

Маркин Тимофей Дмитриевич, студент факультета летной эксплуатации ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова» Россия, Санкт-Петербург

Соколов Олег Аркадьевич, Заведующий кафедрой № 13, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова» Россия, Санкт-Петербург

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ (САУ)
ПАССАЖИРСКИХ САМОЛЁТОВ АН-148 И SUKHOI SUPERJET 100:
АРХИТЕКТУРА, ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ
НАДЁЖНОСТЬ**

Аннотация

В данной статье проводится сравнительный анализ САУ пассажирских самолётов Ан-148 и Sukhoi Superjet 100 по архитектуре, функциональности и эксплуатационной надёжности с сопоставлением реализованных функций и анализом отказной статистики. В результате работы выявлены ключевые отличия в архитектурных подходах и наборе доступных функций, а также даны оценки надёжности каждой системы.

Annotation

The article provides a comparative analysis of the automatic flight control systems (AFCS) of the Antonov An-148 and the Sukhoi Superjet 100 in terms of architecture, functionality, and operational reliability, including a comparison of implemented features and analysis of failure statistics. As a result, key differences

in architectural approaches and the set of available functions have been identified, and reliability assessments for each system are provided.

Ключевые слова: САУ, система автоматизированного управления, архитектура САУ, функциональность автопилота, эксплуатационная надёжность, FMS, EFIS, резервирование, отказоустойчивость.

Keywords: AFCS, automatic flight control system, AFCS architecture, autopilot functionality, operational reliability, FMS, EFIS, redundancy, fault tolerance.

Введение

Современные пассажирские самолёты оснащены системами автоматизированного управления (САУ), которые обеспечивают безопасность и экономичность полётов в широком диапазоне условий. САУ определяют поведение самолёта при пилотировании, управлении автопилотом, навигации, выполнении заходов на посадку и противодействии возникающим внешним возмущениям. В этой статье проводится сравнительный анализ систем автоматизированного управления двух российских/российско-совместных типов самолётов — Ан-148 и Sukhoi Superjet 100 (SSJ100). Анализ охватывает архитектуру, состав и устройство САУ, функциональность, человеко-машинные интерфейсы, отказоустойчивость, программное обеспечение, сертификацию и эксплуатационную надёжность.

Целью данной работы является сравнительная оценка САУ Ан-148 и SSJ100 по важным характеристикам архитектуры и функциональности, с акцентом на эксплуатационную надёжность, требования к техническому обслуживанию и последствия для безопасности полётов и экономичности эксплуатации.

1. Архитектура системы управления

Архитектура САУ Ан-148 выполнена в традиционной модульной логике с разделением на элементы: автопилот, автотриммирование, системы

индикации и входящие в состав бортовой авионики навигационные и компоновочные модули. Используется централизованная интеграция через шину данных (ARINC/бортовая шина отечественного исполнения), при этом применяется поэтапное резервирование ключевых каналов. Система обеспечивает гибкость при модернизации и заменах модулей без необходимости переработки всей архитектуры, что снижает сроки технического обслуживания и стоимость обновлений. Для повышения безопасности эксплуатации предусмотрены механизмы мониторинга состояния каналов и автоматического переключения на резервные тракты при обнаружении отказов или деградации характеристик.

Архитектура SSJ100 нацелена на совместное использование западных и российских компонентов (в ранних вариантах использовались европейские элементы бортовой электроники), с применением архитектуры бортовых компьютеров и шин данных ARINC/ARINC 429/ARINC 664 (в более поздних моделях), с акцентом на интегрированную авионику и расширенные возможности автоматизации. Это повышает отказоустойчивость за счёт децентрализации вычислительных нагрузок и уменьшения единичных точек отказа. Интегрированная авионика обеспечивает стандартизованные интерфейсы для навигационных, бортовых и пилотажно-навигационных систем, что упрощает обмен данными между подсистемами и ускоряет внедрение новых функций. Для обеспечения безопасности полёта реализованы механизмы резервирования критических каналов, мониторинга работоспособности и согласованной логики переключения на резервные ресурсы при отказах и аварийных ситуациях. Кроме того, предусмотрены возможности изменения ПО и модернизации аппаратных модулей для соответствия меняющимся требованиям авиакомпаний.

