

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу  
Степновой Елены Ивановны

### **«Адаптивный пилотажно-навигационный индикатор бортовой эргатической системы управления летательного аппарата»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по научной специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной  
техники и систем управления

#### **1. Структура и объём диссертации**

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и приложений. Диссертация содержит 253 страницы, из которых 220 страниц основного текста и 33 страницы приложений, 75 рисунков, 19 таблиц, библиографию из 83 наименований и 4 приложений, содержащих исходные данные для анализа зрительной нагрузки пилотов, логику работы адаптивного формирования пилотажно-навигационной информации посредством блок-схемы и акт использования результатов диссертационной работы. Результаты выполненных исследований апробированы на международных и всероссийских научно-технических конференциях.

**Во введении** обоснованы исследования возможности снижения зрительной нагрузки пилотов на всех этапах полета воздушного судна (ВС), сформулированы цели и задачи диссертационной работы, положения, выносимые на защиту, основные научные и теоретические результаты работы, определен объект, предмет и методы исследований, перечислены конференции, на которых апробированы результаты выполненных исследований.

**В первой главе диссертации** проанализированы этапы полета ВС, а также основные задачи решаемые членами экипажа на каждом этапе полета. Приведен анализ распределения катастроф и налета по этапам полета ВС, из которого определены наиболее аварийные по статистике этапы полета ВС, требующих особого внимания. Определены факторы, способствующие совершению ошибки и влияющие на действия экипажа, приводящие к потере контроля над пилотажными параметрами, и рассмотрены способы, которые позволят избежать совершения ошибок членами экипажа.

Выделены особые ситуации по степени опасности: усложнение условий полета, сложная, аварийная и катастрофическая (КС) ситуации, что соответствует руководству Р-4754А. Определены уровни опасности функционирования бортового эргатического комплекса, позволяющие определить возможные причины появления особых ситуаций в полете. На основе полученных данных построены информативные функции безопасности функционирования по значениям вероятностных показателей опасности режима полета, позволяющие перестроить интерфейс «Человек – ВС» в зависимости от текущей ситуации в части изменения объема информации и способа ее передачи.

**Во второй главе** подробно описана информация, отображаемая на экране комплексно-пилотажного индикатора, и расшифрован каждый отображаемый элемент. Поскольку особое значение в процессе управления полетом ВС играют действия членов экипажа, то в работе представлен анализ распределения обязанностей командира воздушного судна и второго пилота. При этом в анализе учтены параметры, которыми пилоты пользуются в процессе управления ВС на каждом этапе полета. Данный анализ позволяет определить ту информацию, которая не участвует в управлении вниманием экипажа ВС на различных этапах полета, что приводит к необоснованному повышению зрительной нагрузки командира ВС и второго пилота.

**В третьей главе** представлен алгоритм определения этапов полета в зависимости от логики работы ВС для адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации, необходимый для автоматического определения этапа полета и ограничения на выдачу определенной информации на экран индикатора. По результатам анализа этапов полета, действий экипажа и информации, выводимой на экран индикатора, разработан принцип адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации. Формирование состава и передачи на отображение пилотажно-навигационной информации на экран многофункционального индикатора при различных условиях отображения (при нормальных условиях, при условии наличия нажатых кнопок, при приближении к максимально допустимым значениям, при приближении к максимально допустимым значениям и при условии наличия нажатых кнопок) приведено в тексте работы. Логика обработки данных для адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации отображается в разработанной математической модели, позволяющей показать изменения состава отображаемой информации на всех этапах полета ВС.

**В четвертой главе** проведена оценка зрительной нагрузки пилотов ВС с учетом динамичности визуализируемой ими информации и выполняемой пилотажной задачи при полном выводе на индикацию всего состава пилотажно-навигационной информации и при адаптивном формировании информации. Выполненные автором расчеты относительной зрительной нагрузки позволяют определить, какая часть продолжительности этапа полета затрачивается пилотом на контроль пилотажных параметров. Из представленной оценки видно, что при адаптивном функционировании индикатора пилотажно-навигационной информации зрительная нагрузка пилотов значительно меньше, чем при обычном функционировании индикатора, что позволяет сделать вывод о том, что в результате адаптации пилотажно-навигационной информации у пилотов появляется резерв времени, что в свою очередь позволяет обеспечить безопасность полетов.

## **2. Актуальность темы диссертации**

Основным авиационным прибором, с которым пилот взаимодействует большую часть времени на протяжении всего времени полета воздушного судна, является пилотажно-навигационный индикатор. Постоянное совершенствование авиационной техники сопровождается увеличением количества контролируемых показателей, при этом возможности пилота

ограничены, поскольку помимо восприятия информации пилот должен переработать ее и принять правильное решение в условиях ограниченного количества времени.

Автоматизация процесса управления лишь частично помогает снизить нагрузку пилота, освободив его от рутинной умственной работы, связанной с вычислениями. При автоматическом пилотировании ВС пилот постоянно контролирует пилотажно-навигационную обстановку, при этом зрительная нагрузка не уменьшается. Проведенные автором исследования напряженности по показателям сенсорной нагрузки пилотов показали, что зрительная нагрузка пилотов превышает норму в 7,5 раз.

