

УДК 629.735.015:681.3

## РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ЛЕТНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ САМОЛЕТА ИЛ-96Т ПРИ ПРЕРВАННОМ ВЗЛЕТЕ

В.Г. КИСЕЛЕВИЧ

Статья представлена доктором технических наук, профессором Ципенко В.Г.

Представлены результаты математического моделирования прерванного взлета самолета Ил-96Т.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, самолет Ил-96Т, отказ двигателя, взлет.

### Введение

Исследования влияния особых условий эксплуатации на прерванных взлетах воздушных судов (ВС) показали [1-3], что наибольшую опасность при отказе двигателя на разбеге представляет выкатывание самолета на концевую или боковую полосу безопасности и касание двигателями земли.

Возможность выкатывания на концевую полосу безопасности следует оценивать исходя из располагаемой дистанции прерванного или продолженного взлета на конкретном аэродроме. Эта возможность, в особенности для самолета Ил-96Т, всегда должна учитываться при предполетной подготовке экипажей. Этот тяжелый транспортный самолет имеет взлетную дистанцию около 3100 м в обычных условиях [4]. Отказ одного двигателя приводит к увеличению потребной дистанции прерванного взлета до 3200 м, а продолженного – до 3400 м. Допустимый по РЛЭ ветер может привести к ее увеличению до 3550 м. Однако состояние ВПП существенно влияет на дистанции прерванного и продолженного взлета не оказывает. Особое влияние на принятие решения о взлете оказывают атмосферные условия: высота расположения аэродрома и температура воздуха. Поэтому процедуре расчета взлетной дистанции экипаж самолета должен уделять повышенное внимание.

Исследования проведены с помощью системы математического моделирования динамики полета летательных аппаратов [2].

### Анализ результатов исследования

Основную сложность в управлении на прерванном взлете представляет удержание самолета после отказа двигателя в пределах ширины ВПП. В крайних случаях пилоты практикуют подтормаживание одной из стоек шасси, что при моделировании не применялось. Таким образом, критичной по условиям безопасности прерванного взлета является (при достаточной располагаемой длине ВПП) величина бокового отклонения самолета от оси ВПП, допустимые значения которой согласно Указанию МГА № 158 от 12.08.1981 г. следует принимать равными 1/4 ширины ВПП, т.е. на аэродромах СНГ (с шириной ВПП 60 м) – 15 м, а на аэродромах других стран (с шириной ВПП 45 м) – 11,25 м. Касание земли крайней нижней точкой внешнего двигателя возможно при взлете с креном более 5°. Увеличение крена до такого критического значения может быть спровоцировано только неправильными приемами пилотирования в условиях сильного бокового ветра.

Как показали расчеты параметров сбалансированного движения самолета по ВПП с отказавшим крайним двигателем, балансирующие отклонения руля направления более 85% полного расхода, требующиеся на скорости меньше 230 км/ч, приводят к необходимости удерживания руля направления на пределе в течение нескольких секунд, т.е. к потере управляемости самолета на ВПП недопустимо длительное время. Это явление связано с низкой эффективностью

аэродинамических рулей на малой скорости и с собственной частотой длиннопериодических колебаний самолета по рысканию и не зависит от влияния других факторов. Поэтому при отказе двигателя на разбеге при скорости ниже 230 км/ч (по прибору) необходимо прерывать взлет в любых эксплуатационных условиях. Скорость 230 км/ч может считаться минимальной допустимой скоростью продолженного взлета при выполнении других условий безопасности.

Скорость отказа двигателя  $V_{отк}=170$  км/ч является наиболее опасной для развития бокового движения самолета на прерванном взлете. В эти моменты экипаж должен быть особенно внимательным для того, чтобы сократить время реакции.

