

УДК 004.8+656.7

Мишунина Анна Владимировна

Тулинова Дарья Максимовна

Студенты

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской
авиации им. А. А. Новикова

Земсков Юрий Владимирович, кандидат технических наук, и.о.
заведующего кафедрой «Прикладной математики и информатики» «Санкт-
Петербургского государственного университета гражданской авиации имени
Главного маршала авиации А.А. Новикова»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Аннотация: Статья посвящена применению искусственного интеллекта для оперативной диагностики технического состояния систем воздушных судов. Рассматривается система, которая в реальном времени анализирует данные датчиков (температура, давление, обороты двигателя, вибрации и др.), выявляет отклонения от нормы и прогнозирует потенциальные неисправности на ранних стадиях. Внедрение подобной системы позволит повысить безопасность полетов, оптимизировать график технического обслуживания и сократить эксплуатационные расходы.

Abstract: The article is devoted to the use of artificial intelligence for operational diagnostics of the technical condition of aircraft systems. A system is being considered that analyzes sensor data in real time (temperature, pressure, engine speed, vibrations, etc.), identifies deviations from the norm and predicts potential malfunctions at an early stage. The implementation of such a system will improve flight safety, optimize the maintenance schedule and reduce operating costs. Keywords: artificial intelligence, aircraft, turbojet engine, vibration analysis, breakdown prediction, operational safety, maintenance optimization.

Ключевые слова: искусственный интеллект, воздушные суда, турбореактивный двигатель, анализ вибраций, прогнозирование поломок, эксплуатационная безопасность, оптимизация обслуживания.

Key words: artificial intelligence, aircraft, turbojet engine, vibration analysis, breakdown prediction, operational safety, maintenance optimization.

В настоящее время воздушные суда проходят плановые технические проверки, в ходе которых выявляются и устраняются обнаруженные дефекты. У каждой детали есть свой установленный срок, по истечении которого необходима проверка, а также ресурс, по истечении которого деталь подлежит замене. Такая система довольно успешно выявляет дефекты, которые впоследствии приведут к поломке. Однако довольно значительное количество нештатных ситуаций в воздухе, связанных с выходом из строя различных систем, говорит о недостаточной эффективности такого метода и необходимости повышения надежности своевременной диагностики. Для этой цели можно использовать искусственный интеллект. Можно создать систему, которая будет получать данные о состоянии различных систем, агрегатов и устройств воздушного судна, в реальном времени анализировать их, и выявлять отклонения от нормы, основываясь на исторических данных о нормальной работе системы, предсказывать потенциальные проблемы на ранней стадии и оперативно сообщать о необходимости проведения технического обслуживания.

Рассмотрим принцип работы данной системы на примере анализа технического состояния турбореактивного двигателя воздушного судна.

Система анализирует следующие параметры:

1) Температура газов

I. В компрессоре

II. В камере сгорания

III. В выходном устройстве

2. Давление

1. На входе в компрессор

2. На выходе из компрессора
3. В камере сгорания
3. Обороты двигателя
4. Расход топлива
5. Состав выхлопных газов
6. Наличие вибраций, их характер и локализация

При выявлении отклонений от нормы система определяет локализацию и характер неисправности. Например, обнаружена вибрация. Далее производится анализ ее особенностей, который позволяет определить причину.

Примеры зависимости характера вибрации от ее причин, хранящихся в базе данных системы:

1) Вибрация на частоте вращения ротора - разбалансировка ротора вследствие его износа, накопления загрязнений, потери балансировочных грузиков

2) Вибрация на частоте, кратной числу лопаток (часто сопровождается изменением расхода топлива и отклонением температуры от нормы) - повреждение лопаток компрессора, вентилятора или турбины (износ, сколы, трещины и т.п.)

3) Вибрация с частотой, зависящей от скорости вращения (может сопровождаться повышенным шумом) - износ подшипников ротора

4) Сильная вибрация в узком диапазоне оборотов - возникновение резонанса

5) Вибрация на низких частотах, связанная с циклом работы системы подачи топлива (сопровождается нестабильной тягой) - неравномерная подача топлива

6) Вибрация на низких частотах - повреждение корпуса двигателя

Для определения причины вибрации используется комплексный анализ параметров работы двигателя, топливной системы и проч.

