

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук

Пичугина Сергея Борисовича

на диссертацию

Юрченко Екатерины Сергеевны

«Технология создания имитатора универсального рабочего места

космонавта для решения задач визуально-инструментальных

наблюдений»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических

наук в Диссертационном совете 24.2.327.09 на базе

федерального государственного бюджетного образовательного

учреждения высшего образования «Московский авиационный

институт (национальный исследовательский университет)»

по специальности 2.5.13 – «Проектирование, конструкция,

производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов».

Тема рецензируемой диссертации, как обосновано диссертантом, актуальна. Актуальность темы диссертации Юрченко Е. С. обусловлена:

– созданием перспективной РОС, одной из основных целей которой будет исследование поверхности Земли (в том числе интересующие приполярные области);

– тем, что космонавты, особенно в первом космическом полете, испытывают трудности с поиском и обнаружением объектов наблюдения при выполнении мониторинга Земли с борта РС МКС и на выработку навыков ориентирования для выполнения качественной работы на борту уходит не меньше половины времени экспедиции, что непропорционально много.

Во введении, при обосновании актуальности диссертации, отмечено, что концепция российской пилотируемой космонавтики предусматривает создание перспективных пилотируемых космических комплексов (ПКК): Российская орбитальная станция (РОС) и пилотируемые аппараты для исследования Луны. Одним из основных направлений научных экспериментов на борту перспективных ПКК является выполнение геофизических исследований методами визуально-инструментальных наблюдений (ВИН) Земли, в том числе исследование полярных орбит, Арктики и Северного морского пути, их акватории и территории, изучение ресурсного потенциала для решения народно-хозяйственных, оборонных, исследовательских задач и отработки технологий межпланетных полётов, а также проведение тематической геологической, геохимической и геофизической съёмки Луны для выбора места посадки лунного модуля.

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«1» 12 2025 г.

Сформулированные диссертантом во введении объект, предмет, задачи диссертации [с. 5-6] вполне корректны, отражают логику исследования, а выбранная методология исследования адекватна цели и задачам исследования.

- *объект* – программа выполнения космонавтами целевых работ на борту ПКК в части проведения геофизических исследований и мониторинга Земли методами ВИН;

- *предмет* – процесс выполнения космонавтами геофизических исследований и мониторинга Земли методами ВИН с борта ПКК.;

- *цель* – разработка технологии создания имитатора универсального рабочего места (УРМ) для решения задач визуально-инструментальных наблюдений;

Для достижения поставленной цели работы в диссертации поставлена и решена следующая совокупность из 6 задач:

- анализ визуальных условий выполнения космонавтами задач мониторинга поверхности с борта ПКК методами ВИН;

- разработка концептуальной модели процесса выполнения космонавтами мониторинга наблюдаемой поверхности с борта существующих и перспективных ПКК методами ВИН;

- разработка цифровой модели визуальной обстановки наблюдаемой поверхности с борта существующих и перспективных ПКК;

- создание структуры и составных частей имитатора универсального рабочего места для моделирования процесса проведения ВИН космонавтами с борта перспективных ПКК;

- разработка показателей оценки качества и эффективности имитатора УРМ ВИН;

- разработка методики оценки операторской деятельности (ООД) на имитаторе универсального рабочего места при моделировании процесса проведения ВИН с борта существующих и перспективных ПКК.

Методология исследования реализовала комплексный подход и включала следующие методы:

- метод ретроспективного анализа исторического опыта полетов экипажей ПКК,

- теоретико-методологический анализ литературы,

- метод экспертных оценок,

- методы проектирования компьютерных систем,

- методы математического моделирования и статистические методы,
- методы оценки операторской деятельности,
- методы генерации изображений, в том числе метод тайлов, метод Гильберта и позиционирование по трекерам.

