

Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский  
университет) (МАИ)  
125993, Москва, Волоколамское шоссе, д. 4.,  
ученому секретарю  
диссертационного совета 24.2.327.09  
к.т.н. Стрельцу Д.Ю.

### **Отзыв официального оппонента**

**На диссертационную работу Петелина Дмитрия Александровича**  
**«Разработка методики повышения качества наземного блока**  
**тренажерного оборудования системы обеспечения**  
**жизнедеятельности экипажа МКС»,**  
на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.5.13. «Проектирование, конструкция, производство,  
испытания и эксплуатация летательных аппаратов»

### **Актуальность темы диссертации**

Усложнение полетных заданий и увеличение времени работы космонавтов в космическом пространстве на действующих и перспективных пилотируемых космических аппаратах (ПКА) приводят к повышению требований к системе обеспечения жизнедеятельности (СОЖ) экипажа. В задачу СОЖ входит восстановление свойств и состава среды, обеспечение массообмена экипажа со средой. Неотъемлимой частью конструктивного решения комплекса СОЖ является наземный блок тренажерного оборудования, цель которого - практическое обучение и отработка космонавтами навыков и умений эксплуатации и ремонта СОЖ ПКА.

Тренажерное обеспечение играет ключевую роль при подготовке пилотируемых космических программ. Тренажеры и моделирующие стенды - это единственно доступные на Земле средства для практического обучения космонавтов

и отработки ими навыков управления системами и оборудованием на борту ПКА, а также для проверки готовности экипажей к выполнению программы полета.

При тренажерной подготовке важной задачей является достижение подобия между тренажером и реальным объектом, так называемой, адекватности, или другими словами, качества. Таким образом, повышение качества тренажерного оборудования представляет собой актуальную задачу, стоящую перед разработчиками наземного блока тренажерного оборудования комплекса СОЖ.

### **Степень обоснованности, достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, подтверждается:

– применением методов системного анализа для построения методики оценки качества наземного блока тренажерного оборудования комплекса СОЖ с привлечением для анкетирования космонавтов в условиях их работы на борту Международной космической станции (МКС);

– верификацией разработанной математической модели оценки адекватности тренажеров СОЖ, учитывающей количество суток налета космонавтов при определении их компетентности на основе оценки уровня адекватности наземного блока тренажерного оборудования СОЖ на базе системы коэффициентов функционально-методической полноты, параметрической адекватности и интегрального коэффициента;

– экспериментом с анкетированием космонавтов и обработкой результатов с использованием алгоритма определения значения адекватности модернизированного тренажера, в результате которого получено значение оценки качества модернизированного тренажера блока очистки атмосферы от микропримесей (БМП), показавшее повышение качества тренажера БМП в результате модернизации на 7,2 %.

Полученные автором диссертации основные методические и расчетные результаты прошли апробацию на отечественных и международных научно-технических конференциях.

Построение диссертационной работы логично, в ней проведен анализ основных ключевых вопросов:

1. Разработана математическая модель оценки адекватности тренажеров СОЖ, учитывающая количество суток налета космонавтов при определении их компетентности.

2. Разработан алгоритм оценки адекватности тренажеров СОЖ с учетом количества суток налета космонавтов при определении их компетентности.

3. Проведены экспериментальные исследования с анкетированием отобранной группы космонавтов во время работы на борту МКС и получены новые данные по значениям оценки качества наземного блока тренажерного оборудования СОЖ Российского сегмента (РС) МКС.

4. На основании проведенных экспериментальных исследований с анкетированием группы космонавтов во время их работы на борту МКС получены новые данные по значениям оценки качества информационных признаков тренажеров СОЖ РС МКС.

5. Сформированы предложения по модернизации тренажеров СОЖ.

### **Новизна научных положений, выводов и рекомендаций, полученных в диссертационной работе**

Научная новизна результатов диссертации заключается в разработанных автором методике и алгоритмах, которые позволяют эффективно решить задачу повышения качества наземного блока тренажерного оборудования СОЖ РС МКС.

Автором впервые получены следующие научные результаты:

1. Математическая модель оценки адекватности тренажеров СОЖ, учитывающая количество суток налета космонавтов при определении их компетентности.

2. Алгоритм оценки адекватности тренажеров СОЖ с учетом количества суток налета космонавтов при определении их компетентности.

3. Новые научные результаты по оценке адекватности тренажеров СОЖ РС МКС, полученные в результате эксперимента с анкетированием космонавтов на борту МКС.

4. Новые научные результаты по оценке адекватности информационных признаков тренажеров СОЖ РС МКС, полученные в результате эксперимента с анкетированием космонавтов на борту МКС.

