

Анализ состояния измерений ровности искусственных покрытий ВПП гражданских аэродромов

А.А. Богоявленский,
кандидат технических наук,
член-корреспондент
Метрологической академии,
главный метролог
ФГУП ГосНИИ ГА

Одной из важнейших характеристик взлётно-посадочных полос с искусственным покрытием (ИВПП) гражданских аэродромов является их ровность. Пассажиры магистральных самолётов – и в отечественных, и зарубежных аэропортах – субъективно оценивают ровность по наличию или отсутствию тряски во время движения самолёта по ИВПП как при взлёте, так и при посадке. В единицах каких величин, какими средствами и методами измеряется (оценивается) ровность аэродромных покрытий? Как обеспечивается прослеживаемость её измерений от первичного государственного эталона до значения измеренной величины. Об этом – данная публикация.

Термины и определения

Аэродром: участок земли или акватория с расположенными на нём зданиями, сооружениями и оборудованием, предназначенный для взлёта, посадки, руления и стоянки воздушных судов [1].

Взлётно-посадочная полоса (ВПП): определённый прямоугольный участок сухопутного аэродрома, подготовленный для посадки и взлёта воздушных судов [1].

Мезонеровности поверхности: неровности, определяемые при нивелировке поверхности с шагом 5, 10 и 20 м и оцениваемые как отношение разности высот в соседних точках к шагу съёмки [2].

Обобщённая характеристика ровности аэродромного покрытия (R): число, выражающее воздействие неровностей аэродромного покрытия на конструкцию воздушного судна (ВС) при его движении по этому покрытию [3].

Сертификат аэродрома: сертификат, выдаваемый соответствующим полномочным органом на эксплуатацию аэродрома на основании установленных правил [4].



Ключевые слова: аэродром, взлётно-посадочная полоса, ровность аэродромных покрытий, прослеживаемость измерений, единство измерений.
Keywords: aerodrome, runway, airfield pavements evenness, traceability of measurements, the unity of measurements.

Сертифицированный аэродром: аэродром, эксплуатанту которого выдан сертификат аэродрома [4].

Взмывание («козление»): авиационный термин, обозначающий отделение самолёта от взлётно-посадочной полосы после касания шасси при посадке [5]. Одной из причин взмывания может являться неровность поверхности ВПП. Приземление на колеса, расположенные впереди центра тяжести, может сопровождаться возникновением момента сил, увеличивающего угол атаки. В этом случае наблюдается резкое удаление самолёта от ВПП, т. е. взмывание (козление). Причиной взмывания может явиться в т. ч. неровность поверхности ИВПП. Взмывание самолёта при посадке – событие нежелательное, поскольку приводит к увеличению посадочной дистанции и усложняет процесс выполнения посадки [5].

Единство измерений (the unity of measurements): состояние измерений, при котором их результаты выражены в допущенных к применению в Российской Федерации единицах величин, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы [6].

Обеспечение единства измерений (assurance of uniformity of measurements): деятельность, направленная на установление и применение научных, правовых, организационных и технических основ, правил, норм и средств, необходимых для достижения состояния измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах величин или в значениях по установленным шкалам измерений, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы (ГОСТ Р 8.000 [7]).

Прослеживаемость (измерений): свойство эталона единицы величины, средства измерений или результата измерений, заключающееся в документально подтвержденном установлении их связи с государственным первичным эталоном или национальным первичным эталоном иностранного государства соответствующей единицы величины посредством сличения эталонов единиц величин, проверки, калибровки средств измерений [6].

Нормы и правила ИКАО по оценке ровности ВПП с искусственным покрытием

Приложение 14 к Конвенции о международной гражданской авиации. Аэродромы [4] содержит стандарты и рекомендации, определяющие требова-

ния к физическим характеристикам аэродромов, используемых для международного воздушного сообщения, и к оборудованию для их оснащения. Конкретный порядок поэтапной сертификации аэродромов приведён в правилах Doc 9981 [8], в главе 2 “Сертификация аэродромов” которых содержатся общие принципы и правила, касающиеся процесса первоначальной сертификации и последующего постоянного надзора, разработанные ИКАО с целью оказания помощи государствам и эксплуатантам аэродромов в выполнении их обязательств, касающихся обеспечения безопасности полётов. Сфера сертификации охватывает оценку выполнения всех технических требований, предусмотренных нормативной базой, применимой к конкретному аэродрому, в т. ч. к ИВПП.