Далее приведен фрагмент кода, анализирующего причины вибрации:

Используем для примера программу, которая позволяет анализировать данные о вибрации, используя преобразование Фурье, чтобы выявить

возможные проблемы с оборудованием, такие как дисбаланс ротора. Она демонстрирует, как можно использовать Python и библиотеки для анализа сигналов и диагностики. Всё начинается с импорта библиотеки `import numpy as np`. Библиотека `numpy` предоставляет функции для работы с массивами, математическими операциями и другими полезными инструментами для научных расчетов. Далее основной блок `try`. Он начинает блок кода, в котором могут возникнуть ошибки. Если ошибка произойдет, управление перейдет в блок `except`, что позволяет избежать аварийного завершения программы. В нём мы инициализируем пустой словарь `frequencies = {}`, который будет использоваться для хранения амплитуд частот, полученных из данных о вибрации для каждого датчика.

Далее происходит обработка данных вибраций – `for sensor, data in vibration_data.items():`. Она итерирует по каждому датчику и его данным в словаре `vibration_data`. Здесь `sensor` — это имя датчика, а `data` — массив данных о вибрации, полученных от этого датчика. `frequencies[sensor] = np.abs(np.fft.fft(data))` - применение преобразования Фурье к данным вибрации с помощью функции `np.fft.fft(data)`, которая преобразует временные данные в частотные. Функция `np.abs()` используется для получения амплитуды частот, так как преобразование Фурье возвращает комплексные числа. Нахождение максимальной частоты – `max_frequencies = {sensor: np.argmax(freqs) for sensor, freqs in frequencies.items()}`. Создает новый словарь `max_frequencies`, где для каждого датчика определяется индекс максимальной амплитуды частоты с помощью функции `np.argmax(freqs)`. Это позволяет узнать, какая частота является доминирующей для каждого датчика. Логика определения причины:

```
for sensor, max_freq in max_frequencies.items():
    if abs(max_freq - engine_speed / 60) < 1:
        return f'Дисбаланс ротора (датчик {sensor})'
```

Итерирует по каждому датчику и его максимальной частоте. Если разница между максимальной частотой и скоростью двигателя (переведенной в секунды, делением на 60) меньше 1, это может указывать на дисбаланс ротора. В этом

случае функция возвращает сообщение о проблеме. Далее - обработка других причин (предполагается) – return "Неизвестная причина". Здесь предполагается, что будут другие проверки для определения причин вибрации. Если ни одно из условий не выполнено, функция возвращает сообщение о том, что причина неизвестна. Остаётся обработка исключений. Если в блоке try происходит ошибка, управление переходит сюда. Программа выводит сообщение об ошибке, показывая, что что-то пошло не так, и возвращает сообщение о том, что произошла ошибка анализа:

```
except Exception as e:  
    print(f"Ошибка анализа: {e}")  
    return "Ошибка анализа"
```

Используя комплексный анализ информации от датчиков, связанных с различными системами воздушного судна, искусственный интеллект сможет своевременно выявлять отклонения от нормы и предсказывать возможные поломки, что повысит безопасность полетов, оптимизирует график технического обслуживания, снизит расходы и уменьшит временные затраты.

Библиографический список

1. Рахимкулов М. И., Кириллов А. В. Искусственный интеллект в задачах диагностики авиационной техники. Статья в сборнике трудов конференции, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева, 2023.
2. Камалов К. Ф., Соколов О. А. Анализ применения искусственного интеллекта в гражданской авиации. Научная статья, СПбГУ ГА//Вестник науки - 2023. - №11(68), - с. 896-901.
3. Кондрашева А. А. Основные технологические тенденции будущего для авиакомпаний и аэропортов. Научная статья, СПбГУ ГА//Вестник науки и образования. Часть 1 - 2020. - №19(97), - с.54-57.
4. Матюнина А. И., Дятчин А. В. Прогнозная аналитика в сфере гражданской авиации: применение современных технологий для оптимизации операций и

повышения безопасности полетов.//Вестник науки - 2025. - №1(82), - с. 1026-1031

5. Федеральные авиационные правила (ФАП-285). Техническое обслуживание и ремонт воздушных судов. Росавиация, 2020.