

Акционерное общество
**«АВИАЦИОННАЯ
ХОЛДИНГОВАЯ КОМПАНИЯ
«СУХОЙ»**
(АО «Компания «Сухой»)

Россия, 125284, Москва,
ул. Поликарпова, 23 Б, а/я 604
тел. 8 (499) 550-01-06, (495) 780-24-90
факс (495) 945-68-06

E-mail: avpk@sukhoi.org, info@sukhoi.org

ОГРН 1037740000649, ИНН 7740000090

«25» 11 2021 г. № 1/121037/20

На № 106-21-48 от 14.10.2021

Ученому секретарю
диссертационного совета
24.2.327.03, д.т.н.
А.В. СТАРКОВУ

Адрес: 125993, г. Москва,
Волоколамское шоссе, д.4, МАИ,
Отдел Ученого и диссертационного
советов

Уважаемый Александр Владимирович!

Высылаю Вам Отзыв на автореферат диссертации Десятника Павла Анатольевича «Критерии управляемости неманевренных самолетов в путевом канале управления», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.15.16 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Приложение:

1. Отзыв на автореферат, н/с, 2 экз., на 4. стр. каждый.

Первый заместитель управляющего
директора – директор ОКБ Сухого

М. Ю. Стрелец

Исполнитель Тарасов А.З.
Т. (495) 945-89-22

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«26» 11 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель управляющего
директора АО «Компания «Сухой» -
- директор ОКБ Сухого

М.Ю. Стрелец

« 25 » 11 2021 г.

О Т З Ы В

**на автореферат диссертации Десятника Павла Анатольевича
на тему «Критерии управляемости неманевренных самолетов в
путевом канале управления», представленной к защите на
соискание учёной степени кандидата технических наук по
специальности 2.5.16 «Динамика, баллистика, управление
движением летательных аппаратов»**

Диссертационная работа Десятника П.А. посвящена исследованию критериев управляемости пассажирских неманевренных самолетов в боковом движении, а именно в движении рыскания. Летчикам обычно не требуется часто вмешиваться в управление самолетом по рысканию на крейсерских режимах полета режимах в отсутствии каких либо отказов, однако управление по рысканию становится весьма важным и востребованным на взлетно-посадочных режимах, особенно при наличии бокового ветра. Учитывая, что именно на этих режимах полета, являющихся задачами пилотирования категории А и Б, то есть требующих быстрого маневрирования, точного слежения, управления траекторией, и происходит значительное число авиационных происшествий – около 60% – обеспечение высокого уровня характеристик управляемости по рысканию является важной и актуальной задачей, что делает важной и актуальной диссертационную работу Десятника П.А. «Критерии управляемости неманевренных самолетов в путевом канале управления».

Автор в диссертационной работе поставил себе целью развитие и разработка критериев управляемости в путевом канале управления неманевренного самолета и для её достижения решает следующие задачи:

- создание базы данных по влиянию различных характеристик бокового движения на управляемость в путевом канале с помощью проведения исследований на пилотажных стендах;
- анализ характеристик, влияющих на тенденцию резкой реакции на управляющие действия летчика в путевом канале;
- обеспечение высокого качества воспроизведения на пилотажном стенде боковых ускорений, как фактора, определяющего резкую реакцию;

Удел документационного
обеспечения МАИ

« 26 » 11 2021 г.

- разработка единого подхода к формированию оптимальных критериев путевой управляемости и взаимодействия крена и рыскания, описываемого параметром M_x^β ;
- обоснование разработанных критериев управляемости в путевом движении пассажирского самолета.

Судя по автореферату, эти научные задачи автором были успешно решены:

1. Создана база экспериментальных данных, полученных в единых условиях, упорядоченная и полная по количеству рассмотренных параметров и глубине проработки их влияния на управляемость в путевом канале. Решение этой задачи автор описывает в первой главе диссертационной работы, эксперименты выполнялись на подвижном пилотажном стенде ЦАГИ ПСПК-102 путем моделирования посадки с боковым ветром и специальной задачи слежения, с участием летчиков-испытателей, для конфигураций самолетов массой от 30 до 200 тонн, в объеме 500 динамических конфигураций и 5000 реализаций.

2. Предложен модифицированный алгоритм управления системой подвижности кабины пилотажного стенда в боковом канале для выявления тенденции к резкой реакции самолета на управляющие действия летчика в путевом канале. Предложенный алгоритм учитывает технические ограничения по перемещениям стенда при одновременном выполнении условия минимизации возникающих у летчика при движении кабины стенда ложных ощущений. Решение этой задачи автор описывает во второй главе диссертационной работы и приводит эти алгоритмы в виде дополнительных динамических фильтров в каналах управления подвижностью кабины пилотажного стенда, а также описывает процесс выбора параметров этих фильтров.