Научная новизна проведенного исследования заключается в разработке методических основ проектирования компьютерного имитатора УРМ для отработки космонавтами задач в области геофизических исследований и мониторинга земной и лунной поверхностей с борта существующих и перспективных ПКК методами ВИН, которые включают в себя:

- концептуальную модель предметной области процесса выполнения космонавтами мониторинга наблюдаемой поверхности с борта существующих и перспективных ПКК методами ВИН;
- требования к структуре и характеристикам цифровой модели визуальной модели (ЦВМ) наблюдаемой поверхности с борта существующих и перспективных ПКК (логическая модель предметной области);
- структуру имитатора УРМ для формирования навыков и оценки качества проведения ВИН космонавтами с борта существующих и перспективных ПКК (физическая модель), которая отличается использованием современных компьютерных технологий;
- перечень показателей оценки качества и эффективности имитатора УРМ ВИН;
- методику оценки операторской деятельности космонавта на имитаторе УРМ при формировании навыков проведения ВИН с борта перспективных ПКК.

Теоретическая значимость работы заключается

- в разработке концептуальной модели предметной области;
- в определении и описании аддитивных показателей каждого элемента и факторов, влияющих на выполнение ВИН;
- в разработке структуры имитатора УРМ ВИН;
- в определении и расчёте показателей качества и эффективности имитатора УРМ ВИН;
- в разработке методики ООД на УРМ ВИН и проведении исследования на УРМ ВИН по данной методике.

Практическая значимость диссертационной работы диссертационной работы заключается

- в разработке ЦВМ Земли
- в разработке компьютерного имитатора УРМ ВИН с использованием информационных технологий.

Работа апробирована на трёх национальных и четырёх международных научных мероприятиях (конференциях, конгрессах, встречах), а также в ходе экспериментальных работ, выполненных в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина».

Личный вклад автора. Все результаты, представленные в диссертации, получены автором лично или при его непосредственном участии.

Научная новизна, практическая значимость работы и положения, выносимые диссертантом на защиту [с. 6-7], несомненно, представляют собой результат большой исследовательской работы.

Диссертант выносит на защиту следующие пять положений:

- концептуальная модель процесса выполнения космонавтами мониторинга наблюдаемой поверхности с борта существующих и перспективных ПКК методами ВИН;
- структура и требуемые характеристики цифровой модели визуальной обстановки наблюдаемой поверхности с борта существующих и перспективных ПКК;
- структура имитатора УРМ для формирования навыков и оценки качества проведения ВИН космонавтами с борта существующих и перспективных ПКК;
- результаты оценки качества и эффективности имитатора УРМ ВИН;
- Методика оценки операторской деятельности на имитаторе УРМ ВИН.

В соответствии с поставленными задачами работа структурно состоит из 4-х глав и 2-х приложений.

Первая глава *«Анализ процесса выполнения космонавтами задач наблюдения и мониторинга Земли с борта ПКК и опыта формирования навыков ВИН для решения задач мониторинга земной поверхности»*, как следует из названия главы, включает системный анализ процесса выполнения космонавтами программ ВИН на борту существовавших и

современных ПКК, разработку предложений по разработке имитатора УРМ ВИН, выполнение математической формализация решаемой в работе научной задачи, знакомит с базовыми понятиями, методами и задачами диссертационного исследования.

В первом пункте данной главы «Анализ визуальных условий выполнения космонавтами задач мониторинга Земли с борта ПКК» диссертант провела ретроспективный обзор развития космического метода исследований Земли из космоса.

Диссертант отметила, что научные эксперименты занимают порядка 40% общего рабочего времени космонавта на борту РС МКС и около 60% всего времени, отведенного на научно-прикладные исследований и эксперименты занимают ВИН, и перечислила преимущества ВИН по сравнению с другими методами дистанционного зондирования Земли.

Осуществляя обзор задач «Программы ВИН природной среды и катастрофических явлений осуществляемых на борту РС МКС», диссертант привела перечень изучаемых при ВИН объектов и процессов, а также, что важно знать космонавту при выполнении задач ВИН, перечислила действия космонавта-оператора в ходе их выполнения и охарактеризовала аппаратные средства наблюдения и регистрации, расширяющие и дополняющие возможности зрения космонавта.

