

Публичное акционерное общество
**«АВИАЦИОННАЯ
ХОЛДИНГОВАЯ КОМПАНИЯ
«СУХОЙ»**
(ПАО «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

«27» 11 2020 г. № 1/451084/464

На № 106-20-74 от 29.10.2020

Ученому секретарю
диссертационного совета
Д 212.125.12

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское шоссе, д.4, МАИ,
отдел Ученого и диссертационного
советов

Высылаю Вам Отзыв на автореферат диссертации Иргалеева Ильяса Хусаиновича «Улучшение пилотажных свойств самолета путем использования прогнозного дисплея, отображающего развитие программной траектории», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Приложение:

1 «Отзыв....», н/с, 2 экз., на 3 листах каждый.

2 Автореферат диссертации, н/с, 1 брошюра, - от н/вх1/21996 12.11.2020г

Всё приложение только в адрес.

Первый заместитель Генерального
директора ПАО «Компания Сухой» -
- директор «ОКБ Сухого»

М. Ю. Стрелец

Исп. Тарасов А.З.,
тел. +7(495)945-89-22

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«30» 11 2020

Т.А.И.



УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Генерального директора
ПАО «Компания Сухой» - директор ОКБ Сухого

М. Ю. Стрелец

« _____ » ноября 2020г

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Иргалева Ильеса Хусайновича**

«Улучшение пилотажных свойств самолета путем использования прогнозного дисплея, отображающего развитие программной траектории», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Эффективность и безопасность выполнения целевых задач самолета в значительной мере определяется тем, насколько характеристики системы отображения пилотажной информации (СОИ) и комплекса «система управления - ЛА» обеспечивают качество пилотирования при минимизации загрузки летчика. Компенсация динамических особенностей ЛА системой СОИ может существенно облегчить пилотирование, повысить его комфортность и, что особенно важно, достигаемую точность. К настоящему времени уровень развития аппаратно-программных средств дает возможность воплощения такого подхода в сочетании с концепцией дополненной реальности. Однако исследования в этой области, результатом которых были бы практические рекомендации, малочисленны, необходимо создание соответствующего теоретического и экспериментального задела. И в связи с этим диссертационная работа Иргалева И.Х. **актуальна** и представляет **большой научный и практический интерес**.

Целью исследования диссертант ставит создание «единого подхода к построению прогнозной информации перспективных дисплеев современных высокоавтоматизированных самолетов, базирующегося на методах исследования системы самолет-летчик, путем трансформации задачи компенсаторного слежения в задачу преследования с предвидением».

Для достижения цели исследований, как следует из автореферата, автор решает следующие задачи:

- выявление закономерностей действий летчика и свойств системы «самолет-летчик» при индикации типа «преследование» и «предвидение»;
- разработка алгоритма идентификации характеристик управляющих действий летчика в задаче управления с индикацией по типу «с предвидением»;
- разработка и верификация математической модели управляющих действий летчика в задачах пилотирования при индикации по типу «с преследованием» и «с предвидением»;
- разработка методики выбора параметров прогнозного дисплея;
- коррекция закона формирования прогнозной информации при наличии запаздываний в динамике объекта управления;
- выявление возможности использования дисплея «с предвидением» для уменьшения потребных скоростей отклонения рулевых поверхностей.

Фактически решается задача улучшения пилотажных свойств самолета за счет рационального построения СОИ, интегрированной с системой управления самолета, в части отображения параметров траектории движения в целевых задачах точного

Отдел документационного
обеспечения МАИ

30 11 2020

пилотирования. За счет применения специальных алгоритмов работы блока формирования прогнозной информации не только упрощается динамическая структура процесса пилотирования, но и, в некотором смысле, обеспечивается интеллектуальная поддержка летчика по формированию траектории движения.

В процессе проведенных исследований, как следует из автореферата, получены следующие результаты, подтверждающие научную и практическую значимость работы.

1. Выявлены закономерности действий летчика при переходе от «компенсаторной задачи» пилотирования к задачам «преследования и предвидения», и влияние на них характеристик спектра входного сигнала, динамики объекта управления и времени предвидения.