Дополнительный инструктивный материал по сертификации аэродромов изложен в Руководстве Doc 9774 [9], согласно которому при сооружении покрытий ИВПП должны быть исключены отклонения от установленных норм, которые могут привести к ухудшению характеристик поверхности или иным образом неблагоприятно отражаться на взлёте или посадке самолёта. Неровности на поверхности ИВПП могут вызывать чрезмерные взмывания, изменение угла тангажа, вибрацию и другие явления, затрудняющие управление самолётом.

В Руководстве Doc 9157 [10] к поверхности рулѐжных дорожек заложено общее требование об отсутствии неровностей, которые могут вызвать повреждение конструкции самолёта. При этом покрытия поверхности ИВПП [10] должны содержаться в состоянии, исключающем образование опасных неровностей. При установлении допусков на неровность поверхности ИВПП для небольших расстояний порядка 3 м можно руководствоваться обычной инженерной практикой: ровность поверхности покрытия ИВПП (кроме вершины двускатного уклона и дренажных лотков) должна быть такой, чтобы при прикладывании рейки длиной 3 м в любом месте и в любом направлении зазор между основанием рейки и поверхностью покрытия не превышал 3 мм по всей длине рейки.

Взлёты и посадки самолётов, а также различная степень осадки основания покрытия в конечном итоге приводят к увеличению неровностей поверхности ИВПП. Небольшие отклонения от допусков не оказывают значимого влияния на эксплуатацию самолётов. В целом приемлемыми являются отдель-



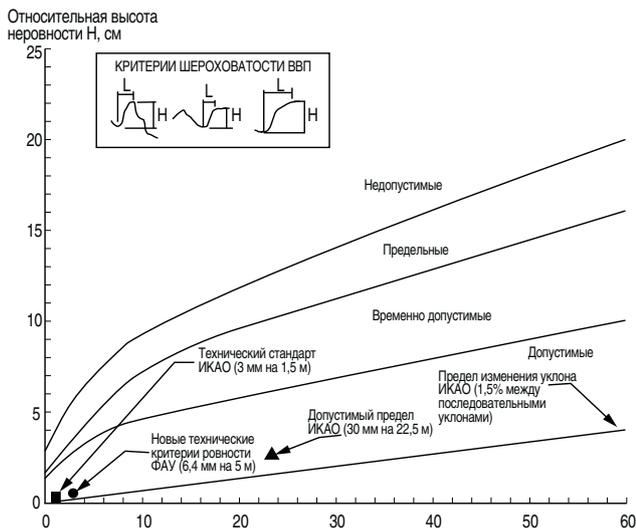


Рис. 1
Сопоставление критериев неровности поверхности

ные неровности (рисунок 1) порядка 2,5–3,0 см на расстоянии 45 м. Представленные критерии относятся к единичным случаям неровностей поверхности и не распространяются на неровности, вызванные длинноволновыми гармоническими эффектами и повторяющиеся волнообразные неровности [10].

1) **Допустимая зона.** Если значения высот неровностей больше значений, определяемых кривой приемлемых значений, но меньше значений, определяемых кривой допустимых значений [10] на оговоренном отрезке минимальной приемлемой длины, то следует запланировать проведение профилактических работ на ИВПП, которая при этом может оставаться в эксплуатации. В этой зоне пассажиры и пилоты на борту взлетающего (приземляющегося) самолёта могут испытывать неудобства из-за повышенной вибрации.

2) **Предельная зона.** Если высоты неровностей больше значений, определяемых кривой допустимых значений, но меньше значений, определяемых кривой максимально приемлемых (предельных) значений [10] на оговоренном отрезке минимальной приемлемой длины, то в обязательном порядке проводятся ремонт-

ные работы по восстановлению данной зоны до приемлемого состояния. ИВПП может оставаться в эксплуатации, но должна быть отремонтирована в оптимальные сроки. В данной зоне может возникать риск повреждения конструкции ВС в результате одиночного события или усталостного разрушения с течением времени.