При прерванном взлете самолет испытывает несколько раз возмущения от изменения режима работы несимметрично расположенных исправных двигателей: при отказе, при отключении прямой тяги, при выходе на максимальную обратную тягу, при отключении реверса. Это все приводит к предложению ослабить асимметрию тяги на прерванном взлете переводом противоположного отказавшему двигателя на режим малого газа и использования реверса только двух симметрично расположенных двигателей. Этот способ рекомендуется РЛЭ для случая скользкой ВПП [4]. Здесь же предлагается применять его во всех условиях, учитывая, что дистанция прерванного взлета при этом увеличивается не более чем на 4%. Рис. 1, на котором приведено сравнение двух способов управления двигателями в штиль, говорит сам за себя. Результаты расчетов влияния бокового ветра и коэффициента сцепления при предлагаемом способе управления выявили, что если сочетать  $\mu_{сц}=0,6$  со штилем и ветром  $W=15$  м/с справа и слева (рис. 2) и сочетать  $\mu_{сц}=0,45$  со штилем и ветром  $W=10$  м/с слева (рис.3) при правильных действиях экипажа, то при  $\mu_{сц}=0,3$  даже без ветра удержать самолет на ВПП не удастся (рис. 4). Этот факт требует дальнейших уточнений и необходимости пересмотра границ ожидаемых условий эксплуатации (ОУЭ) в РЛЭ. На рис. 4 показана также траектория прерванного взлета при  $\mu_{сц}=0,45$  и  $W=10$  м/с без использования реверса, для нее характерно большее на 20-30% боковое отклонение от оси ВПП, находящееся тем не менее в допустимых пределах. Движение же самолета по ВПП с  $\mu_{сц}=0,3$  сопровождается многочисленными боковыми заносами.

По приведенным результатам видно, что при "симметричном" использовании реверса тяги двигателей критическим для прерванного взлета является ветер слева, в противоположность варианту с использованием реверса трех двигателей.

На рис. 5 показано сравнение прерванного взлета в критических по ветру условиях при наиболее опасном значении  $V_{отк}=265$  км/ч, весьма близком к значению  $V_1=275$  км/ч, соответствующему сбалансированной взлетной дистанции самолета Ил-96Т массой 270 т. При традиционном использовании режимов двигателей на прерванном взлете при полном реверсе в течение 15 с приходится использовать полный ход педалей и оставлять самолет неуправляемым. Еще хуже обстоит дело при меньших скоростях отказа вплоть до  $V_{отк}=170$  км/ч даже без бокового ветра.

Таким образом, результаты расчетов с помощью математической модели самолета Ил-96Т показывают, что предпочтительным при отказе крайнего двигателя в условиях бокового ветра является продолжение взлета. При использовании приема "симметричного" управления двигателями можно рекомендовать выбор скорости принятия решения  $V_1$  значительно меньше скорости, соответствующей сбалансированной взлетной, которая требует полного расхода руля направления.

Использование предложенных способов "симметризации" тяги позволяет по-новому взглянуть на выбор скорости принятия решения о прерывании или продолжении взлета  $V_1$ . Для са-

молета Ил-96Т при этом решающей оказывается не столько располагаемая взлетная дистанция, сколько устойчивость на ВПП. Анализ поведения самолета при "симметричном" использовании двигателей приводит к выводу о существенно более сложных условиях прерывания взлета, чем его продолжения.

Таким образом, результаты расчетов с помощью математической модели самолета Ил-96Т показывают, что при использовании приема "симметричного" управления двигателями можно рекомендовать выбор скорости принятия решения  $V_1$  значительно меньше скорости, соответствующей сбалансированной взлетной дистанции, вплоть до значения 230 км/ч.