Автором выделены две составляющие процесса ВИН – визуальную и операторскую, указаны типы ориентиров при ВИН и рассмотрены три методики ориентирования в процессе ВИН, а также последовательность действий космонавта при ориентировании с борта станции и ограничения по наблюдению различных регионов Земли. По результатам проведенного анализа диссертант сделала вывод, что целесообразно разработать имитатор УРМ для моделирования деятельности выполнения ВИН оператором, позволяющий отработать действия на Земле, связанные с ВИН, и рассмотреть подходы для проектирования УРМ для перспективных ПКК с учётом наблюдений приполярных и арктических областей.

Во втором пункте первой главы «Анализ деятельности космонавтов на борту ПКК при решении задач мониторинга Земли» диссертантом конкретизировано, что одним из основных проблемных вопросов выполнения ВИН космонавтами с борта МКС на сегодняшний день является то, что космонавты в течении начальных 2–3 месяцев полета

испытывают трудности с поиском и обнаружением объектов наблюдения, особенно в первом космическом полёте. Это связано с тем, что время, отведенное на поиск и определение объекта, которое составляет несколько секунд, а также с тем, что близкая к реальной имитация в земных условиях визуальной полетной обстановки, достаточно сложна. По итогам опроса членов экипажей МКС ею были выявлены факторы, обуславливающие увеличение времени поиска объекта, сформулированы основные принципы и формы формирования навыков у космонавтов по выполнению ВИН и сделан вывод, что целесообразно разработать имитатор УРМ для моделирования деятельности оператора в ходе выполнения ВИН, позволяющий отработать действия на Земле, связанные с ВИН, и рассмотреть подходы для проектирования УРМ для перспективных ПКС.

Третий пункт первой главы «Наземные технические средства формирования устойчивых навыков деятельности у космонавтов» посвящен формированию перечня предложений, связанных с повышением эффективности обучения во многом зависящем от того, насколько точно тренажер моделирует визуальные условия реальной работы, при этом ею указано, что система имитации внешней визуальной обстановки (СИВО) – критически важный компонент космического тренажера. Диссертант отметила, что в ретроспективе применение СИВО ограничивалось рядом недостатков и прорыв в их использовании произошел с появлением компьютерных генераторов изображений, позволивших создавать цветные 3D изображения динамических сюжетов внешней визуальной обстановки, управляемых в реальном масштабе времени, а на сегодняшний день когда уровень развития компьютерной графики и мониторов позволяет имитировать земную поверхность с разрешением сопоставимым реальным условиям наблюдения с борта ПКС, появилась возможность создания имитатора УРМ адекватно имитирующего изображение Земной поверхности из космоса.

В четвертом пункте первой главы «Формализация и постановка задачи исследований» диссертант, обращаясь к методологической базе для построения компьютерных информационных систем обосновывает выбор методология трехуровневого моделирования и, на её фундаменте, формулирует методические основы проектирования имитатора УРМ ВИН, включающие создание трёх моделей: для предметной области – концептуальной и логической, и для разрабатываемой системы –

физической. Для того, чтобы определять качество усвоения материала в ходе обучения космонавтов действиям на УРМ ВИН, автором предложена методика оценки операторской деятельности (ООД).

Методическая схема решения поставленной научной задачи, представленная диссертантом, включает шесть этапов, в том числе:

- анализ процесса выполнения космонавтами задач наблюдения и мониторинга Земли с борта ПКК и опыта формирования навыков ВИН;
- формализация задачи исследования;
- разработка концептуальной модели специализированного программного обеспечения (СПО) процесса ВИН;
- разработка логической модели СПО процесса цифровой визуальной модели (ЦВМ) ВИН;
- синтез структуры физической модели СПО имитатора УРМ ВИН;
- оценка качества и эффективности имитатора УРМ ВИН;
- разработка методики ООД для имитатора УРМ ВИН.