3) **Недопустимая зона.** Если высоты неровностей больше значений, определяемых кривой максимально приемлемых (предельных) значений на оговоренной минимальной приемлемой длине, называемой в данном случае недопустимой зоной [10], то участок ИВПП, на котором были обнаружены неровности, должен быть закрыт. Данная зона представляет чрезмерный риск повреждения конструкции ВС, который должен быть немедленно устранён путем ремонта для восстановления данной зоны до приемлемого состояния, о чём должны быть уведомлены эксплуатанты ВС.

Хотя максимально приемлемые в эксплуатации отклонения меняются в зависимости от типа и скорости ВС, предельные значения приемлемых неровностей оцениваются с достаточной степенью достоверности. Приемлемые, допустимые и предельные размеры неровностей [10] представлены в таблице 1.

В данном случае под “неровностью поверхности” понимаются изолированные отклонения от плоскости, которые не лежат на линии равномерного уклона любого рассматриваемого участка ИВПП, на всём протяжении которого преобладают постоянный общий уклон вверх (вниз) или горизонтальная поверхность. Как правило, длина этого участка составляет 30–60 м и может зависеть от продольного профиля и состояния покрытия. Максимально допустимая ступенчатая неровность, например, между двумя смежными плитами, есть не что иное, как относительная высота, соответствующая нулевой длине неровности в верхней части приемлемого диапазона критериев на рисунке 1. Относительная высота неровности в этой области составляет 1,75 см. На рисунке 1 [10] представлено также сопоставление критериев ровности поверхности ИКАО с критериями, разработанными Федеральным авиационным управлением (ФАУ) США.

Таблица 1

Неровность поверхности	Длина неровности, м								
	3	6	9	12	15	20	30	45	60
Приемлемая высота неровности поверхности, см	2,9	3,8	4,5	5	5,4	5,9	6,5	8,5	10
Допустимая высота неровности поверхности, см	3,9	5,5	6,8	7,8	8,6	9,6	11	13,6	16
Максимально приемлемая (предельная) высота неровности поверхности, см	5,8	7,6	9,1	10	10,8	11,9	13,9	17	20

Отечественные нормы и правила по оценке ровности ИВПП

В связи с перераспределением функций между Межгосударственным авиационным комитетом (МАК) и Минтранс России для регламентирования требований к российским гражданским аэродромам и правилам их эксплуатации в 2015 г были разработаны национальные ФАП [2, 3], содержащие в том числе нормы и правила оценки ровности ИВПП.

Согласно ФАП [2, п. 2.37] на поверхности ИВПП не должно быть:

- уступов высотой ≥ 25 мм между кромками соседних плит и кромками трещин;
- наплывов мастики высотой ≥ 15 мм;
- выбоин и раковин с наименьшим размером в плане ≥ 50 мм и глубиной ≥ 25 мм, не залитых мастикой;
- сколов кромок плит и трещин шириной ≥ 30 мм и глубиной ≥ 25 мм, не залитых мастикой;
- волнообразований, образующих просвет под трёхметровой рейкой ≥ 25 мм (кроме вершин двускатного профиля и дождеприёмных лотков);
- участков шелушения поверхности покрытий глубиной ≥ 25 мм.

При ежедневных осмотрах искусственных покрытий элементов лётного поля аэродромов согласно ФАП [3] следует обращать внимание на чистоту поверхности, наличие посторонних предметов и атмосферных осадков; повреждения поверхности, в том числе вновь образовавшиеся (трещины, сколы, выбоины, шелушения, просадка плит и т. п.). Результаты служат для оценки эксплуатационно-технического состояния, а также материалом для дальнейшего планирования работ по реконструкции и капитальному ремонту элементов аэродрома. Состояние жесткого покрытия оценивается по результатам осмотров (дефектовки) покрытия [3] в зависимости от величины показателя (индекса качества) S_k , который определяется по формуле 1:

$$S_k = S_0 - \sum_1^i D_i \cdot Q_i, \text{ где} \quad (1)$$

S_0 – максимальная оценка состояния покрытия по пятибалльной шкале,

Q_i – коэффициент весомости i -го повреждения,

D_i – количество плит, имеющих повреждения i -го вида (N_i) в процентах от общего количества плит на покрытии ($N_{\text{общ}}$) и определяемое по формуле 2:

$$D_i = \frac{N_i}{N_{\text{общ}}} \cdot \quad (2)$$

Наиболее характерными дефектами жёсткого покрытия с верхним слоем из цемента-(армо-)бетона являются – трещины, сколы и шелушение, применительно к которым формула 1 принимает вид:

$$S_k = 5 - \left(\frac{N_{mp}}{N_{\text{общ}}} \cdot Q_{mp} + \frac{N_{ck}}{N_{\text{общ}}} \cdot Q_{ck} + \frac{N_{ш}}{N_{\text{общ}}} \cdot Q_{ш} \right). \quad (3)$$