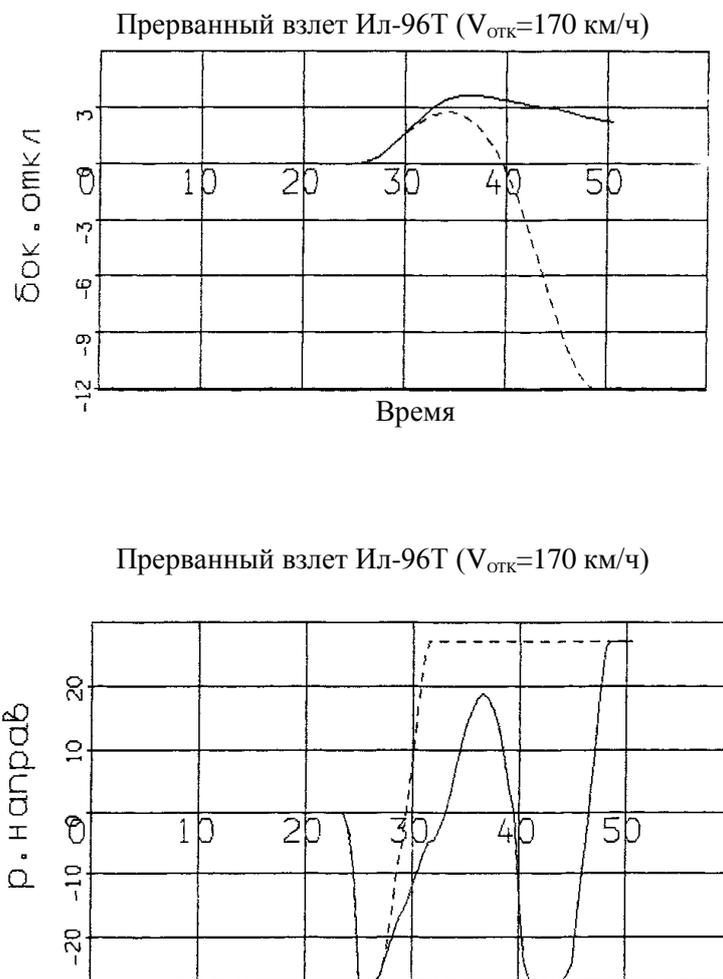
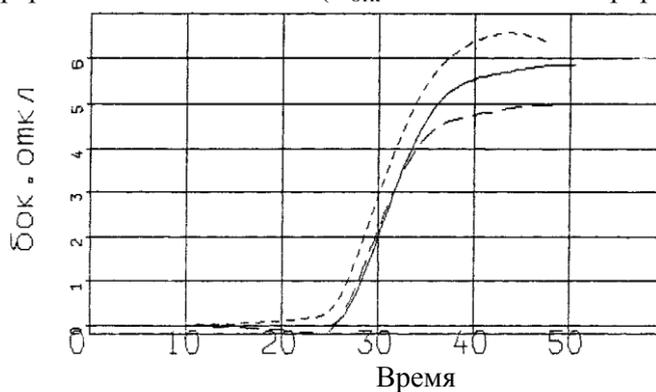
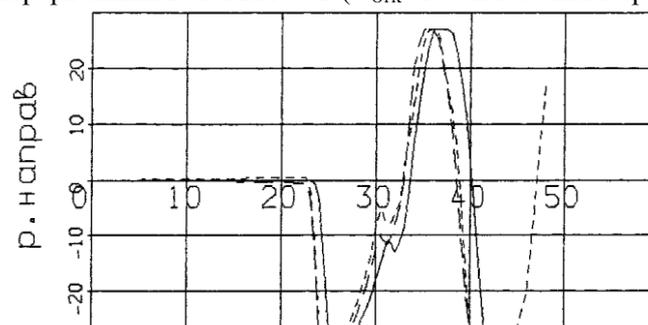


Рис. 1

Прерванный взлет Ил-96Т ( $V_{отк}=170$  км/ч: симметр. реверс)

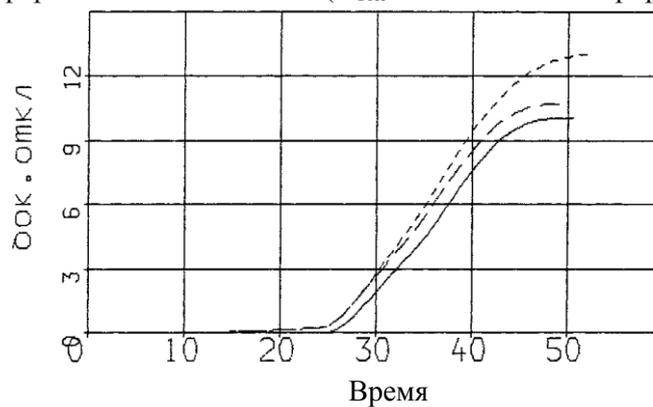


Прерванный взлет Ил-96Т ( $V_{отк}=170$  км/ч: симметр. реверс)