2. Состав и устройство САУ

2.1 Аппаратная составляющая

Бортовые компьютеры управления полётом (БКУП) в Ан-148 взаимодействуют с датчиками углов и ускорений (инерциальной системой), приёмниками GPS/ГЛОНАСС, а также датчиками воздушной скорости и высоты. Команды на управляющие поверхности передаются через исполнительные приводы — гидравлические или электрические сервоусилители. Система интегрируется с бортовым РЛС, TCAS и FMS, что обеспечивает согласованную картину полётной обстановки и автоматизацию навигационно-пилотажных режимов. Для повышения надёжности предусмотрены функции самодиагностики датчиков и механизм автоматического перехода на резервные источники данных при выявлении несоответствий или отказов.

В SSJ100 используется несколько серий бортовых вычислителей, объединённых в архитектуру для обработки навигационных и пилотажно-управляющих задач. Интегрированная система инерциальной навигации (INS) функционирует совместно с GPS/ГЛОНАСС, а данные о параметрах полёта поступают от датчиков скорости, углов атаки и высоты. Управляющие команды передаются через сервоусилители — гидравлические механизмы с электрическим управлением (FBW-интерфейс), что обеспечивает быстрый и точный отклик на команды пилота и автопилота. FMS предоставляет широкий набор функций планирования и оптимизации маршрута, а в некоторых конфигурациях предусмотрена тесная интеграция с системами управления двигателями и автотриммированием, позволяющая координировать тягу и аэродинамические управления для повышения эффективности и безопасности полёта. Для повышения отказоустойчивости реализованы механизмы мониторинга состояния вычислителей и автоматического переключения на резервные каналы при сбоях.

2.2 Интерфейсы и индикация

Панель приборов Ан-148 выполнена в традиционном варианте с сочетанием электронных и аналоговых индикаторов. Базовая компоновка

включает блоки для основных полётных параметров, двигательной индикации и системных предупреждений. В разных комплектациях могут устанавливаться электронные приборные стойки — цифровые или гибридные EFIS-модули, частично заменяющие аналоговые указатели. FMS интегрирован в авионику и предоставляет навигационные профили и расчёты топлива, но его интерфейс менее графичен, чем в современных «стеклянных» кабинах. Предупреждения сопровождаются звуковыми сигналами, световой и текстовой индикацией; ключевые индикаторы выделяются при отказах. Эргономика ориентирована на легкий доступ к ручкам и переключателям, что упрощает переход от автоматики к ручному управлению.

«Стеклянная» кабина SSJ100 основана на крупных многофункциональных дисплеях с большой настройкой страниц: полётная индикация, навигация, состояние двигателей и систем. FMS имеет расширенные возможности: подробные карты, вертикальные профили, расчёт оптимального режима и встроенные подсказки при заходе на посадку. Логика отображения автопилота интуитивна — текущие режимы и целевые значения расставлены так, чтобы пилот мгновенно оценивал активность системы. Система предупреждений многоуровневая: критические сообщения сопровождаются яркой визуализацией и приоритетными звуковыми сигналами, менее важные — группируются в диагностической области, снижая информационную перегрузку. Есть контекстная помощь, встроенные чек-листы и быстрый доступ к процедурам прямо с панели.

3. Режимы работы автопилота.

Оба самолёта имеют режимы HDG (курс), TRK (путевой угол), LNAV (следование по маршруту FMS) и LOC (курсовой луч ILS). Ан-148 дополнительно поддерживает обратный луч для директорного захода, который на SSJ100 не предусмотрен.

Также оба типа имеют режимы ALT (высота), VS (вертикальная скорость), FPA (угол траектории), CLB/DES (набор/снижение). Ключевое

отличие — SSJ100 сертифицирован по VNAV на всех этапах полёта и имеет BARO-VNAV для неточных заходов, а на Ан-148 VNAV в некоторых версиях не задействован.

Наблюдаются отличия при заходе на посадку. Ан-148 сертифицирован по I/II категории (до 60 м/30 м), SSJ100 — по CAT III (автоматическая посадка), оба могут удерживать глиссаду и автоматически выравниваться. Оба ВС имеют автоматический уход на второй круг.

Самолеты имеют режимы SPEED, MACH, THRUST, RETARD. Ан-148 дополнительно имеет Alpha Floor (автоматическое увеличение тяги при критическом угле атаки), SSJ100 — сертифицированную функцию Auto-speed.