Для получения количественных оценок проектируемого УРМ автор обоснованно применила в качестве показателей уровня совершенства и эффективности ряд показателей параметрической адекватности и интегральный коэффициент качества, включающий множество специальных критериев, в том числе мультипликативный и составной критерии эффективности, при этом ею введено понятие идеального УРМ, чтобы понимать к каким значения должны стремиться показатели адекватности и интегральный коэффициент качества, заданные для оценки уровня совершенства и эффективности.

В заключении пункта и главы, автор указывает, что в результате проведенного системного анализа процесса выполнения космонавтами программ ВИН на борту существовавших и современных ПКК определены проблемные вопросы процесса ВИН на борту ПКК, создается перспективная РОС, одной из основных целей которой будет исследование Земли, для чего, с целью подготовки космонавтов к проведению ВИН на борту ПКК, ею разработаны предложения по разработке имитатора УРМ ВИН нового поколения, теоретически формализована соответствующая научная задача проектирования УРМ ВИН, выработана схема организации и проведения исследований, определены показатели качества и эффективности УРМ ВИН при существующих требованиях и ограничениях.

Вторая глава диссертации «Разработка концептуальной модели предметной области процесса операторской деятельности космонавта при выполнении ВИН с борта ПКК» посвящена рассмотрению наиболее объемного положения, выносимого на защиту, связанного с разработкой концептуальной модели процесса выполнения космонавтами мониторинга наблюдаемой поверхности с борта существующих и перспективных ПКК методами ВИН.

В первом пункте главы «Рассмотрение элементов концептуальной модели предметной области процесса операторской деятельности космонавта и определение их взаимодействия при выполнении ВИН с борта ПКК» автором представлена (графически и в виде математической модели класса IS) концептуальная модель предметной области, определены и описаны аддитивные показатели каждого элемента процесса ВИН и факторы, влияющие на процесс ВИН. Сформулированы и описаны основные этапы ВИН.

Концептуальная модель учитывает все составляющие данного процесса и их взаимодействие, обеспечивает основу для последующего создания логической модели предметной области и физической модели для наземного компьютерного имитатора рабочего места космонавта на борту ПКК для выполнения ВИН.

Во втором пункте второй главы «Расчет рабочих зон выполнения ВИН с борта ПКК» автор представляет математические зависимости для определения требований к созданию ЦВМ Земли в имитаторе УРМ ВИН. Автором, в зависимости от высоты орбиты ПКК и угла обзора, рассчитаны рабочие зоны для выполнения ВИН, определена зона для получения качественных фотоснимков и рассчитаны ширина полосы и площадь наблюдаемой поверхности. Выявлено, что для получения качественных фотоснимков съемка должна выполняться в зоне ограниченной углом обзора $\pm 30^\circ$ (от направления в надир), при этом, на высоте полёта 400 км ширина полосы наблюдения составляет 467 км.

В заключение главы, автор подводя итог, сообщает что в рамках данной работы ею разработана концептуальная модель предметной области, позволяющая описывать взаимодействия всех элементов процесса выполнения космонавтами мониторинга наблюдаемой поверхности с борта перспективных ПКК методами ВИН: экипажа ПКК, бортовых систем,

ЦУП и объектов наблюдения. Автором формулированы основные ключевые этапы выполнения ВИН с борта ПКК, определены аддитивные показатели каждого элемента и факторов, влияющих на процесс ВИН, рассчитаны ширина полосы обзора и площадь сегмента наблюдаемой поверхности с высоты орбиты ПКК, выявлены оптимальные углы обзора для получения качественных фотоснимков с борта существующего и перспективных ПКК.

Третья глава *«Синтез структуры имитатора универсального рабочего места для решения задач визуально – инструментальных наблюдений с борта перспективных космических комплексов»* включает четыре пункта, каждый из которых соответствует оставшимся положениям, выносимым на защиту:

- структура и требуемые характеристики цифровой модели визуальной обстановки наблюдаемой поверхности с борта существующих и перспективных ПКК;
- структура имитатора УРМ для формирования навыков и оценки качества проведения ВИН космонавтами с борта существующих и перспективных ПКК;
- результаты оценки качества и эффективности имитатора УРМ.

