



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ  
АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)**

**ФАКУЛЬТЕТ** механический (МФ)

**КАФЕДРА** Двигателей летательных аппаратов

**Направление подготовки** 25.06.01 Аэронавигация и эксплуатация  
(код и наименование направления подготовки)  
авиационной и ракетно-космической техники

**Направленность** Эксплуатация воздушного транспорта  
(наименование направленности)

**НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**Тема** «Разработка системы регистрации информации о техническом  
состоянии конструкции воздушного судна»

**Обучающийся:**

Петрин А.И.  
(Ф.И.О.)

(Подпись)

**Научный руководитель:**

д.т.н., профессор Машошин О.Ф.  
(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)

(Подпись)

**Рецензенты:**

д.т.н., профессор Киселев М.А.  
(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)

(Подпись)

д.т.н., профессор Петров Ю.В.  
(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)

(Подпись)

**Работа допущена к защите:**

**Заведующий кафедрой**

д.т.н., профессор Машошин О.Ф.  
(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)

(Подпись)

**МОСКВА 2023**

## **Разработка системы регистрации информации о техническом состоянии конструкции воздушного судна**

**Актуальность научно квалификационной работы (НКР).** На протяжении всего цикла эксплуатации воздушного судна (ВС) остро стоит проблема эксплуатационных повреждений элементов конструкции. Такие факторы, как окружающая среда, неправильное техническое обслуживание, усталостные нагрузки и условия эксплуатации, могут привести к повреждению конструкции. Повреждения могут быть обнаружены во время планового технического обслуживания или предполетного осмотра ВС, они могут вызывать неплановые простои и требуют обязательного восстановления конструкции до состояния годного к полетам. Каждое повреждение должно быть обязательно идентифицировано, оценено и учтено, при необходимости отремонтировано, также они могут потребовать дополнительные осмотры и/или иметь ограничения, а по некоторым из них может потребоваться обращение к разработчику ВС.

К сожалению, на новых типах ВС отечественной разработки не все повреждения и способы их устранения могут быть первоначально описаны в эксплуатационной документации. Одной из объективных причин такого положения дел является то, что разработчик в виду отсутствия опыта эксплуатации и статистики на данный тип ВС не может учесть всех видов повреждений, их комбинаций и соответственно описать процедуры их оценки, разработать соответствующие схемы ремонта и включить их в эксплуатационную документацию. В отличие от зарубежных производителей авиационной техники (АТ), таких как Airbus и Boeing, у которых самолеты исчисляются тысячами и набрана статистическая база повреждений и ремонтов на основе отчетов авиакомпаний по всему миру, отечественные производители существенно уступают в наполнении такой базы. Поэтому для качественного решения данной проблемы необходимо, чтобы информация об повреждениях, выявленных в эксплуатации, была своевременно и доступным образом доведена до разработчика ВС эксплуатантами, и только тогда произойдет качественное изменение в существующей проблеме. Сегодня практическое решение этой

проблемы возможно только путём создания единого информационного пространства на базе цифровых технологий.

**Объектом исследования** являются процесс информационной поддержки эксплуатации ВС.

**Предмет исследования** – система регистрации информации о техническом состоянии конструкции ВС.

**Целью работы** разработка системы регистрации информации о техническом состоянии воздушного судна (далее Система).

Поставленная цель достигается решением следующих основных задач:

1. Проведение анализа нормативно-правовой базы в области регулирования обмена информации о техническом состоянии конструкции ВС в процессе эксплуатации;
2. Проведение анализа существующего процесса работы с повреждениями и ремонтами конструкции ВС, с целью внедрения разрабатываемой Системы в бизнес-процессы эксплуатирующих организаций и разработчиков ВС;
3. Проведение анализа существующих программных решений учета повреждений и ремонтов конструкции воздушного судна;
4. Обоснование требований к разрабатываемой Системе;
5. Обоснование требований к наполнению метаданных 3D-моделей ВС, используемых в Системе;
6. Разработка структуры данных информационных объектов Системы, обеспечивающих хранение информации о повреждениях и выполненных ремонтах элементов конструкции планера экземпляра ВС или экземпляра съемного компонента конструкции.