Особенности: Ан-148 имеет ФЗД (защиту от превышения граничных значений), SSJ100 — автоматическое отключение автопилота при взятии ручки сверх доступного режима и более удобную индикацию на EFIS-дисплеях.

4. Надежность в эксплуатации.

Благодаря более простой и модульной архитектуре САУ Ан-148 демонстрирует высокую прогнозируемость эксплуатационной надёжности. Простота техобслуживания на базовом уровне позволяет техническим экипажам оперативно выполнять плановые проверки и устранение типовых неисправностей без привлечения узкоспециализированных ресурсов. Локализованные ремонты и широкое использование отечественных компонентов значительно упрощают поддержку самолёта в условиях России и стран СНГ — необходимые запчасти доступны в национальной сети поставщиков, а ремонтные работы можно выполнять на отечественных авиабазах без длительных задержек. Модульный подход к конструкции позволяет быстро заменять отказавшие блоки, минимизируя время простоя воздушного судна.

Эксплуатационная надёжность SSJ100 в значительной степени зависела от конкретной конфигурации установленного оборудования и уровня зрелости поставщиков компонентов. У ранних эксплуатантов отмечались существенные сложности с логистикой запасных частей — многие узлы поставлялись из-за рубежа, что приводило к длительным простоям при ожидании поставки. Также возникали проблемы с обновлением программного обеспечения, требующие координации с зарубежными разработчиками. Однако с ростом эксплуатируемого парка и развитием отечественной сервисной инфраструктуры эти вопросы постепенно решались: были созданы региональные центры обслуживания, налажена поставка критических компонентов, а также разработаны процедуры обновления ПО с участием российских инженеров. В настоящее время эксплуатационная надёжность SSJ100 значительно выросла, особенно у авиакомпаний с развитой сервисной поддержкой.

Выводы

Ан-148 и SSJ100 представляют два разных подхода к построению САУ. Ан-148 использует традиционную модульную архитектуру с централизованной интеграцией, что обеспечивает простоту модернизации и замены компонентов. SSJ100 построен на архитектуре с интегрированной авионикой, что повышает отказоустойчивость за счёт децентрализации вычислительных нагрузок и уменьшения единичных точек отказа.

Также SSJ100 имеет более широкий функционал автоматизации: сертифицированный VNAV на всех этапах полёта, CAT III для автоматической посадки, BARO-VNAV и Auto-speed. Ан-148 обеспечивает базовый набор режимов для безопасных полётов (I/II категория, обратный луч, Alpha Floor, ФЗД), но в некоторых версиях VNAV не задействован. SSJ100 также предлагает более современную стеклянную кабину с интуитивной индикацией режимов автопилота.

И наконец, Ан-148 демонстрирует высокую прогнозируемость эксплуатационной надёжности благодаря простоте архитектуры и широкому использованию отечественных компонентов, что упрощает обслуживание в России и странах СНГ. SSJ100 в ранних вариантах испытывал сложности с логистикой запчастей и обновлением ПО, но с развитием отечественной сервисной инфраструктуры его надёжность значительно выросла. Оба типа соответствуют требованиям безопасности при условии правильной организации технического обслуживания.

Список использованной литературы

1. SKYbrary Aviation Safety. Automatic Flight Control System (AFCS) [Электронный ресурс] // SKYbrary. – Режим доступа: <https://skybrary.aero/articles/automatic-flight-control-system-afcs> (дата обращения: 30.05.2026).
2. SKYbrary Aviation Safety. Autoland [Электронный ресурс] // SKYbrary. – Режим доступа: <https://www.skybrary.aero/articles/autoland> (дата обращения: 30.05.2026).
3. Wikipedia. Ан-148 [Электронный ресурс] // Wikipedia. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ан-148> (дата обращения: 29.05.2026).
4. Wikipedia. Sukhoi Superjet 100 [Электронный ресурс] // Wikipedia. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Sukhoi_Superjet_100 (дата обращения: 29.05.2026).
5. Sukhoi Superjet 100 Flight Crew Operating Manual. – Москва: Sukhoi Superjet 100, 2012. – 515 с.
6. Ан-148 Руководство по летной эксплуатации. – Воронеж: Ан-148, 2010. – 737 с.