

ПАО «Корпорация «Иркут»  
Филиал «Региональные самолеты»  
ул. Ленинская Слобода, д. 26, стр. 5  
Москва, 115280, Россия  
Телефон: +7 (495) 727-19-88  
Факс: +7 (495) 727-19-83



в составе  
OAK

ОГРН 1023801428111  
ИНН 3807002509  
КПП 772543001  
ОКПО 43922193  
office@ssj.irkut.com  
www.irkut.com

Филиал «Региональные самолеты»

05.05.2023 № 059/2134  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Отзыв на автореферат  
Ефремова Евгения Владимировича

«ФБГОУ» МАИ  
Ученому секретарю  
диссертационного совета  
24.2.327.03  
д.т.н., доценту  
Старкову А.В.

Уважаемый Александр Владимирович!

В ответ на письмо № 106-23-18 от 13.04.2023 направляю Вам отзыв на автореферат диссертационной работы «Улучшение пилотажных характеристик летательных аппаратов путем использования перспективных подходов к разработке алгоритмов элементов технической части системы самолет-летчик», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов» Ефремова Евгения Владимировича.

Приложение: Отзыв на автореферат на 5 л. в 2 экз.

Заместитель директора по  
разработке

А.В. Долотовский

Исп.: Жихарева И.В.  
Тел.: +7 (495) 727-19-88 (доб. 34-26)

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

«11» 05 2023



**Научная новизна** работы состоит в том, что выявлены новые закономерности характеристик системы самолет-летчик при управлении различными рычагами управления, получена модификация структурной модели управляющих действий летчика, учитывающая выявленные закономерности и позволяющая оценивать характеристики новых рычагов управления, предложен подход к выбору динамических конфигураций, используемых при разработке критериев оценки пилотажных характеристик, позволивший модифицировать ряд критериев с улучшенными прогностическими свойствами, созданы два новых критерия, основанных на нормировании параметров системы самолет-летчик и разработан алгоритм нелинейного ограничителя максимальных скоростей отклонения рулевых поверхностей, позволяющий реализовать принцип обратной динамики и исключить возможность возникновения раскачки самолета летчиком.

**Методология и методы исследования.** В диссертации применяются методы экспериментальных исследований авиационно-космических систем и математического моделирования системы самолет-летчик.

**Практическая значимость** работы заключается в том, что полученная в работе система критериев, в частности, Новый критерий МАИ позволяет оценить влияние параметров и типов рычагов управления на уровень пилотажных характеристик различных летательных аппаратов. Разработанный алгоритм функционирования ограничителя скорости отклонения рулевых поверхностей обеспечивает подавление раскачки самолета летчиком, существенно уменьшает требуемые скорости отклонения приводом управляющих поверхностей при сохранении точности пилотирования и выявлены значительные преимущества бокового рычага управления, формирующего управляющий сигнал, пропорциональный прикладываемым к нему усилиям, по сравнению с традиционным центральным рычагом, выходной сигнал которого пропорционален перемещению.

**Достоверность полученных результатов** математического моделирования подтверждается результатами экспериментальных исследований на пилотажном стенде МАИ.

**Апробация работы.** Результаты работы прошли апробацию и обсуждены на российских и международных научно-технических конференциях.

**Результаты работы получены автором лично** и опубликованы в 12 печатных работах, из них 3 – в журналах из списка ВАК, – 9 в изданиях, входящих в Scopus, из которых 2 отнесены Q1. Автором получены 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

В диссертационной работе Ефремова Е.В. рассматриваются вопросы повышения безопасности полетов путем улучшения пилотажных характеристик летательных аппаратов, предполагающие совместный выбор рациональных параметров алгоритмов системы управления и рычага управления. Согласно автореферата на защиту выносятся:

- 1) Закономерности характеристик системы самолет-летчик при использовании центрального и бокового рычагов управления.
- 2) Модификация структурной модели управляющих действий летчика.
- 3) Модифицированные и созданные критерии оценки пилотажных характеристик (ПХ), обладающие высокими прогностическими свойствами.
- 4) Целесообразность использования бокового рычага управления, формирующего управляющий сигнал, пропорциональный прикладываемым к нему усилиям, совместно с системой управления, построенной на базе обратной динамики.
- 5) Нелинейный ограничитель, обеспечивающий предотвращение явления раскачки при сохранении точности пилотирования.

Каждая позиция обладает признаками научной новизны и представляет практический интерес. Кроме того, в работе можно выделить следующие преимущества:

– выявлены оптимальные значения жесткости и демпфирования центрального и бокового рычагов;

– автором показано, что использование усилий в качестве управляющего сигнала приводит к улучшению точности пилотирования по сравнению с использованием сигнала пропорционально перемещению;

– при переходе от центрального рычага к боковому происходит некоторое уменьшение дисперсии ошибки;

– разработанная модификация структурной модели управляющих действий летчика учитывает выявленные закономерности характеристик системы самолет-летчик при использовании различных рычагов управления;

– сформулированы правила отбора динамических конфигураций, позволяющие повысить прогностические способности существующих критериев оценки ПХ;

– создано два новых критерия оценки ПХ, которые основаны на нормировании характеристик системы самолет-летчик и которые позволяют оценить влияние характеристик и типов рычагов управления, а также типа управляющего сигнала;

– определены и выполнены условия реализуемости алгоритмов системы управления, предполагающей использование принципа обратной динамики. Также осуществлена их интеграция с боковым рычагом управления, формирующим управляющий сигнал, пропорциональный прикладываемым к нему усилиям, что позволило значительно улучшить точность пилотирования на примерах вертолета Ми-8 и сверхзвукового пассажирского самолета второго поколения;

– разработан алгоритм функционирования нелинейного ограничителя рулевых поверхностей, который обеспечивает реализуемость совместного использования активного рычага управления и системы управления на базе обратной динамики, а также предотвращает возникновение раскачки самолета летчиком.

Также имеются определенные недостатки, а именно:

– в автореферате присутствует ряд опечаток, что затрудняет правильное прочтение.

– в автореферате не приведены условия проведения экспериментов;

– в автореферате упоминается, что «...для вертолета Ми-8 использование регулятора на базе обратной динамики позволяет подавить взаимосвязь продольного и бокового движений», что никак не подтверждается материалами.

Диссертация Ефремова Е.В. представляет из себя законченную работу, выполненную на высоком техническом уровне, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 2.5.16. – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)», а автор безусловно заслуживает присвоения степени кандидата технических наук.

Начальник департамента  
механики полета Филиала  
«Региональные самолёты» ПАО «Корпорация «Иркут»,



Алексеев Сергей Александрович

115280, Москва,  
ул. Ленинская Слобода, д. 26, стр. 5,  
Тел.: +7926557 82 52,  
e-mail: aleks.56@gmail.com

Подпись Алексеева Сергея Александровича удостоверяю.

Руководитель направления  
по работе с филиалами и ДЗО  
департамента по персоналу  
и организационному развитию

