



Опытно-конструкторское бюро  
им. А.И. Микояна  
(«ОКБ им. А.И. Микояна»)

Ленинградское ш., д. 6, стр. 1, Москва, 125171  
Тел:(495) 721-81-00 Факс:(499)951-37-40

E-mail:inbox@rsk-mig.ru

ОГРН 1067759884598  
ИНН/КПП 7708619320/

18.04.23 № 1167-12-68-2023

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

125993, г. Москва, Волоколамское ш.,

□ \_\_\_\_\_ □

д.4

По вопросу отзыва

***Уважаемый Александр Владимирович!***

Направляю Вам отзыв на автореферат диссертации Ефремова Евгения Владимировича на тему «Улучшение пилотажных характеристик летательных аппаратов путем использования перспективных подходов к разработке алгоритмов элементов технической части системы самолет-летчик», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)».

Приложение: Отзыв на автореферат диссертации – 2 экз. на 4 листах каждый

*С уважением,*

Начальник Инженерного Центра ОКБ имени А.И.Микояна  
ПАО «ОАК»,

Заместитель Председателя НТС

А.В.Терпугов

Отп. 2 экз.  
Исп.Оболенский Ю.Г.  
т. (495) 721-81-00 доб.101-26-03

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

15 05 2023

УТВЕРЖДАЮ

Начальник Инженерного Центра

ОКБ имени А.И.Микояна

ПАО «ОАК»

А.В.Терпугов

04 2023 г.



### ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ефремова Евгения Владимировича на тему «Улучшение пилотажных характеристик летательных аппаратов путем использования перспективных подходов к разработке алгоритмов элементов технической части системы самолет-летчик», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16. – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)»

Диссертационная работа Ефремова Е.В. посвящена актуальной проблеме повышения безопасности полета пилотируемых летательных аппаратов. Для ее решения автором предложен комплекс перспективных средств автоматизации полета, обеспечивающих улучшение характеристик устойчивости и управляемости, включая активный боковой рычаг управления, формирующий сигнал, пропорциональный усилиям, интегрированный с регулятором, синтезированным на базе обратной задачи динамики, а также нелинейного корректирующего устройства (префильтра). Для оптимизации этих средств и алгоритмов их функционирования автором выполнен ряд экспериментальных и теоретических исследований. К ним относятся исследования влияния характеристик рычага управления (жесткость, демпфирование), типа формируемых рычагом управляющих

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

«15» 05 2023

сигналов, а также различных типов рычагов управления (центральный, боковой).

Полученные **новые результаты** явились основой для глубокой модификации исследуемой модели управляющих действий летчика, традиционной для МАИ, которая используется как для оптимизации характеристик различных рычагов управления, так и при формировании новых критериев оценки пилотажных характеристик самолетов, основанных на нормировании обобщенных параметров системы «самолет-летчик».

Безусловный интерес представляет и предложенная автором процедура отбора из баз данных конфигураций при формировании критериев. В работе показано, что ее использование позволило повысить прогностические свойства ряда известных критериев оценки пилотажных характеристик, а также критериев оценки раскачки самолета летчиком.

Значительное внимание в работе уделено решению задачи интеграции рычага управления с регулятором, построенным на базе принципа обратной задачи динамики, показана необходимость обеспечения устойчивости и грубости алгоритма (робастности) для реализации этого принципа.

Предложенный автором критерий оценки загрузки лётчика в процессе выполнения полётного задания, основанный на мощностях усилий, прикладываемых к рычагу управления, в целом, позволяет правильно оценить уровень пилотажных характеристик летательного аппарата. Абсолютно верен также вывод автора, что наилучшая точность пилотирования достигается при минимальном демпфировании рычага управления.

Исследованный в главе 4 нелинейный ограничитель скорости рулевого привода, установленный перед входом в привод, позволяет надежно предотвратить явление «раскачки самолёта лётчиком» (PIO) при практическом сохранении точности пилотирования, что тоже подчеркивает **теоретическую новизну и практическую значимость работы.**

Практически все полученные в работе практические и теоретические результаты исследований подтверждены в ходе экспериментальных исследований на пилотажном стенде для ряда летательных аппаратов. К сожалению, автор не рассматривал в качестве объекта управления многофункциональные маневренные самолёты, которые представляют собой наиболее сложные многорежимные, многоуровневые объекты управления.

Вместе с тем, необходимо сделать ряд замечаний по работе:

1. В автореферате автором не раскрыт термин «в соответствии с принципами обратных задач динамики». Как известно, принципы обратных задач динамики базируются на точном знании аэродинамики летательного аппарата, поэтому при практическом проектировании они могут применяться лишь с большими допущениями, вследствие недостаточного знания аэродинамических коэффициентов во всей области режимов полёта. Может быть, автор предполагал использование инверсных идеальных моделей, формируемых в цепи обратных связей, которыми широко пользуются при синтезе контуров управления летательными аппаратами.

2. Модель рычага управления, рассматриваемая автором, является линейной в виде колебательного звена, на самом деле её следует дополнить присущими ему люфтами и сухим трением.

3. В автореферате не указано число операторов, принимавших участие в экспериментальных исследованиях, а также их квалификация.

Судя по автореферату, несмотря на отмеченные недостатки, представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, имеющей научную ценность и практическую значимость. Диссертация решает важную задачу повышения безопасности полёта современных летательных аппаратов, удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении учёных степеней» ВАК Министерства образования РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 2.5.16. – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов (технические науки)», а ее автор Ефремов Евгений

Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Заместитель Главного конструктора по системам управления  
«ОКБ имени А.И.Микояна» ПАО «ОАК»  
Заслуженный машиностроитель РФ,  
Доктор технических наук, профессор



Оболенский Юрий Геннадьевич

«26» апреля 2023 г.

Почтовый адрес организации:  
125171, г. Москва, Ленинградское шоссе, д.6а,  
ПАО «ОАК» «ОКБ имени А.И.Микояна»  
Тел.(495) 721-81-00 доб.101-26-03,  
Тел. 8-905-747-35-73 (моб.), Электронная почта [y.obolensky@rsk-mig.ru](mailto:y.obolensky@rsk-mig.ru)