В первом пункте главы *«Разработка цифровой модели визуальной обстановки наблюдаемой поверхности с борта ПКК»* диссертант формулирует требования к цифровой визуальной модели (ЦВМ) Земли, описывает структуру ЦВМ Земли, приводит авторские расчёты разрешения зрительной системы человека и необходимого количества пикселей по ширине экрана для средств визуализации наблюдаемой поверхности Земли и Луны с высоты полёта существующих и перспективных ПКК, приводит характеристики аппаратных и программных средств, используемых при построении ЦВМ Земли используемой в средствах визуализации имитатора УРМ ВИН. По результатам проведенных вычислений автором сформулированы требования к ЦВМ Земли, по следующим параметрам:

- разрешению;
- сферичности;
- бликам на водной поверхности;
- имитации положения Солнца, Луны, навигационных звезд;

- моделированию слоя облачности, дымки;
- ширине полосы наблюдаемой поверхности;
- обеспечению плавности изменения масштаба изображения (зума);
- ориентации имитатора средств наблюдения и регистрации относительно иллюминатора;
- плавности трансфокации при изменении угла зрения;
- отображению внешних и внутренних элементов станции;
- возможности регистрации деятельности оператора.

Во втором пункте третьей главы «Синтез структуры имитатора универсального рабочего места для решения задач визуально-инструментальных наблюдений с борта ПКК в виде видеостены» автор приводит структуру имитатора УРМ ВИН, которая позволила реализовать его в ФГБУ НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина. Структура включает видеостену для визуализации изображения Земли и элементов конструкции Российского сегмента Международной космической станции и бортовой иллюминатор. Отмечено, что имитатор при визуализации изображения Земли адекватно отображает подстилающую поверхность, способен имитировать полёт ПКК на орбитах с наклонениями от 0° до 100° и по характеристикам соответствует авторским расчётам, приведенным ранее. Подчёркнуто, что подходы, использованные при создании имитатора УРМ ВИН в ФГБУ НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина, применимы при разработке и создании тренажеров для подготовки космонавтов по перспективным космическим программам в том числе Российской орбитальной станции (РОС) и при полетах к Луне.

Автором при описании работы имитатора УРМ ВИН отмечено, что в нём учтены реальная высота, трасса и скорость полёта, а также светотеневая обстановка и факторы, определяющие условия наблюдения (облачность, дымка, пожары на Земле и т.д.), при этом положительный эффект от его использования отражается в сокращении сроков выработки навыков ориентирования и выполнения в полёте задач ВИН со среднестатистических 2-х месяцев до 3-х недель, т.е. в 2,9 раза, а вероятность обнаружения объектов наблюдения космонавтом–оператором повысилась с 0,75 до 0,89, что по оценке автора составляет 14% (по оценке оппонента эта величина составляет 18,7 %).

В третьем пункте третьей главы «Синтез структуры имитатора универсального рабочего места для решения задач визуально-инструментальных наблюдений с борта перспективных ПКК с использованием технологии виртуальной реальности», диссертант освещает подходы применимые при создании разработке и создании тренажеров для подготовки космонавтов по перспективным космическим программам для РОС и полетах к Луне. Как отмечается, подготовка космонавтов к операциям на лунной поверхности имеет специфические отличия, в связи с чем в ходе дальнейшего развития конструкции имитатора УРМ ВИН предусмотрено использование технологий виртуальной реальности по двум архитектурным схемам, проекционной и в виде нагнетного дисплея, в том числе, очков виртуальной реальности.

Анализируя достоинства и недостатки обеих схем, автор резюмирует, что при подготовке космонавтов к геологической разведке Луны, требуется найти оптимальный баланс между отработкой навыков на земных учебных полигонах с использованием проекционных систем визуализации и тренировками на специализированных тренажерах виртуальной реальности. Для задач пространственной ориентации предпочтительно использовать системы генерации изображений на базе панорамных или купольных проекционных экранов, а для задач, требующих моделирования тактильных ощущений взаимодействия, целесообразно применить системы на основе шлемов виртуальной реальности.

