

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«АЭРОПРИБОР-ВОСХОД»

Аэроприбор-Восход, 105318, Москва, Ткацкая ул., д. 19, эт. 4, ком 400  
тел. 8 (495)363-23-01, факс: 8 (495) 363-23-43  
E-mail: ext@aeropribor.ru



№ 244/17204 от 04.12.23  
На № 010-1796-22 от 07.11.2023 г.

П/в отзыва на диссертацию

Ученому секретарю  
диссертационного совета 24.2.327.03  
ФГБОУВО «Московский авиационный  
институт (национальный  
исследовательский университет)»  
(МАИ)

А.В. Старкову

Волоколамское шоссе, д. 4,  
г. Москва, Россия, 125993

Уважаемый Александр Владимирович!

Направляю отзыв официального оппонента на диссертационную работу Дяченко Сергея Александровича «Разработка комплекса автоматизации верификации человеко-машинного интерфейса системы электронной индикации гражданских самолетов в части текстовой информации», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки).

Приложение:

Отзыв официального оппонента на диссертацию Дяченко С.А. – 2 экз. на 7 л. каждый.

Первый заместитель  
главного конструктора

В.Н. Дятлов

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Дяченко Сергея Александровича «Разработка комплекса автоматизации верификации человеко-машинного интерфейса системы электронной индикации гражданских самолетов в части текстовой информации», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)

### 1. Актуальность темы диссертации

Безопасность пилотирования и всего полета в целом зависят от осведомленности экипажа и правильности выполняемых действий. Наиболее актуальная на текущем этапе полета пилотажно-навигационная, метео- и другая информация выводится на многофункциональных дисплеях, с которых ее считывают члены экипажа, а затем на ее основе принимают решения.

На этапе верификации системы электронной индикации (СЭИ), в состав которой входят многофункциональные индикаторы, необходимо проверить правильность вывода информации на экран. Но в связи с отсутствием автоматизированных средств считывания информации данной проверкой занимаются специалисты, которые вручную выполняют каждый тест. В силу больших объемов проверок и человеческого фактора возможны пропуски в проверках, ложное считывание информации и другие негативные факторы.

Автором предпринята попытка разработки такого автоматизированного средства проверки отображаемой информации для исключения человеческого фактора из процесса верификации СЭИ. Выбранное направление исследований и разработка способа обработки выводимого на экран изображения являются актуальными, а решение поставленной задачи позволит повысить точность проводимых проверок, сократить сроки выполнения верификации СЭИ.

### 2. Оценка содержания диссертационной работы

Во **введении** убедительно обозначена суть решаемой проблемы, сформулированы цель работы и научные задачи, необходимые для достижения цели, а также приводятся научная новизна и практическая ценность полученных результатов, уровень их апробации, данные о публикациях и внедрении, структура и содержание работы.

В **первой главе** приведены результаты обзора СЭИ современных гражданских самолетов по назначению и выполняемым функциям. Детально рассмотрена нормативная документация, в частности, указания руководства Р-25-11А по проектированию СЭИ в части общих характеристик индикаторов и руководства Р-4754А для различных методов верификации.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

« 5 » 12 2023



Выполнен анализ применяемых способов верификации и имеющихся средств автоматизации:

- рассмотрения и анализы, требующие значительных временных ресурсов;
- моделирование с применением формальных методов, но результаты существенно зависят от адекватности моделей, при этом не предполагается учёт специфики работы на целевой платформе;
- тестирование, позволяющее оценить корректность функционирования посредством контроля потоков данных в кодовых линиях связи; при этом не позволяет полностью автоматизировать процесс верификации в части индикации;
- интегральные решения, обеспечивающие верификацию сразу несколькими методами, при этом обладающие преимуществами указанных выше способов; недостатком также является отсутствие средств автоматизированной проверки индикации.

Автором сформулированы требования к функционалу программно-аппаратного комплекса автоматизации верификации текстовой информации, выводимой на экране индикатора.

Во **второй главе** разработана архитектура программно-аппаратного комплекса, определены его функции, предъявлены соответствующие требования в части точности и времени определения верифицируемых параметров, позволяющие проводить тестирование в автоматизированном режиме, а также обозначены ограничения и допущения на базе принципов проектирования СЭИ современных гражданских самолётов и руководства Р-25-11А.

В состав аппаратного обеспечения комплекса входят автоматизированное рабочее место оператора (персональный компьютер), устройства ввода / вывода TechSAT ADS (для преобразования интерфейсов), видеокамера и непосредственно стенд интеграции авионики, включающий в себя центральный вычислитель авионики и многофункциональный индикатор СЭИ.