Поэтому тема диссертационной работы Степновой Елены Ивановны, в которой исследуется возможность снижения зрительной нагрузки пилотов на всех этапах полета ВС и разрабатывается принцип адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации, является **актуальной**. Решаемые в работе задачи направлены на снижение зрительной нагрузки пилотов в части пилотажно-навигационной информации на всех этапах полета ВС и повышении безопасности полета за счет появления у пилота резерва времени на обработку дополнительной пилотажной информации и оценку полетной обстановки.

### **3. Научно-технический уровень и научная ценность диссертации**

Научная ценность диссертационной работы Степновой Е. И. заключается в следующем:

1. Результаты анализа зрительной нагрузки пилота по отображаемой и сигнализируемой пилотажно-навигационной информации ВС позволили определить пилотажные параметры, повышающие зрительную нагрузку пилота, при этом не влияющие на успешное выполнение плана полета на различных этапах полета.

2. Разработан принцип адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации на всех этапах полета ВС, позволяющий снизить зрительную нагрузку пилотов.

3. Разработана математическая модель обработки данных для адаптивного функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации, отображающая изменения в составе отображаемой информации на всех этапах полета ВС при адаптивном функционировании индикатора.

4. Оценка зрительной нагрузки пилотов при адаптивном отображении и сигнализации пилотажной информации на экране многофункционального индикатора подтверждает эффективность предложенного адаптивного функционирования индикатора.

**Практическая значимость** результатов диссертационной работы заключается в следующем:

1. Принцип адаптивного функционирования индикатора позволяет автоматизировать процесс формирования пилотажных параметров в зависимости от условий и этапа полета, при этом сократив состав

отображаемой и сигнализируемой информации без потери качества восприятия полетной обстановки.

2. Принцип функционирования индикатора пилотажно-навигационной информации, отличающийся адаптивным изменением состава пилотажных параметров, выводимых на индикацию, позволяет снизить зрительную нагрузку пилотов по пилотажно-навигационной информации на всех этапах полета ВС без потери качества восприятия полетной обстановки.

3. Разработанный алгоритм формирования пилотажно-навигационной информации может быть использован при проектировании перспективных систем индикации ВС.

Таким образом, можно считать, что диссертация содержит необходимую совокупность научно обоснованных положений и технических решений, которые решают поставленную задачу.

## **5. Оформление материалов диссертации**

Диссертация написана грамотным научно-техническим языком, снабжена достаточным количеством аналитического и иллюстративно-графического материала, позволяющего оценить достигнутые результаты исследований.

## **6. Замечания по диссертации**

1. В наименовании и заключении работы говорится об элементах эргатической системы, однако по тексту проводится анализ элементов бортового эргатического комплекса.

2. В графическом представлении оценки зрительной нагрузки пилотов отсутствуют единицы измерения частоты наблюдения пилотажных параметров.

3. В первой главе диссертации отсутствует расшифровка обозначения FL в обозначении эшелона полета ВС.

4. В автореферате отсутствует информация о способе отображения информации в случае нештатных ситуаций.

5. В автореферате говорится о проведении оценки зрительной нагрузки пилотов при полном выводе на индикацию и при адаптивном, а таблице 2 указаны результаты оценки зрительной нагрузки при обычном функционировании индикатора и при адаптивном функционировании индикатора.

6. В работе не представлено, как применение принципа адаптивного функционирования индикатора сказывается на скорости программной обработки информации.

Однако, указанные замечания не снижают ценности полученных в диссертационной работе результатов.

## **7. Заключение**

Диссертация Степновой Е.И. является законченной научно-квалификационной работой и может быть квалифицирована как совокупность

научно обоснованных математических и алгоритмических решений, направленных на решение важной научно-технической задачи снижения зрительной нагрузки пилотов по пилотажно-навигационной информации на всех этапах полета ВС.

Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне. Степень апробации работы путем опубликования основных положений в печати и путем внедрения результатов в АО «УКБП», вполне достаточна.

Содержание автореферата отражает основные положения работы и главные доказательства их истинности.

Представленная Степновой Е. И. работа по актуальности, научно-техническому уровню и практическому значению выполненных исследований и разработок отвечает требованиям, предъявляемым ВАК к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Официальный оппонент,  
кандидат технических наук, доцент

Е. С. Неретин

*04.08.2022*

Неретин Евгений Сергеевич

Филиал ПАО «Корпорация «Иркут» «Центр комплексирования»

заместитель начальника отдела систем самолетовождения,

Московский авиационный институт

заведующий кафедрой 703 «Системное проектирование авиакomплексов»

(по совместительству)

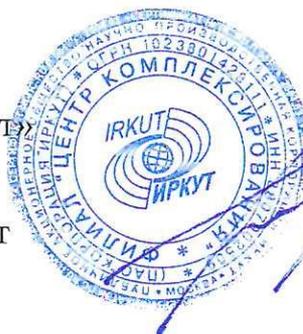
почтовый адрес: 125167, г. Москва, Авиационный пер, д. 5,

раб. тел.: +7 (495) 987-20-71, доб. 333

e-mail: Evgeny.Neretin@ic.irkut.com

Личную подпись кандидата технических наук, доцента Неретина Евгения Сергеевича заверяю.

Директор – главный конструктор  
филиала ПАО «Корпорация «Иркут»  
«Центр комплексирования»  
кандидат технических наук, доцент



А. А. Герасимов