В четвёртом пункте третьей главы «Оценка показателей качества и эффективности имитатора УРМ» автор приводит перечень навыков, необходимых для выполнения операции ВИН и результаты вычисления числовых значений введенных ею в настоящей работе показателей параметрической адекватности и критериев эффективности для УРМ ВИН трех поколений. Сообщается, что расчеты значений коэффициентов функционально-методической полноты ($K_{ФП}$ и $K_{МП}$), параметрической адекватности ($K_{АД}$) и интегральный коэффициент ($K_{ИН}$) для имитаторов УРМ разных поколений получены при помощи оценки группы экспертов, составленной из космонавтов, имеющих опыт выполнения операций ВИН в космическом полете, и специалистов по данному виду подготовки, при этом автор перечисляет набор навыков ВИН, для отработки которых предназначен имитатор УРМ ВИН, даёт перечень методических

принципов, планируемых к реализации на имитаторе, одновременно указывая на то, что, чем ближе имитируемая операция к реальной, тем труднее реализовать методические принципы тренажерной подготовки, приводит классификацию параметров операций ВИН, структурируя расчёты параметрической адекватности средств имитации УРМ ВИН.

Автором обосновано использование в расчётах современных компьютерных технологии: бесшовные карты, метод тайлов, метод Гильберта, внедрение трекеров, использование 4-х слойной визуализации, использование подсистемы подкачки и отображения, двухуровневая визуализация и трансфокация изменения угла обзора.

Расчеты значений критериев эффективности для УРМ ВИН разных поколений были проведены автором на основе оценки группы экспертов, составленной из космонавтов, имеющих опыт выполнения операций ВИН в космическом полете, и специалистов по данному виду подготовки.

На основе результатов расчётов значений параметрической адекватности и критериев эффективности для УРМ ВИН, автор осуществил расчёт предполагаемого годового экономического эффекта от использования имитатора УРМ ВИН в зависимости от повышении качества подготовки и повышения вероятности получения качественных снимков.

На основе приведенных результатов расчётов автор прогнозирует, что в ближайшие годы, для формирования устойчивой деятельности выполнения ВИН с борта перспективных ПКК будет технически и экономически возможна разработка имитатора УРМ ВИН третьего поколения на основе созданной ЦВМ, но с применением перспективных цифровых проекторов.

В заключение главы автор подытоживает, что в рамках данной работы рассчитано разрешение зрительной системы человека и каким количеством элементов изображения (пикселей) по ширине экрана должно обладать средство визуализации наблюдаемой поверхности создаваемого компьютерного имитатора УРМ ВИН для адекватного отображения подстилающей поверхности, в качестве логической модели предметной области разработана авторская цифровая модель визуальной обстановки наблюдаемой поверхности с борта ПКК, при этом, сформулированы требования к такой модели, а подходы, использованные при создании УРМ, применимы при разработке и создании тренажеров для подготовки космонавтов по перспективным космическим программам: для РОС и

полетах к Луне. Автором был рассчитан предполагаемый годовой экономический эффект от использования имитатора УРМ ВИН, а также осуществлён прогноз о технической и экономической возможностях разработки имитатора УРМ ВИН следующего поколения.

Заключительная, 4 глава диссертации «Методика оценки операторской деятельности при работе на имитаторе УРМ ВИН» посвящена описанию авторской методики, предназначенной для оценки действий космонавта по пятибальной шкале в ходе ВИН при осуществлении им тренировок на имитаторе УРМ ВИН. Методика предусматривает контроль трёх параметров качества операторской деятельности: полноту репортажа об объектах и выполняемых операциях, количество найденных объектов и качество фоторегистрации объекта с последующим расчётом среднего балла за тренировку на имитаторе УРМ ВИН. Об улучшении качества операторской деятельности в рамках методики судили по изменению среднего балла в процессе тренировок. Оценку применения методики осуществляли на базе оценки достоверности аппроксимации, полученной методом наименьших квадратов функции линейной регрессии изменения среднего балла за одну тренировку, которую определяли на основе расчёта коэффициента корреляции между реальным и прогнозируемым баллами и сравнением его с табличным значением критерия Пирсона. Достоверность полученного коэффициента корреляции определяли эмпирическим значением коэффициента Стьюдента.