3. Создан критерий для оценки тенденции к резкой реакции самолета в путевом канале на управляющие действия летчика в зависимости от различных характеристик бокового движения самолета. Решение этой задачи автор описывает во второй главе диссертационной работы, где обосновывает структуру критерия оценки тенденции к резкой реакции самолета в путевом канале управления как отношение уровня высокочастотной составляющей боковой перегрузки к уровню создаваемой угловой скорости рыскания, названного автором параметром λ и дает аналитическое выражение для этого параметра через классические параметры динамики бокового движения и геометрическое положение центра мгновенного ускорения при вращении по рысканию. Также автор приводит зависимость ухудшения оценки летчика по Куперу-Харперу ΔPR от параметра λ и область рекомендуемых значений: λ примерно равно, но не превышает 2.7.

4. Разработана система критериев, позволяющих расчетным методом выбирать оптимальные величины чувствительности управления и оптимальные величины параметров $M_y^{X_H}_{экр}$ (параметр оптимальной чувствительности управления по педалям) и $M_x^\beta_{экр}$ (параметр, определяющий оптимальную чувствительность движения крена и рыскания). Решение этих задачи автор описывает в третьей и четвертой главах диссертационной работы.

Оптимальную величину параметра $M_y^{X_H}_{экр}$ автор предлагает вычислять с помощью поиска минимума квадратичного функционала по усилиям на педалях P и их перемещению X_H вида $\min J = (P - P^*)^2 + k(X_H - X_{H^*})^2$. Решение задачи для данного

функционала автор представляет через амплитудно-частотную характеристику угловой скорости рыскания к отклонению педалей на некоторой характерной частоте $\omega^*=0.55\omega_d$ в комбинации с экспериментально полученными параметрами. Автор обосновывает данный критерий результатами более 3000 экспериментов на пилотажном стенде. Также дается выражение для $M_y^{X_{\text{экв}} \text{ орт}}$ через классические параметры динамики бокового движения.

Для определения оптимальной величины параметра M_x^β автор рассмотрел несколько известных зарубежных критериев (γ/β -, κ -, λ^2 -, ω_γ/ω_d - критерии) и было показано, что они работают неудовлетворительно. Поэтому автором был предложен собственный критерий выбора оптимального значения, основанный на параметре бокового ускорения a_z по оси z , отнесенном к углу рыскания β на характерной частоте ω^* , используемой в критерии для $M_y^{X_{\text{экв}} \text{ орт}}$. Для этого оптимального значения M_x^β автор также приводит выражение через параметры уравнений бокового движения. В качестве обоснования своего критерия автор представляет результаты около 2000 экспериментов на пилотажном стенде.

В пятой главе работы автор описывает применение разработанных им подходов на практике применительно к самолету МС-21-300, для которого с использованием λ -критерия был выбран префильтр, устраняющий резкую реакцию по рысканию, а с помощью критерия для оптимального параметра взаимодействия каналов рыскания и крена M_x^β были выбраны параметры обратных связей по углу скольжения для коррекции величины поперечной устойчивости самолета. Оба этих результата были приняты к реализации на МС-21-300, что подтверждает практическую ценность работы.

Все описанные результаты автора являются новыми и имеют научную и практическую ценность и могут быть применены к другим классам самолетов.

Как следует из автореферата, по теме диссертации написано и опубликовано 18 печатных работ, в том числе 4 в периодических изданиях, рекомендованных ВАК, 4 в журналах, входящих в Scopus, сделано 10 докладов на международных и всероссийских научных конференциях и семинарах.

К недостаткам автореферата можно отнести следующие:

- в диссертационной работе неоднократно используется подход к определению оптимальной чувствительности управления с помощью нормирования частотной характеристики по регулируемому параметру движения на некоторой характерной частоте, однако отсутствуют какие-либо обоснования справедливости такого подхода;

- предлагаемые критерии, использующие амплитудные частотные характеристики самолета с системой управления являются достаточно трудоемкими при практическом использовании, так как требуют полной информации о системе управления со всеми передаточными коэффициентами.

Указанные недостатки, тем не менее, не снижают научную ценность и достоверность результатов работы. В целом следует отметить высокий научный уровень работы и практическую ценность выполненных в диссертационной работе исследований.

Таким образом, основываясь на автореферате, можно сделать вывод, что диссертационная работа Десятника Павла Анатольевича соответствует требованиям положения ВАК «О присуждении учёных степеней», предъявляемых к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Главный конструктор по аэродинамике
Начальник отдела аэродинамики,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

Тарасов Алексей Захарович

Акционерное общество
«Авиационная холдинговая компания «Сухой»,
ОКБ Сухого.

Адрес: 125284, г.Москва,
ул. Поликарпова, 23А.
Тел. 8(495) 945-89-22
e-mail: okb@okb.sukhoi.org

Подпись Тарасова Алексея Захаровича заверяю.

Зам. начальника ЦКБ

(должность)

Александр Сергеевич

(подпись)

(Фамилия И.О.)