По результатам обследований аэродромов гражданской авиации приняты следующие значения коэффициентов весомости: $Q_{\text{тр}} = 0,05$; $Q_{\text{ск}} = 0,1$; $Q_{\text{ш}} = 0,03$.

Оценка состояния покрытия в зависимости от показателя S_k приведена в таблице 2.

Таблица 2

Показатель S_k для жёстких покрытий	Состояние покрытия	Стадия эксплуатации
Свыше 4.5 до 5.0	Отличное	Нормальная
Свыше 3.5 до 4.5	Хорошее	Нормальная
Свыше 2.5 до 3.5	Удовлетворительное	Критическая
2.5 и менее	Неудовлетворительное	Закритическая

Превышения кромок плит на искусственных покрытиях, размеры сколов, ширину деформационных швов согласно ФАП [3] проверяют с использованием простейших средств измерений (линейки, мерной рейки и др.).

Нормы годности [11] и Методики оценки соответствия [12] МАК в части физических характеристик аэродромов были дополнены в 1994 г. обобщённой характеристикой ровности аэродромного покрытия – индексом ровности R . Уровень неровностей эксплуатирующихся ИВПП гражданских аэродромов с учётом воздействия на ресурс конструкции самолётов и вибрационный комфорт экипажа и пассажиров, а также отработка расширенных нормативов ровности поверхности исследованы в [13].

Согласно ФАП [2, 3] для ИВПП аэродромов классов А, Б и В аэропортов, открытых для международных полётов, должен быть определён индекс ровности R , характеризующий состояние ровности поверхности. Проверка ровности проводится в процессе сертификации ИВПП на вновь построенных (регистраруемых) аэродромах и на существующих аэродромах после реконструкции (капитального ремонта) полосы. Индекс R определяется согласно таблице 3 при расчётах по коэффициентам C и k , где C и k – коэффициент и показатель степени аппроксимации $S = CF \cdot k$ зависимости спектральной плотности S [мм²/м] неровностей аэродромного покрытия от их пространственной частоты F [1/м]. Их устанавливают в результате спектрального

Таблица 3

k	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	R
C [мм ² м ^{1-k}]	5,14	4,35	3,6	2,84	2,32	1,79	1,41	1,04	0,66	2
	0,44	0,4	0,36	0,32	0,29	0,25	0,22	0,19	0,16	5

анализа серий (рядов) отметок, полученных при геодезической съёмке (нивелировании). При значениях C и k , выходящих за пределы значений таблицы 3, для нахождения R применяется специальная компьютерная программа. Держатели программы – специализированные организации, уполномоченные на выполнение такого рода расчетов.

Для расчета индекса R искусственного покрытия ИВПП применяется формула 4:

$$R = 6,48 - \frac{4,62C}{0,12^{k-2}}. \quad (4)$$

Состояние ровности поверхности ИВПП оценивают [3] в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4

Индекс ровности R	Характеристика ровности
более 5	Хорошая
2–5	Удовлетворительная
менее 2	Неудовлетворительная

Покрытия ИВПП аэродромов не допускаются к эксплуатации, если индекс R меньше 2. Если R не превосходит значения 3, то организация, проводившая оценку, должна предложить рекомендации по процедурам улучшения ровности аэродромных покрытий ИВПП. При этом в случаях, когда установлено, что индекс R находится в пределах диапазона значений от 2 до 3, последующую оценку R для соответствующей ИВПП следует проводить не реже, чем через два года; при $R \geq 3$ – один раз в пять лет.

