

В. И. Сергунцов¹✉

Анализ способов определения геометрических параметров покрытия взлетно-посадочных полос

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: vladossergio@mail.ru

Аннотация. В статье представлен анализ способов покрытия взлетно-посадочных полос (ВПП), для обеспечения безопасности полетов. Исследуются способы подходов от субъективных визуальных осмотров до интегрированных систем, включающим непосредственные измерения коэффициента сцепления, способы дистанционного зондирования и геодезический мониторинг. Особое внимание уделяется корреляции между оперативным установлением типа покрытия и стратегическим контролем геометрических характеристик взлетно-посадочных полос.

Ключевые слова: взлетно-посадочная полоса, геодезический мониторинг, покрытие

V. I. Serguncov¹✉

Analysis of methods for determining the geometric parameters runway coverage

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: vladossergio@mail.ru

Abstract. The article presents an analysis of runway pavement assessment methods aimed at ensuring flight safety. The study investigates approaches ranging from subjective visual inspections to integrated systems that include direct friction coefficient measurements, remote sensing methods, and geodetic monitoring. Particular attention is paid to the correlation between the operational determination of surface type and the strategic control of runway geometric characteristics.

Keywords: runway, geodetic monitoring, pavement

Введение

Состояние покрытия взлетно-посадочной полосы (ВПП) является определяющим фактором для безопасного выполнения взлетно-посадочных операций воздушных судов. Своевременное и точное определение таких параметров, как тип покрытия (сухое, мокрое, загрязненное), коэффициент сцепления и геометрические характеристики представляет собой критически важную задачу в рамках аэродромного обеспечения. Точная оценка состояния покрытия ВПП критически важна для предотвращения опасных ситуаций, таких как выезд за пределы полосы или повреждения шасси. В данной статье представлен сравнительный анализ существующих способов оценки состояния покрытия ВПП, от визуальной оценки пилотов до современных интегрированных систем.

Методы и материалы

В настоящее время существует несколько способов оценки состояния покрытия взлетно-посадочной полосы (рисунок 1):

- субъективный способ;
- инструментальный прямой способ;
- способ дистанционного зондирования;
- оптический способ;
- радиометрический способ;
- комплексные системы мониторинга;
- геодезический способ.

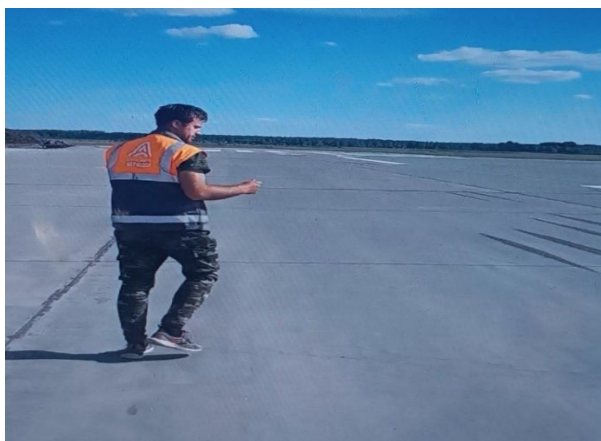


Рис.1. Взлетно-посадочная полоса

Субъективный способ – это способ основанный на субъективном восприятии экипажа воздушного судна (ВС) или наземного персонала. Основным ограничением данного подхода является его высокая субъективность, обусловленная влиянием человеческого фактора. Это не позволяет получить точные показания состояния ВПП.

Инструментальный способ – для точного измерения коэффициента сцепления наиболее объективным способом является применение специальных приборов – Му- метров. Эти устройства определяют силу торможения специального колеса, когда оно заблокировано или проскальзывает. Приборы, такие как GRIP tester или Skiddometer, дают реальные данные о трении покрытия и позволяют создавать его подробные карты. Однако, этот способ имеет недостатки: требуется закрывать ВПП на время измерений, данные получаются не непрерывно, а также высоки эксплуатационные расходы.

Способ дистанционного зондирования – данный способ выполняется с помощью БПЛА, который оснащен камерами видимого и инфракрасного спектров для определения покрытия (влажность, снег, лед) и измерения его температуры. Важно учитывать, что его эффективность ограничена погодными условиями.

Радиометрический способ – данный способ позволяет определять диэлектрическую проницаемость покрытия, что дает возможность различать воду и

лед, а также оценивать толщину водяной пленки. Этот способ надежен в любых погодных условиях, но требует дорогостоящего и сложного оборудования.

Комплексный способ мониторинга – это интегрированные системы контроля состояния (ИСКС) ВПП стали стандартом для крупных аэропортов. Эти системы объединяют информацию из различных источников, такие как датчики на полосе, метеостанции, оптические и радиометрические приборы, а также данные Ми-метров. Благодаря алгоритмам прогнозирования, основанным на этих объединенных данных ИСКС, не только отслеживает текущее состояние ВПП, но и предсказывает его изменения, например, появление гололеда.

Геодезический способ – если оперативные способы сосредоточены на текущем состоянии, то геодезический способ ставит своей задачей оценку надежности пространственно-геометрических параметров ВПП, что напрямую влияет на ее способность безопасно функционировать в течение длительного времени.