**Научная новизна работы состоит в том, что в ней впервые** представлена концепция и подход по регистрации повреждений и ремонтов с использованием 3D-модели ВС, разработанной на основе данных, представленных в цифровом макете изделия, логистической структуры изделия (ЛСИ) и интерактивном техническом электронном руководстве по ремонту конструкции планера.

### **Практическая ценность НКР состоит в следующем:**

Предложенная концепция и подход реализованы автором в «Системе регистрации информации о техническом состоянии конструкции воздушного судна» («RADAR» – Russian Aviation Damage Assessment and Repair) ПАО «Корпорация «Иркут», которая представляет собой информационно-аналитическую систему (Веб-приложение) для обеспечения процессов регистрации, хранения, обмена и обработки информации о повреждениях и выполненных ремонтах конструкции ВС в процессе эксплуатации. Где главными особенностями данного решения является возможность осуществлять привязку структурированной информации о повреждениях и выполненных ремонтах к соответствующим элементам конструкции на 3D-модели ВС, а также получать информацию из интерактивного руководства по ремонту конструкции планера (SRM - Structural repair manual) в процессе их регистрации, что в целом обеспечивает не только высокое качество информации и возможность ее анализа, но и новый уровень интерактивности работы с ней при помощи 3D.

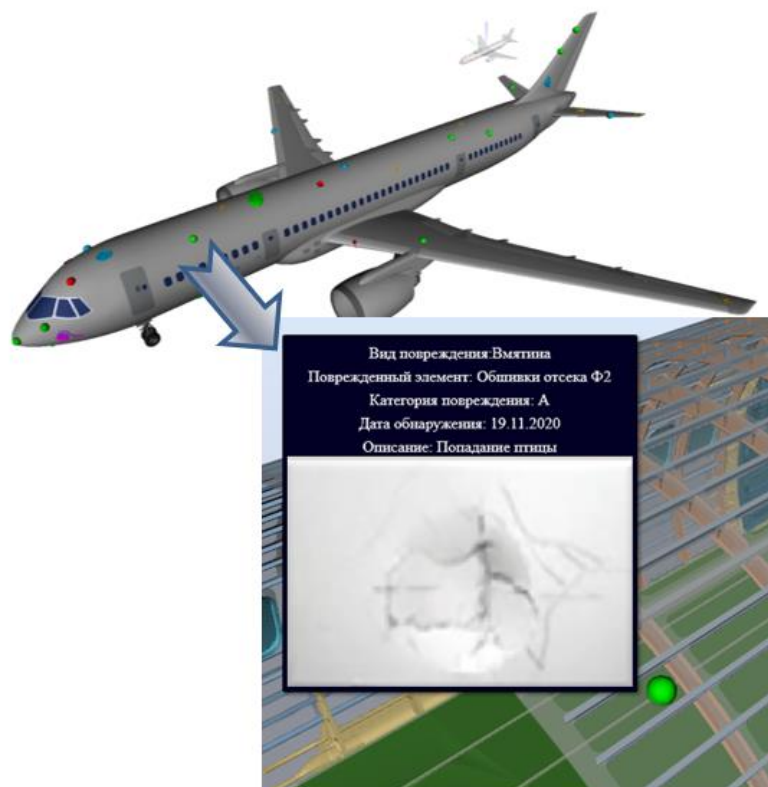


Рис. 1. Способ представления информации о повреждениях и ремонтах в Системе

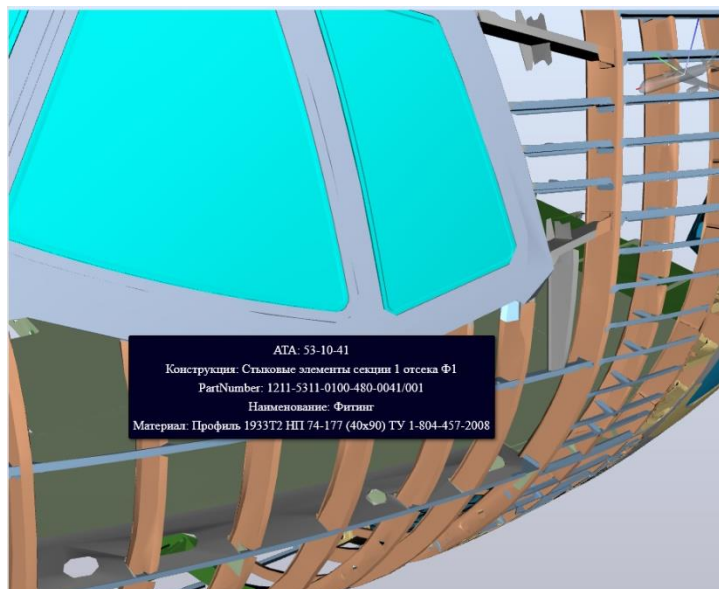


Рис. 2. Идентификация элементов конструкции в Системе с помощью 3D-модели ВС

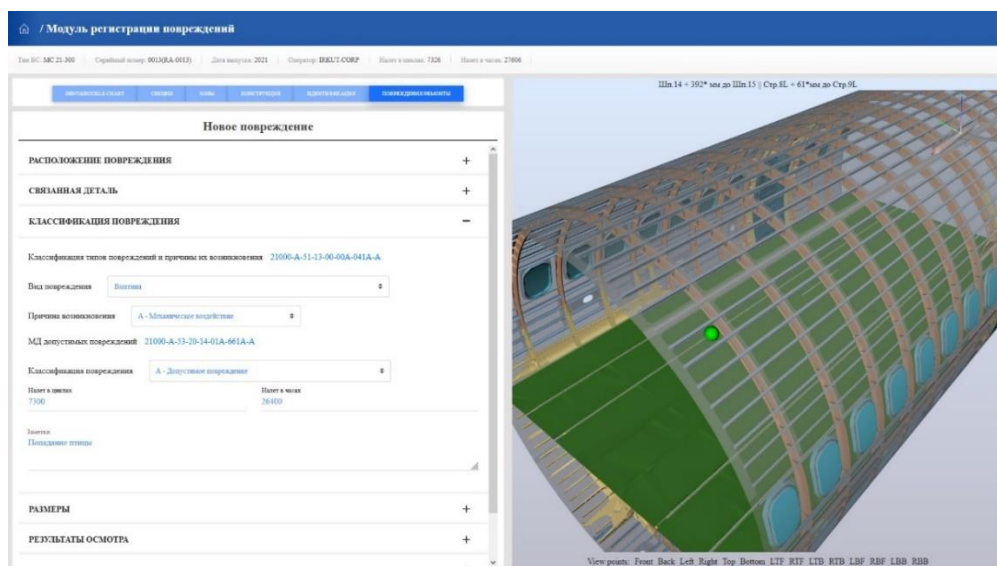


Рис. 3. Форма регистрации повреждений в Системе