Индексы R аэродромного покрытия определяются для двух продольных сечений ИВПП, параллельных осевой линии и отстоящих от неё соответственно в ту и другую сторону на расстоянии 3–10 м. В качестве окончательного принимается меньшее из двух значений R , определённых для разных сечений. Исходными данными для оценки R являются результаты геодезической съёмки (нивелирования) продольных профилей ИВПП с шагом 0,5 м. По результатам нивелирования составляется каталог высотных отметок точек профилей ИВПП, которые в дальнейшем используются для обработки и последующей оценки состояния ровности. Помимо этого исходными для оценки R могут также служить данные, полученные с помощью измерителей

ровности. Одним из таковых применительно к авиационной деятельности является измеритель ИРПАП, упомянутый в п. 6.4.2 ГОСТ Р 56925 [14].

Конструктивная схема и принцип работы измерителя ровности на примере ИРПАП

Измеритель ровности поверхности аэродромных покрытий ИРПАП состоит [15] из тележки, рама (7) которой (рисунки 2 и 3) при помощи кронштейна (1) крепится к буксировщику, гировертикали ЦГВ-4 (гироскопа) и магнитного регистратора типа ГАММА.

Кронштейн (1) выполнен в виде неподвижной вертикальной штанги круглого сечения (2), пропущенной через обойму (4) с коническими роликами (5). Ролики (5) постоянно поджаты к штанге (2) при помощи пружин (9). Оси (6, 8) установлены с возможностью перемещения в пазах стенок обоймы (4) в горизонтальном направлении. Обойма (4) одной из горизонтальных осей соединена с передней частью рамы (7) тележки.

Тележка выполнена в двух разновысоких уровнях. Гировертикаль ЦГВ-4 (гироскоп) расположена на нижнем уровне в задней части тележки. Сверху на ЦГВ-4 надет защитный кожух (23), который легко снимается с конструкции, что обеспечивает удобство обслуживания и текущего ремонта ЦГВ-4. Тележка имеет два колеса: переднее (12) с диаметром 478 мм и заднее (13) с диаметром 160 мм. Заднее колесо (13) закреплено в вилке (19), с которой жёстко соединены связки (20), соединяющие оси двух шкивов (15), расположенные по разные стороны колеса. Оси шкивов (15) и колеса (13) лежат в одной горизонтальной плоскости. При этом колесо (13) частично охвачено гибкой лентой (14), огибающей шкивы (15). Переднее измерительное колесо (12) закреплено в передней вилке (16), на которой крепится счётчик импульсов (17), идущих от пяти индуктивных бесконтактных датчиков пройденного расстояния (18). Датчики равномерно расположены на диске переднего колеса.

Плотный надёжный контакт измерительной тележки с поверхностью исследуемого покрытия получается за счёт дополнительной нагрузки, создаваемой трёхзвенным регулируемым элементом, состоящим

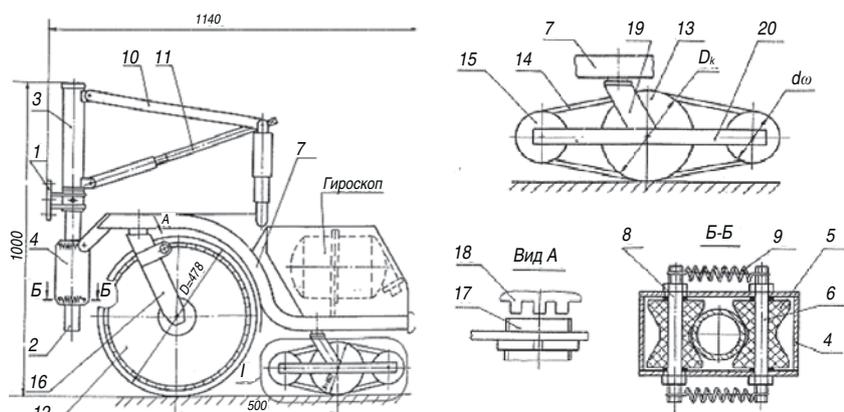


Рис. 2
 Конструктивная схема измерителя ровности ИРПАП и виды его сечений

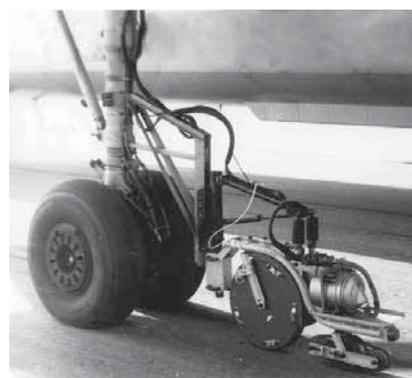


Рис. 3
 Измеритель ИРПАП, закреплённый на основной стойке самолёта-лаборатории

из тяги (10), подкоса (11) и штанги (2). Тяга (10) крепится к гильзе (3), надетой сверху на штангу (2) и имеющей возможность поворота на ней.