2. Подтверждены возможности значительного улучшения точности пилотирования при уменьшениях отклонений и скоростей отклонения управляющих поверхностей при использовании дисплея «с предвидением». Установлена оптимальная величина времени предвидения, обеспечивающая минимальную ошибку выполнения целевой задачи.

3. Разработан алгоритм идентификации составляющих характеристик, определяющих действия летчика в задаче управления «с преследованием и предвидением», базирующийся на использовании двух полигармонических сигналов и последующей процедуре интерполяции измеренных частотных характеристик.

4. Экспериментально выявлена независимость параметров характеристик управляющих действий летчика во внутреннем и внешнем контурах, образуемых им при выполнении задачи слежения «с предвидением».

5. Разработана математическая модель действий летчика в задачах преследования и предвидения, а также методика выбора параметров модели. Подтверждено соответствие результатов математического моделирования результатам экспериментальных исследований.

6. Предложена методика выбора основных параметров прогнозного дисплея «с предвидением», базирующаяся на закономерностях действий летчика.

7. Экспериментально подтверждена целесообразность применения дисплея «с предвидением» при выполнении ручного управления современными летательными аппаратами, характеризующимися наличием запаздывания в тракте управления, а также предложен алгоритм подавления эффекта запаздывания, величиной до 1с.

8. Экспериментально подтверждена эффективность использования дисплея «с предвидением» в условиях снижения максимальных располагаемых скоростей отклонения рулевых поверхностей.

Достоверность полученных в работе результатов теоретических исследований и математического моделирования подтверждены результатами экспериментальных исследований на рабочей станции и пилотажном стенде.

Научная значимость работы подтверждается тем, что в ней,

во-первых, получена модифицированная модель характеристик управляющих действий летчика, учитывающая восприятие летчиком информации о дальнейшем изменении заданной траектории движения;

во-вторых, разработан алгоритм идентификации характеристик управляющих действий летчика в задаче пилотирования «с предвидением»;

в-третьих, реализованы алгоритмы формирования индикации траекторных параметров с применением концепции дополненной реальности.

К практически значимым результатам настоящей работы следует отнести:

- методику выбора параметров дисплея, прогнозирующего траекторию движения летательного аппарата;

- алгоритм компенсации временных запаздываний в тракте управления с использованием разработанной индикации;

- существенное повышение точности выполнения задачи пилотирования за счет применения прогнозной индикации по сравнению с компенсаторными дисплеями при одновременном уменьшении потребных скоростей отклонения рулевых поверхностей.

Как следует из автореферата, работа прошла апробацию на шести международных и всероссийских научных конференциях. Результаты диссертационной работы реализованы в учебном процессе МАИ по дисциплинам «Методы экспериментальных исследований в динамике полета», «Управление полетом высокоавтоматизированных самолетов» (специальность 24.03.03) на кафедре «Динамика и управление летательных аппаратов» а также в АО «РСК «МиГ» при обучении и подготовке летного состава.

Замечания к автореферату в основном касаются его оформления:

- в тексте автореферата встречаются технические жаргонизмы вместо определенных нормативными документами терминов;
- отсутствие пояснений к некоторым обозначениям и слишком мелкие индексы при них затрудняет восприятие содержания автореферата;
- при одинаковых по сути символах индексы приводятся то на английском, то и на русском языках;
- в автореферате не приводятся данные по количеству выполненных экспериментов и по составу летчиков (операторов), участвовавших в экспериментах.

Тем не менее, содержание автореферата позволяет оценить хороший научный уровень и практическую ценность выполненных в диссертационной работе исследований, имеющиеся недостатки не снижают значимость работы.

Вывод: Диссертация **Иргалеева Ильеса Хусаиновича** является законченной научной работой, удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», и её автор **заслуживает присвоения ученой степени кандидат технических наук по специальности 05.07.09** «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Главный конструктор по аэродинамике
- начальник отдела аэродинамики,
к.т.н., с.н.с.

Тарасов Алексей Захарович

« 26 » ноября 2020г

Публичное акционерное общество
«Авиационная холдинговая компания «Сухой»,
«ОКБ Сухого».

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

Подпись Тарасова Алексея Захаровича завершено

Нотариус ЦК



Т.Л. Дмитриев