Программная часть состоит из имитационной среды TechSAT ADS для задания сигналов, на основании которых формируется изображение на индикаторе, разработанного автором модуля автоматизации верификации индикаторов СЭИ и пакета Microsoft Office для подготовки тестовых процедур и генерации результатов испытаний.

Также предложена методика проведения испытаний с применением предложенного комплекса, включающая:

- настройку оборудования, включающая установку и калибровку камеры;
- задание ожидаемых результатов тестовой процедуры;
- настройку конфигурации разработанного программного обеспечения;
- ввод значений сигналов, участвующих в логике, для формирования

соответствующей индикации;

- запуск модуля автоматизации верификации СЭИ;
- проверку результатов тестирования.

В **третьей главе** приведено детальное описание алгоритма работы разработанного программно-алгоритмического обеспечения модуля автоматизации верификации индикаторов СЭИ.

Подробно описана использованная модель камеры с точечной диафрагмой (с учётом коррекции радиальной и тангенциальной дисторсий объектива), используемая при калибровке. Для калибровки выбран «гибкий» метод Чжана, в основе которого применены фотографии шахматной доски в различных положениях для расчёта преобразования координат узловых точек.

Далее детально описаны шаги обработки полученного с индикатора СЭИ изображения:

- выделение зоны с текстом;
- разделение данной зоны на строки с надписями;
- распознавание текста строк посредством нейронной сети Tesseract OCR, предварительно обученной на шрифтах, используемых в конкретной СЭИ (также приведено обоснование выбора указанной нейронной сети);
- распознавание цвета текста посредством алгоритма  $k$ -средних применительно к матрицам  $R, G, B$  (также приведено обоснование выбора данного метода);
- определение размера шрифта и расположения надписи;
- формирование отчёта о проведённом тестировании, в том числе выдача пользователю полученных ошибок или предупреждений.

В заключении главы приведено описание отдельных модулей разработанного программного обеспечения.

В **четвертой главе** приведены результаты тестирования разработанного комплекса на примере текстовых сообщений предупреждения экипажа, формируемых на индикаторе СЭИ гражданского самолета МС-21. Для подтверждения работоспособности разработанного аппаратно-программного комплекса были проведены 4 серии по 35 экспериментов, при этом в каждой серии проверено порядка 560 сообщений.

Приведены полученные значения показателей точности распознавания по заданным критериям и обоснованы полученные результаты. Отмечается, что возможность использования разработанного автоматизированного средства тестирования подтверждена, но, тем не менее, результаты обязательно должны контролироваться со стороны оператора по причине использования не детерминированных алгоритмов (нейронной сети).

Показано, что с использованием разработанного комплекса удалось сократить



время верификации в четыре раза по сравнению с ручными проверками, при которых к тому же имеют место психофизиологические факторы человека-оператора, негативно влияющие на точность и время определения верифицируемых параметров.

**3. Достоверность и обоснованность результатов диссертации** подтверждена корректностью используемых математических моделей, методической грамотностью проведенных экспериментальных исследований, воспроизводимостью приведенных результатов.

#### **4. Новизна полученных результатов**

В ходе проведенных исследований были получены следующие результаты, отвечающие критерию научной новизны:

1) разработан программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий автоматизацию верификации текстовой информации, выводимой на индикаторах СЭИ, с заданными показателями качества;

2) в рамках созданного программно-аппаратного комплекса автоматизации верификации текстовой информации на индикаторах СЭИ выполнена интеграция алгоритмического обеспечения, реализующего калибровку камеры, обработка изображения, определение верифицируемых параметров, проверку начальных условий, обучение нейронной сети Tesseract OCR и формирование отчёта об испытаниях;

3) для гражданского самолета МС-21 сформирована база данных тестовых примеров отображаемых текстовых сообщений, охватывающая их полное разнообразие;

4) проведены стендовые испытания комплекса, по итогам которых подтверждена высокая достоверность распознавания надписей на уровне 98,1% для текста, 99,5% для цвета, 98,8% для размера шрифта, 97,6% для расположения.

**5. Практическая значимость работы**, на мой взгляд, заключается в предложенных решениях обработки текстовой информации, выводимой на индикаторах СЭИ, что позволяет минимизировать влияние человеческого фактора при верификации СЭИ, существенно сократить временные ресурсы, необходимые для проведения требуемого объёма проверок. С другой стороны, полученные результаты могут быть применимы к верификации любых других индикаторов аналогичных критических систем. Соответствующими актами о внедрении подтверждается использование полученных результатов в проекте «Разработка комплекса бортового радиоэлектронного оборудования самолёта МС-21» филиала ПАО «Яковлев» – Центр комплексирования, в учебном процессе на кафедре 703 «Системное проектирование авиакomплексов» МАИ.