### Основные положения НКР докладывались и обсуждались на:

1. IV Конкурсе научно-технических работ ПАО «Корпорация «Иркут» (г. Москва 2019 г.), по теме «Система регистрации и визуализации технического состояния ВС при помощи трехмерного графического интерфейса»;
2. 15-й международной выставке MRO Russia & CIS и конференции «Настоящее и будущее техобслуживания воздушных судов в России и СНГ» (г. Москва 2020 г.), по теме «3D визуализация в ЭД – технология



будущего технического обслуживания МС-21. Система регистрации и визуализации технического состояния ВС»;

3. Международной научно-технической конференции «Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества» МГТУ ГА (г. Москва 2021 г.), по теме «Разработка «Системы регистрации информации о техническом состоянии конструкции воздушного судна»;
4. Научно-технической конференции «XVIII Научные чтения Н. Е. Жуковского» (г. Москва 2021 г.), по теме «The Use of 3D Visualization in the After-sales Services of Civil Aviation».

Работа состоит из введения, трех глав и заключения.

**В первой главе** приведен анализ основных отраслевых нормативных документов, определяющих регламент обмена данными об техническом состоянии конструкции ВС; рассмотрены основные положения руководства по ремонту конструкции планера; рассмотрена практика работы с повреждениями конструкции ВС; выполнен обзор программных решений используемых для учета повреждений и ремонтов.

**Во второй главе** определены требования, предоставляемые к разрабатываемой системе; описаны информационные объекты системы; определена структура 3D-моделей ВС и набор их метаданных.

**В третьей главе** обосновано применение 3D-визуализации конструкции воздушного судна в процессе регистрации повреждений и выполненных ремонтов; представлен процесс работы эксплуатантов ВС с повреждениями и ремонтами, а также процесс их взаимодействия с разработчиком ВС в рамках предлагаемой Системы.

**В заключении** сформированы выводы по работе.