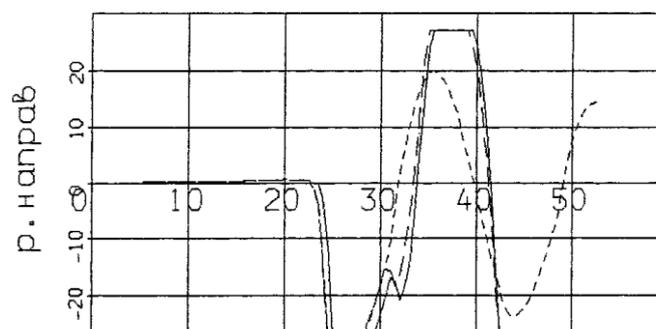


**Рис. 2**

Прерванный взлет Ил-96Т ( $V_{отк}=170$  км/ч: симметр. реверс)

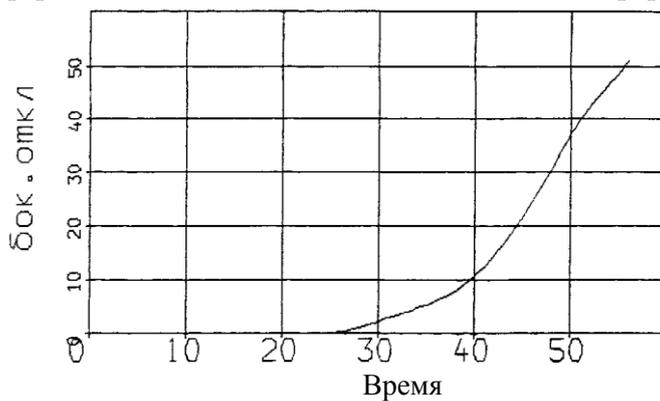


Прерванный взлет Ил-96Т ( $V_{отк}=170$  км/ч: симметр. реверс)



**Рис. 3**

Прерванный взлет Ил-96Т ( $V_{отк}=170$  км/ч: симметр. реверс)



Прерванный взлет Ил-96Т ( $V_{отк}=170$  км/ч: симметр. реверс)

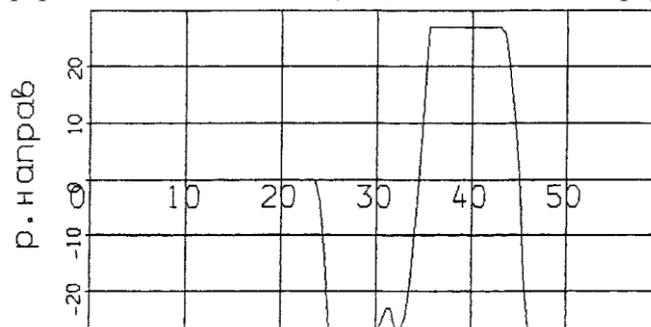
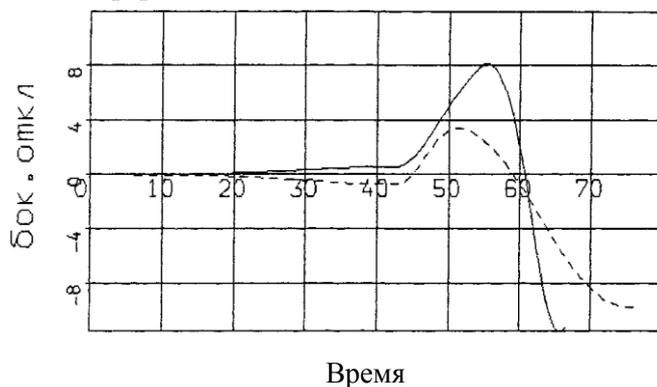


Рис. 4

Прерванный взлет Ил-96Т ( $V_{отк}=265$  км/ч)



Прерванный взлет Ил-96Т ( $V_{отк}=265$  км/ч)