Первичным источником информации о неровностях поверхности покрытия в ИРПАП является гировертикаль ЦГВ-4, которая отклоняется на угол, пропорциональный высоте неровности. Электрические сигналы в виде напряжения постоянного тока с потенциометров ЦГВ-4 записываются в электронном виде на магнитный регистратор ГАММА. Результаты измерений затем подвергается компьютерной обработке.

Метрологическое обеспечение измерителя ровности на примере ИРПАП

Работа по метрологическому обеспечению проведена специалистами метрологической службы ФГУП ГосНИИ ГА по поручению Федерального органа исполнительной власти в области гражданской авиации. Работа выполнена в два этапа, на каждом из которых разрабатывался свой метод оценки погрешности [16–18]. Исследования проведены на двух экземплярах ИРПАП на базе ИВПП аэропортов Шереметьево, г. Москва (рис. 4) и Когалым, Тюменская обл. При этом до начала работ гировертикали и аппаратура ГАММА из комплектов двух экземпляров ИРПАП прошли облуживание в соответствии с инструкциями по их эксплуатации.

Для первого метода оценки погрешности в качестве меры был выбран участок покрытия заданной длины с известными характеристиками неровностей. Для этого по продольной оси участка покрытия предвари-



Рис. 4
 Взлётно-посадочная полоса аэропорта Шереметьево (г. Москва)

тельно с дискретностью 0,5 м была проведена нивелирная съёмка.

Для набора статистики аттестуемые измерители ИРПАП десятикратно прокатывали по выбранному участку покрытия, а полученные результаты обрабатывали с целью получения оценки погрешности. Превалярующей составляющей погрешности в данном случае явилась погрешность геодезического метода, составившая $\pm 30\%$ для длин волн 200...5 м и $\pm 60\%$ – для 5...1 м с доверительной вероятностью 0,9. Данное обстоятельство не позволяет достоверно определять величину индекса R и указывает на необходимость либо совершенствования данного, либо разработки нового метода оценки погрешности. Кроме того, при использовании метода имеет место неудобство, связанное с необходимостью периодической нивелирной съёмки покрытия.

Для повышения достоверности были предложены следующие способы снижения погрешности измерения:

- градуировка ИРПАП в статическом режиме по специально изготовленным мерам высоты для установления и нормирования инструментальной ошибки для исключения из суммарной погрешности измерений составляющей погрешности геодезического метода;
- увеличение объёма статистических данных для изменения толерантного множителя в сторону уменьшения и, соответственно, уменьшения случайной составляющей погрешности;
- изменения режимов автоматизированной обработки измерительной информации с целью обеспечения идентичности алгоритмов обработки;
- обеспечение идентичности режимов перемещения ИРПАП вдоль продольных плоскостей сечений покрытий;
- дискретное нормирование погрешности измерений по поддиапазнам.

На основе анализа этих способов разработан второй метод [16–18], который заключается в получении оценки суммарной погрешности ИРПАП за счёт построения композиции, включающей: а) инструментальную погрешность, получаемую при градуировке в статике по имитаторам неровностей (комплекту мер высоты); б) динамическую составляющую в реальных условиях эксплуатации. Перечисленные составляющие в полной мере характеризуют суммарную погрешность измерений.

В качестве имитаторов неровностей поверхности покрытия ИВПП применён набор мер высоты, изготовленный по чертежам, разработанным специалистами метрологической службы ФГУП ГосНИИ ГА, и прошедший метрологическую аттестацию. Они имеют четыре типоразмера: 3, 5, 10 и 20 мм с допуском $-0,2$ мм. Ширина и длина каждой из мер составляет (200^{+1}) мм и (150^{+1}) мм соответственно, что определяется габаритными размерами колес ИРПАП.

Фактическая величина высоты мер оценивалась путём единичных измерений в десяти сечениях при помощи микрометра МК-25-1 по ГОСТ 6507 [19], имеющего погрешность $\pm 0,032$ мм. При этом контролировалась также непараллельность горизонтальных поверхностей мер, которая не превысила $\pm 0,1$ мм.