Цель и задача геодезического способа заключается в обеспечении соответствия продольного и поперечного уклона проектным значениям, что имеет первостепенное значение. Любые отклонения от заданных уклонов могут привести к проблемам с динамикой разгона и пробега воздушного судна по полотну, нарушению работы бортовых систем и поставить под угрозу безопасность посадки воздушного судна. Выявленные неровности, такие как волны, прогибы и колеи, представляют серьезную опасность, вызывая вибрации шасси. Это не только ускоряет износ конструкции самолета, но и негативно сказывается на его сцепных свойствах. В следствии чего, требуется выполнять ежесезонный мониторинг осадок и деформаций покрытия, чтобы своевременно выявить локальные просадки и нарушение целостности покрытия. [1]

Результаты

Существует несколько способов выполнения осадки и мониторинга деформаций полотна ВПП – высокоточное нивелирование, съемка с помощью ГНСС приемника, либо высокоточного тахеометра, а также лазерное сканирование.

Высокоточное нивелирование обеспечивает необходимую точность измерений и позволяет выявить деформацию или осадку только в определенном месте или участке.

С помощью ГНСС приемника можно выполнить планово-высотную съемку не затрачивая большого количества времени, но съемка выполняется с сантиметровой точностью, что не всегда достаточно для аэродромного покрытия. [2]

Лазерное сканирование позволяет собрать наиболее полные данные в формате плотного облака точек (рисунок 2,3). На базе этого облака формируются детальные цифровые модели рельефа и уклонов с миллиметровой точностью. [3]



Рис.2. Облако точек аэропортового комплекса, вид сверху

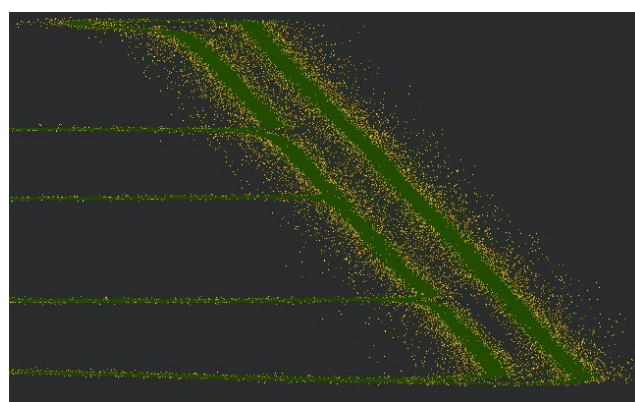


Рис.3. Облако точек аэропортового комплекса, вид под углом

Таблица 1

Сравнительная таблица способов

Способ	Принцип действия	Преимущества	Недостатки
Визуальный	Субъективная оценка экипажем	Простота, быстрота	Субъективность, неточность
Инструментальный	Прямое измерение коэффициента сцепления	Объективность, высокая точность	Затратность, время на замер, периодичность
Геодезический	Съемка всех геометрических параметров ВПП	Высокая точность структурной целостности полотна	Трудоемкость, время на съемку, периодичность
Оптические датчики	Анализ изображения и температуры	Постоянный мониторинг, скорость	Зависимость от погодных условий
Радиометрические системы	Измерение диэлектрических свойств	Работа в любую погоду, точное определение типа покрытия	Высокая стоимость, сложность
Комплексный	Интеграция всех данных	Всесторонность, прогнозирование, автоматизация	Очень высокая стоимость и сложность

Обсуждение

Оперативный и геодезический мониторинг состояние покрытия не исключают, а дополняют друг друга, формируя единую систему. Анализ геодезических данных дает возможность прогнозировать места скопления атмосферных осадков. Это объясняет, почему комплексные системы регистрируют обледенение или образования луж именно в этих зонах. Таким образом, неровности и деформации покрытия выступают как косвенный фактор, негативно влияющий на оперативные характеристики ВПП, в частности, на эффективность сцепления.

Заключение

Проведенный анализ демонстрирует прогресс способологии от субъективных оценок к построению комплексных систем. Современный подход обеспечения безопасности полетов включает в себя:

Оперативные состояние покрытия такие как – КС, загрязнение, температура, а также структурные целостности и геометрии ВПП, источником которых является регулярный геодезический мониторинг.

Для дальнейшего прогресса необходимо внедрять технологии искусственного интеллекта для точного прогнозирования. Только комплексный учет всех факторов – как меняющихся во времени, так и неизменных – все это позволит обеспечить максимальную эксплуатационную безопасность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алтынцев М.А., Карпик П. А. Способика создания цифровых трехмерных моделей объектов инфраструктуры нефтегазодобывающих комплексов с применением наземного лазерного сканирования // Вестник СГУГиТ – 2020. – Т. 25, № 2. – С. 121-139 Маркшейдерское обеспечение разработки месторождений нефти и газа / Ю. А. Кашников, К. В. Беляев, Е. С. Богданец, А. А. Согорин : монография, – Москва : Недра, 2018. – 454 с.
2. Комиссаров А. В., Алтынцев М. А. Способ активного дистанционного зондирования: лазерное сканирование : монография. –Новосибирск : СГУГиТ, 2020. – 254 с Кемербаев, Н. Т. Геодезическая информация в системе автоматизированного технического обеспечения и ремонтов / Н. Т. Кемербаев – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2020. – Т. 25, №4. – С. 27-36. – DOI 10.337764/2411-1759-2020-25-4-27-36
3. Середович В. А., Алтынцев М. А., Попов Р. А. Выбор способики уравнивания данных мобильного лазерного сканирования в зависимости от качества полученных данных и снимаемой территории // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8-18 апреля 2014 г.). - Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 2. – С. 142–149.

© В. И. Сергунцов, 2026