Как указывает диссертант, с использованием данной методики оценивалась работа 5-ти кандидатов в космонавты, 5-ти космонавтов в группе специализации без опыта выполнения космических полетов и 5-ти космонавтов в составе экипажей МКС без опыта полетов в период с 2023 по 2024 годы, всего 15 человек. С каждой группой в рамках исследования была проведена подготовка на УРМ ВИН в объёме 5 занятий.

Как указано диссертантом, разработанная методика внедрена в систему автоматизированного контроля и оценивания качества операторской деятельности имитатора УРМ ВИН, а результаты её применения свидетельствуют о повышении качества подготовки космонавтов к выполнению задач ВИН на 27 %. (по оценке оппонента эта величина составляет 37 %).

Делая выводы по главе 4, диссертант отмечает, что в работе разработана авторская методика ООД космонавта на имитаторе УРМ ВИН, которая позволяет рассчитать количественный показатель работы оператора на УРМ ВИН по пятибальной шкале. Применение разработанной методики позволило улучшить качество подготовки с использованием УРМ ВИН и повысить вероятность получения качественных снимков с борта ПКК, а также сократить сроки выработки навыков для выполнения задач ВИН в полёте со среднестатистических 2-х месяцев до 3-х недель (т. е. в 2,9 раза).

Разработанная методика внедрена в систему автоматизированного контроля и оценивания качества операторской деятельности имитатора УРМ ВИН.

В **Заключении** диссертантом обобщены основные результаты проведенного исследования, сформулированы выводы:

- Разработана технология создания имитатора универсального рабочего места для решения задач визуально-инструментальных наблюдений. Использование имитатора УРМ ВИН при подготовке космонавтов позволило повысить качество выполнения деятельности ВИН на борту МКС на 27 % и повысить вероятность получения качественных снимков на 14 % , кроме того получены количественные данные, которые показывают предполагаемый положительный экономический эффект от использования в подготовке имитатора УРМ ВИН.

- Проведенные в работе исследования находятся в русле требований ФКП РФ, предусматривающих создание после окончания эксплуатации МКС Российской орбитальной станции, предназначенной, в том числе, и для проведения дистанционного зондирования Земли средствами ВИН, включая Арктику и Северный морской путь, и формирование ПКК для будущих полетов к Луне и в дальний космос. В соответствии с Указом Президента РФ от 18.06.2024 № 529 "Об утверждении приоритетных направлений научно-технологического развития и перечня важнейших наукоемких технологий", работа соответствует приоритетному направлению научно-технологического развития: «Адаптация к изменениям климата, сохранение и рациональное использование природных ресурсов» и важнейшей наукоемкой технологии: «Технологии космического приборостроения для развития современных систем связи, навигации и дистанционного зондирования».

– результаты исследований внедрены в систему автоматизированного контроля и оценивания качества операторской деятельности имитатора УРМ ВИН

Полученные результаты соответствуют пунктам 3, 5 паспорта научной специальности 2.5.13 «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов».

Полученные результаты соответствуют п.п. 3, 5 паспорта научной специальности 2.5.13 «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов», в ней рассматривается решение задачи по исследованию характеристик перспективных конструктивных решений для систем летательного аппарата, разрабатываются методы, модели и программное обеспечение для принятия оптимальных решений проектно-конструкторских задач для вариантов изделий, в том числе космических.

Библиографический список состоит из 111 источников.