При обработке результатов экспериментов, проведенных с использованием мер высоты, получены градуировочные характеристики (рисунк 5) измерительных каналов для двух экземпляров ИРПАП. Имея градуировочные характеристики в виде зависимости высоты неровностей (в миллиметрах) от условных единиц (кодов) [16–18], можно охарактеризовать величину погрешности измерительного канала ИРПАП в статике. При этом обеспечивается прослеживаемость измерений

через государственную поверочную схему по ГОСТ Р 8.763 [20] от первичного эталона до измерителя ИРПАП.

Однако в реальных условиях эксплуатации, помимо статической, имеет место еще и динамическая составляющая погрешности. Она может быть определена следующим образом: при многократном прокатывании ИРПАП в одном и том же сечении покрытия получается выборка значений индексом R , стандартное отклонение которого и дает искомую величину. Первичная обработка результатов наблюдений проводилась с использованием компьютерной программы DSFPN. При обработке для оценки спектральной плотности использовано окно Лемминга [21, 22] с диапазоном ширины полосы частот $B_f = (0,003054-0,04324)$ 1/м. Число степеней свободы составило 6, 8, 13, 25. При нахождении оценки спектральной плотности рассматриваемого процесса предусматривался учёт значений автокорреляционной функции в количестве $N_k = 57-412$. Сглаживающая обработка результатов наблюдений не производилась, поскольку измерительный канал ИРПАП является по существу фильтром парных разностей, поэтому выполнено только центрирование процесса.

В результате метрологической аттестации с использованием в качестве рабочего эталона комплекта мер высоты нормированы предельно допускаемые значения метрологических характеристик измерителя типа ИРПАП (для доверительной вероятности 0,95):

- инструментальная относительная погрешность при градуировке по мерам высоты в статике – не более $\pm 10\%$;
- суммарная относительная погрешность при оценке значений величины критерия ровности R аэродромных покрытий – не более $\pm 15\%$.

При периодическом метрологическом обслуживании экземпляра ИРПАП достаточно осуществлять только оценку инструментальной погрешности. При её нахождении в нормированных пределах и соблюдении требований методики измерений суммарная погрешность индекса R не будет превышать предельно допускаемой нормированной величины.

Таким образом, для решения вопросов метрологического обеспечения при оценке индекса ровности R [16–18] специалистами метрологической службы ФГУП

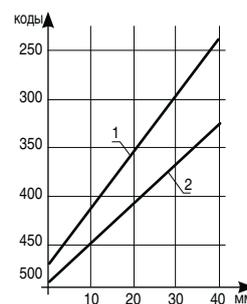


Рис. 5
Градуировочные характеристики двух экземпляров измерителей ИРПАП

ГосНИИ ГА разработан комплект нормативно-методической документации, разработан и аттестован комплект мер высоты для градуировки ИРПАП, разработана методика периодического метрологического обслуживания, методика измерений ровности аттестована и отвечает требованиям ГОСТ Р 8.563 [23]. Проведена метрологическая экспертиза эксплуатационной документации ИРПАП с последующей её доработкой и приведением в соответствие с требованиями стандартов единой системы конструкторской документации.

Оценка ровности ИВПП Международного аэропорта Платов

Международный аэропорт Платов (г. Ростов-на-Дону) – преемник аэропорта, размещавшегося в городской черте на проспекте Шолохова. Расположен в 29 км северо-восточнее Ростова-на-Дону в Аксайском районе Ростовской области, в 15 км северо-западнее г. Новочеркаска (в 4 км севернее станицы Грушевской, вблизи федеральной автотрассы М-4). Построен в рамках подготовки к Чемпионату мира по футболу 2018 г. Первый в современной истории России построенный с нуля крупный аэропорт, самый крупный в Южном федеральном округе.

