёта или гашение скорости после отказа двигателя вплоть до полной остановки самолета в пределах летной полос (прерванный взлет).

Минимальная протяжённость ВПП, с которой может осуществляться взлёт, называется сбалансированной длиной полосы. При такой длине ВПП, в случае отказа на скорости принятия решения  $V=V_1$  одного из двигателей, имеется возможность

осуществить продолженный или прерванный взлёты в соответствии с требованиями Норм лётной годности.

В практике лётной эксплуатации перед полетом экипаж всегда решает задачу определения потребной взлетной дистанции. Это делается с помощью таблиц и графиков, приведенных в РЛЭ (руководстве по лётной эксплуатации), исходя из конкретных условий - взлетной массы и положения механизации крыла самолета, а также метеоусловий.

## 2. Основная часть

### 2.1 Постановка задачи

В ходе работы производилась разработка имитационной модели этапа взлёт, в которой учитываются следующее множество факторов: масса ВС, зависимость тяги двигателя от высоты расположения аэродрома и текущих значений температуры воздуха и давления, уклон ВПП и ветровая составляющая вдоль ВПП, конфигурация механизации крыла, зависимость коэффициентов трения колёс от состояния ВПП и зажатия тормоза, а так же степень реверсирования тяги двигателя и запаздывание в выполнении необходимых операций для торможения ВС. В модели также численно решаются дифференциальные уравнения движения центра масс и рассчитываются характеристики квазистандартной атмосферы, аэродинамики и дроссельные характеристики ВС.

Для расчета сбалансированных значений дистанции взлёта и скорости необходимо предварительно определить дальности прерванного и продолженного взлёта для ситуации отказа критического двигателя. С этой целью была разработана методика проведения расчётов значения скорости  $V_1$  с использованием разработанной имитационной модели этапа взлёт. На основе полученных величин дальностей  $L_{\text{прерв}}$  и  $L_{\text{прод}}$  были получены искомые сбалансированные значения.

С помощью разработанной программной реализации модели было произведено исследование влияния всего множества факторов на значения сбалансированной дальности  $L_{\text{вз}}$  и скорости  $V_1$  принятия решения на продолжение взлёта. Анализ полученных данных позволил выявить наиболее существенные факторы, влияющие на исследуемые величины, среди всех промоделированных условий.

### 2.2 Основные результаты

Проведенные исследования позволяют сделать следующие качественные и количественные выводы:

- a) Наиболее сильное влияние на величину сбалансированной дальности взлёта  $L_{\text{вз}}$  оказывает вес ВС. Так при изменении веса ВС с 33 т до 45 т длина изменяется с 1100 м до 2000 м.
- b) Среди других рассмотренных факторов наиболее существенное влияние на величину сбалансированной дальности взлёта  $L_{\text{вз}}$  оказывают продольная составляющая скорости ветра и высота аэродрома. Так попутный ветер в 7.5 м/сек увеличивает дальность на 330-350 м. Переход на высоту в 1000 м с высоты 150 м приводит к дополнительному увеличению дальности на 260-300 м.
- c) Следующим по значимости фактором влияния является время реакции экипажа на отказ критического двигателя. Время реакции в 3 сек. приводит к увеличению дальности на 150-170 м.
- d) Повышение температуры воздуха на 20°C увеличивает дальность на 100-120 м, а падение давления на 15 мм.рт.ст. приводит к увеличению дальности порядка 25 м.

### 3. Заключение

По итогам проведенной работы можно сформулировать следующие области применения данной методики исследования:

- a) Предлагаемая методика расчёта скорости  $V_1$  позволяет учесть всё множество определяющих её значение факторов.
- b) Предлагаемые в работе методики построения имитационной модели и проведения исследований этапа взлёт позволяют в полной мере оценить влияние рассматриваемых факторов на значения сбалансированной дальности и скорости принятия решения о продолжении взлёта.
- c) Разработанные алгоритмы для проведения расчётов значений  $V_1$  и  $L_{вз}$  целесообразно использовать при создании программного обеспечения перспективных ВС с различными концепциями участия экипажа в управлении ВС.

Среди наиболее весомых факторов, влияющих на сбалансированную дистанцию взлёта и сбалансированную скорость принятия решения, выделяются вес ВС, скорость ветра и высота ВПП, что важно учитывать при соблюдении условий безопасности.

### Список литературы

1. Горбатенко С. А. и др. Механика полета. М.: Машиностроение, 1969. 420 с.
2. Голубева А.А., Куланов Н.В. Методика и результаты исследования этапа взлёт самолётов гражданской авиации // Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации. 2017. С. 89-90.