Рецензируемую работу отличает уверенный стиль, последовательное и обстоятельное изложение автором собственной аргументации. Обширная база используемых автором теоретических источников позволяет судить о высоком уровне библиографической эрудиции Е. С. Юрченко.

Таким образом, цель работы достигнута, поставленные в работе задачи исследований решены полностью. Достоверность полученных результатов подтверждается опытом выполнения космических полетов космонавтов на борту пилотируемых космических комплексов, реальными данными научно-прикладных исследований целевых работ на борту МКС, результатами проведенных экспериментальных исследований, актами внедрения.

Однако, как любая значительная исследовательская работа, диссертация Е. С. Юрченко не лишена недостатков. К их числу представляется возможным отнести следующее:

- на с. 8 не достаточно раскрыты практические разработки отечественных учёных и конструкторов в области исследования, таких как рабочие места и программное обеспечение от ПАО «Рубитех», ООО «Ростелеком Цифровые Технологии», ООО «Облачная платформа» и др.
- на с. 10 расшифровка сокращения ООД приведена повторно;
- На рисунке 1.13 в п. 1.4 на с. 38 автор привела сокращение «ПрО» вместо сокращения «СПО», и «ЦВМ ВО» вместо «ЦВМ ВИН» как указано далее по тексту;

– в п. 1.4 на с. 39 автор сообщила, что эксперты предложили использовать для расчёта интегрального коэффициента качества имитатора УРМ ВИН одинаковые значения весовых коэффициентов, равные 0,33, однако не привела расчёты и выкладки, сопутствующие данному экспертному опросу;

– на с. 115 указано «проведена линейная регрессия», следует применить термин «найдена» или «определена»

– на с. 117 гл. 4 улучшение среднего балла за выполнение тренировок с 3,5 до 4,8 соответствует повышению качества подготовки на $(4,5/3,5 - 1) = 37 \%$, указано «27 %».

– на с. 118 повышение качества по показателю вероятности получения качественных снимков с 0,75 до 0,89 соответствует повышению качества получаемой информации на $(0,89/0,75 - 1) = 18,7 \%$, указано «на 14 %».

Приведенные замечания не снижают теоретической и практической значимости проведенного исследования.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях (8 статей в журналах, включенных в Перечень ВАК РФ). Общее количество публикаций автора по теме диссертации – 14 – демонстрирует достаточно высокую степень апробации материалов исследования. Также полученные результаты представлялись на различных международных и всероссийских конференциях.

Достоверность и обоснованность представленных в диссертации положений и выводов обеспечиваются широким спектром критически проанализированных диссертантом источников и применением адекватных предмету методов познания. Научные положения и выводы, сформулированные, обладают новизной, имеют практическую и теоретическую значимость.

Автореферат и опубликованные работы диссертанта в достаточной степени отражают содержание диссертационной работы.

Диссертация Е. С. Юрченко «Технология создания имитатора универсального рабочего места космонавта для решения задач визуально-инструментальных наблюдений» является завершенной научно-квалификационной работой, в полной мере отвечающей требованиям, установленным п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, а ее автор Екатерина Сергеевна Юрченко заслуживает

присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13 «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов».

Информация о лице, составившем отзыв:

Ведущий научный сотрудник Научно-технического центра полезной нагрузки Публичного акционерного общества «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С. П. Королёва»

адрес: 141070 Московская обл., г. Королёв, ул. Ленина, д. 4А

телефон: +7(495) 513-64-92, эл. почта: sergey.pichugin@rsce.ru

сайт организации: www.rsce.ru

доктор технических наук, специальность 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки)»

Я, Пичугин Сергей Борисович, даю согласие на обработку моих персональных данных, связанную с защитой диссертации и оформлением аттестационного дела соискателя степени кандидата технических наук Юрченко Е. С.


17.11.2025

Пичугин Сергей Борисович

Подпись Сергея Борисовича Пичугина удостоверяю

Ученый секретарь ПАО РКК «Энергия»
Доктор физико-математических наук



О.Н. Хатунцева

С отзывом ознакомлена 1.12.2025 