Рецензируемая диссертационная работа написана корректным научным языком, хорошо технически оформлена и соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертационным работам, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук. Содержание диссертации изложено в одиннадцати публикациях, из них: три в журналах перечня ВАК К2; восемь в сборниках тезисов докладов научных конференций.

### **Значимость полученных результатов для науки и практического применения**

Практическая значимость научных результатов диссертационной работы заключается в разработке методики повышения качества наземного блока тренажерного оборудования комплекса СОЖ с привлечением для анкетирования космонавтов в условиях их работы на борту МКС, реализованной в математическом и программном обеспечении, в практических рекомендациях по исследованию и проектированию наземного блока тренажерного оборудования комплекса СОЖ.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации**

Разработанная методика повышения качества наземного блока тренажерного оборудования СОЖ РС МКС быть использована при:

– модернизации наземного комплекса тренажерного оборудования РС МКС и транспортного пилотируемого корабля Союз МС;

- разработке наземного комплекса тренажерного оборудования перспективной Российской орбитальной станции;
- разработке наземного комплекса тренажерного оборудования перспективного транспортного корабля ПТК;
- разработке наземного комплекса тренажерного оборудования перспективной транспортной системы Земля – Луна – Земля и перспективной обитаемой лунной базы.

### **Соответствие паспорту специальности**

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.5.13. «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов», а именно:

– пункт 1 «Разработка методов проектирования и конструирования, математического и программно-алгоритмического обеспечения для выбора оптимальных облика и параметров, компоновки и конструктивно-силовой схемы, агрегатов и систем ЛА, наземных комплексов и стартового оборудования, с учетом особенностей технологии изготовления, отработки и испытаний, механического и теплового нагружения, взаимосвязи ЛА с наземным комплексом и стартовым оборудованием, неопределенности проектных решений. Разработка методов и алгоритмов обеспечения контроля и обеспечения эффективности применения ЛА в процессе эксплуатации»;

– пункт 2 «Создание теоретической, методической, экспериментальной и производственной базы, позволяющих обеспечить требуемые показатели качества по назначению, надежности, точности, взаимозаменяемости, технологичности, унификации и стандартизации, эргономичности, технической эстетики, патентной чистоты».

Соответствие содержания диссертационной работы специальности 2.5.13. подтверждается используемыми методами исследования, апробацией работы и положениями, выносимыми на защиту.

## **Оценка содержания и внутреннего единства диссертации**

Материалы, представленные в диссертации, полностью отражают содержание, структуру и внутреннее единство диссертационной работы: актуальность, цель, задачи, методы исследований, основные положения, научную новизну, практическую значимость, достоверность, апробацию, выводы. Сделанные выводы подкреплены результатами расчетов.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В главе 3 недостаточно внимания уделено описанию персонального состава группы экспертов, созданной для формирования анкеты и определения веса информационного признака тренажера.

2. Анкетирование всего трех иностранных астронавтов может привести к некоторой субъективной погрешности в значениях адекватности тренажеров СОЖ, полученных от иностранных астронавтов.

Приведенные замечания не снижают научной ценности и значимости полученных результатов диссертационной работы для их практического применения.

### **Заключение**

Диссертация Петелина Дмитрия Александровича на тему: «Разработка методики повышения качества наземного блока тренажерного оборудования системы обеспечения жизнедеятельности экипажа МКС» является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны и изложены новые теоретические положения и научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для решения задачи повышения качества наземного блока тренажерного оборудования СОЖ РС МКС.

Диссертация написана на высоком научном уровне, что свидетельствует о высокой научной подготовке соискателя. Автор имеет большой опыт практической работы с СОЖ РС МКС и наземным блоком тренажерного оборудования СОЖ и является сложившимся научным специалистом высокой квалификации.

Таким образом, диссертации «Разработка методики повышения качества наземного блока тренажерного оборудования системы обеспечения жизнедеятельности экипажа МКС» соответствует критериям, изложенным в п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842 (в ред. Постановлений Правительства РФ), а соискатель Петелин Дмитрий Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.13. «Проектирование, конструкция, производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов».

Официальный оппонент, к.т.н., АО «НИИхиммаш»



Прошкин Владимир Юрьевич

05.03.2025.

127015, Москва, Б. Новодмитровская ул., д. 14. АО «НИИхиммаш»

Подпись Прошкина Владимира Юрьевича удостоверяю

Главный конструктор АО «НИИхиммаш»



Рукавицин Сергей Николаевич

С отзывом ознакомлен

17.03.25



Петелин Д.А.