## **6. Оценка диссертации по ее завершенности, стилю и языку изложения**

Диссертационная работа Дяченко С.А. представляет собой законченное научное исследование, содержащее решение актуальной научно-технической задачи. Ее содержание изложено последовательно, методически правильно и полностью раскрывает сформулированные и решаемые научные и практические задачи. Работа написана грамотно, доступным языком. Основные цитируемые положения сопровождаются ссылками на источники. В целом диссертация по объему и оформлению соответствует требованиям ВАК Российской Федерации. Автореферат полностью соответствует тексту диссертации, в полной мере показана суть проведенных исследований.

## **7. Апробация результатов работы**

По теме диссертации опубликовано 15 печатных работ, из них 2 – в изданиях, включенных в базы данных Scopus, 4 – в рецензируемых журналах из перечня ВАК. Также получено 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ. Имеется 2 публикации без соавторов по теме работы. Основные полученные результаты рассмотрены на различных конференциях (в том числе международных). Количество публикаций соответствует требованиям п. 13 «Положения о присуждении ученых степеней».

## **8. Замечания по диссертационной работе**

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с требованиями ВАК, приведены логически обоснованные выводы и рекомендации. Однако следует указать на следующие замечания.

1) На стр. 46 указана «постобработка (опционально для полученного текста могут быть исправлены ошибки или улучшено форматирование)», но не оценена вероятность исправления ошибок в неправильно сформированном сообщении.

2) На стр. 53 «После установки оператором камеры напротив МФИ с интересующим форматом она калибруется с целью минимизации оптических искажений», но не приводится суть калибровки и используемые методики.

3) На стр. 62 «В рамках данной работы в силу достаточно высоких точностных показателей и простоты выбран «гибкий» метод Чжана», но не обозначено, по каким именно критериям выбран метод Чжана.

4) На стр. 64 «Изначально калибровочный объект в виде шахматной доски известных размеров с 10x7 узловыми точками выводится на дисплей, на котором планируется проведение тестирования», однако не приведено обоснование выбора такого паттерна.



5) п. 3.1.3 - не объяснено, для чего выполняется выделение текстовой зоны кадра, если заранее известны зоны кадра, в которых выводятся текстовые сообщения.

6) При выполнении тестирования по п.п. 4.1, 4.2 не обосновано расстояние от камеры до индикатора, равное 0,1...0,3 м. И в целом не показано соответствие между положением экипажа при считывании информации с индикаторов и используемой по ряду параметров: угловое разрешение, расстояние до индикатора и т.д.

7) Ряд ошибок в оформлении, например, после раздела 4.2 указан раздел 4.1, повторяющийся текст на стр. 25 «Программный продукт поддерживает выгрузку отчёта ...».

8)

### **9. Заключение**

В целом считаю, что обозначенные замечания не уменьшают ценности проведенных исследований и полученных результатов. Диссертационная работа Дяченко С.А., представленная к защите, актуальна, обладает внутренним единством, написана автором самостоятельно. Полученные результаты достоверны и обоснованы, обладают научной новизной и практической значимостью, опубликованы в изданиях требуемого уровня. Апробация работы проведена в соответствии с принятыми нормами. Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

Считаю, что диссертация Дяченко С.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой дается решение актуальной научно-технической задачи, связанной с разработкой способа автоматизированной верификации СЭИ и соответствующего программно-аппаратного комплекса, содержит новые научные и практически значимые результаты.

Содержание диссертации и ее результаты соответствуют паспорту специальности 1.2.2. по пункту 6.

Представленная диссертационная работа «Разработка комплекса автоматизации верификации человеко-машинного интерфейса системы электронной индикации гражданских самолетов в части текстовой информации» отвечает критериям Положения о присуждении ученых степеней ВАК Российской Федерации, а ее автор, Дяченко Сергей Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки).

Я, Сорокин Михаил Юрьевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

**Официальный оппонент:** Сорокин Михаил Юрьевич, кандидат технических наук (05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления), начальник отдела по науке и инновационному развитию Акционерного общества «Аэроприбор-Восход» (<https://ap-voskhod.kret.com/>).

Адрес: 105318, город Москва, улица Ткацкая, дом 19.


E-mail: [SorokinMU@aeropribor.ru](mailto:SorokinMU@aeropribor.ru).

Тел. +7 (495) 363-23-00 доб. 1791

«04» декабря 2023 г.

 / М.Ю. Сорокин /

Подпись Сорокина Михаила Юрьевича подтверждаю.

 Н.А. Камшина начальник отдела  
персонала



С отзывом ознакомлен

05.12.2023