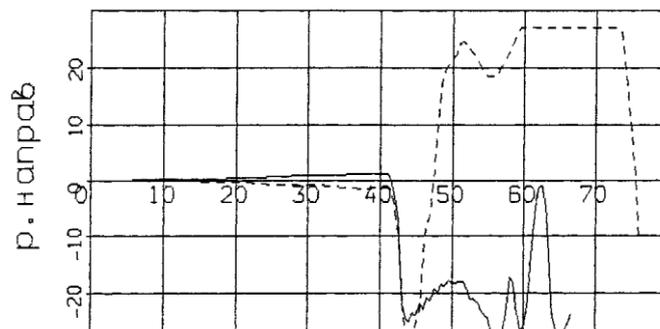


Рис. 5

## Выводы

Вычислительные эксперименты, проведенные с помощью системы математического моделирования динамики полета летательных аппаратов, ориентированы на авиакомпанию, планирующие эксплуатировать самолеты Ил-96Т. Они проведены с целью исследования эксплуатационных возможностей самолета Ил-96Т в экстремальных условиях и предназначены для отработки Руководства по летной эксплуатации. При разработке рекомендаций и предложений по летной эксплуатации самолета Ил-96Т прототип РЛЭ (для самолета Ил-96М0) не рассматривался в качестве окончательного документа.

Анализ результатов вычислительных экспериментов для исследования влияния отказов силовой установки на условия пилотирования самолета Ил-96Т позволил разработать следующие рекомендации и предложения по летной эксплуатации этого самолета на этапе прерванного взлета.

1. Особенности летной эксплуатации самолета Ил-96Т на взлете требуют от экипажа во время предполетной подготовки повышенного внимания к процедуре расчета взлетной дистанции и принятия решения о вылете.

2. При отказе двигателя на разбеге при скорости ниже 230 км/ч (по прибору) необходимо прерывать взлет при любых эксплуатационных условиях. Скорость 230 км/ч может считаться минимальной допустимой скоростью безопасного с точки зрения бокового выкатывания продолженного взлета при выполнении других условий безопасности.

3. При подготовке взлета в условиях пониженных значений коэффициента сцепления и бокового ветра точку принятия решения следует сдвигать в сторону меньших значений скорости, если позволяет располагаемая взлетная дистанция, но не ниже  $V_{отк}=230$  км/ч.

4. В целях уменьшения разворачивающего момента на прерванном взлете следует использовать реверс только симметрично расположенных работающих двигателей, переводя двигатель, противоположный отказавшему, на режим земного малого газа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кубланов М.С. Идентификация математических моделей по данным летных испытаний самолета Ил-96-300 // Решение прикладных задач летной эксплуатации ВС методами математического моделирования: сб. науч. трудов. - М.: МГТУ ГА, 1993. - С. 3-10.

2. Кубланов М.С., Ципенко В.Г., Бариллов Д.Д. Архитектура системы математического моделирования динамики полета летательных аппаратов // Математическое моделирование в задачах летной эксплуатации воздушных судов: сб. науч. трудов. - М.: МГТУ ГА, 1993. - С. 3-11.

3. Kublanov M.S., Tsypenko V.G. Mathematical modeling system for aircraft flight dynamics simulation // International Aerospace Congress (Moscow, August 15-19, 1994). Abstracts. - Moscow, 1994. P. 398.

4. Ил-96 МО. Руководство по летной эксплуатации. - М., 1993.

## THE DEVELOPMENT OF FLIGHT OPERATION RECOMMENDATIONS FOR IL-96T AT INTERRUPTED TAKE-OFF

Kiselevich V.G.

The results of mathematical modeling of IL-96T interrupted take-off are given in the article.

**Keywords:** mathematical modeling, the plane IL-96T, engine failure, take-off.

## Сведения об авторе

Киселевич Владимир Григорьевич, 1959 г.р., окончил ВЗПИ (1981), соискатель МГТУ ГА, 1-й заместитель генерального директора – директор по производству ФГУП «Международный аэропорт Оренбург», автор 5 научных работ, область научных интересов – летная эксплуатация ЛА.