Строительство началось в 2014 г., завершилось в июле 2017 г.; ввод в эксплуатацию и перевод всех рейсов осуществлен 7 декабря 2017 г. Проект строительства вошёл в Федеральную программу подготовки к проведению Чемпионата мира по футболу в 2018 г., а также в Федеральную целевую программу “Развитие транспортной системы России (2010–2020)”. Аэродром допущен к приёму самолётов Ан-124, Ил-96, Ил-76, Ту-214, Ту-204, Airbus A310, Airbus A319, Airbus A320, Airbus A321, Boeing 737, Boeing 757, Boeing 767, CRJ и всех более лёгких. ИВПП оборудована по II категории ИКАО, имеет протяжённость 3600 м при ширине 45 м. Верхний слой покрытия выполнен из цементобетона. Согласно представленному АО “Ростоваэроинвест” отчёту в августе 2017 г. выполнены работы по измерению индекса *R* искусственного покрытия ИВПП на объекте: «Строительство аэродромного комплекса «Южный» (г. Ростов-на-Дону)». Измерения проводились в соответствии с ФАП [2, 3], а также ГОСТ 56925 [14] уполномоченной организацией, имеющей Свидетельство о допуске к определённым видам работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства.

Цель проведения работ – получение объективной и достоверной информации о состоянии искусственного

покрытия ИВПП по индексу *R*. При проведении соблюдались требования к допускам и качеству проводимых измерений. При выполнении измерений применялось оборудование передвижной аэродромно-дорожной лаборатории: комплекс измерительный КП-514 СМП-07 (рис. 6). В состав комплекса входят профилометр на основе высокочастотных лазерного и акселерометрических датчиков системы измерения продольной ровности ПКР-2, программно-аппаратный комплекс и малогабаритная интегрированная инерциально-спутниковая навигационная система позиционирования (МИНС). Средства измерений, применявшиеся при выполнении полевых работ, прошли утверждение типов и метрологическое обслуживание (имели действующие свидетельства о поверке, сертификаты о калибровке).

При измерении индекса *R* на ИВПП аэродрома Ростов-на-Дону (Платов) покрытие было в сухом состоянии, посторонние предметы на рядах измерения отсутствовали. Согласно схеме (рис. 7) точкой начала измерения являлся порог ИВПП; магнитный курс 05. В процессе проведения измерений получены исходные данные микро- и мезопрофиля ИВПП по двум продольным сечениям: по параллельным линиям, отстоящим от осевой линии ИВПП в ту и другую стороны на расстоянии 3–5 м с шагом 0,5 м. На основе полученных данных при обработке с применением программно-аппаратного комплекса выполнен расчёт спектральной плотности и распределения неровностей аэродромного покрытия.

В результате проведённых полевых измерений и камеральной обработки по формуле 4 исходных данных



Рис. 6
Передвижная аэродромно-дорожная лаборатория: комплекс измерительный КП-514 СМП-07

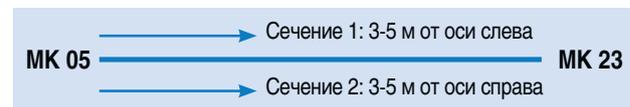


Рис. 7
Схема проведения измерений ровности ИВПП аэродрома Ростов-на-Дону (Платов)

получены значения индекса ровности R : как в сечении № 1 (5 м от оси влево), так и в сечении № 2 (5 м от оси вправо). Они составляют $R = 5,1$, что соответствует, согласно таблице 4, оценке характеристики “хорошая” и отвечает требованиям ФАП [2, п. 2.38] и ФАП [3]. По результатам проведённых работ на ИВПП аэродрома Ростов-на-Дону (Платов) выдан сертификат соответствия.

Основные результаты и выводы

1. Проведен анализ актуальных норм, стандартов, руководств и правил [17, 18], связанных с измерением ровности покрытий ИВПП гражданских аэродромов в практике зарубежной и отечественной авиационной деятельности.

2. На воздушном транспорте для измерения неровностей ИВПП (в зависимости от решаемых задач) применяются как автоматизированные средства измерительного контроля (для определения индекса ровности R), так и традиционные средства и методы измерений глубины и ширины выбоин, трещин, сколов, а также высоты уступов в искусственных покрытиях при ежедневных осмотрах.

3. Для ИВПП аэродромов классов А, Б и В аэропортов, открытых для международных полётов, согласно ФАП [2, 3] определяют обобщённую характеристику

ровности аэродромного покрытия – индекс ровности R , характеризующий состояние ровности поверхности.

4. Покрытия ИВПП аэродромов не допускаются к эксплуатации, если индекс ровности $R \leq 2$. В случаях, когда установлено, что R находится в пределах диапазона значений $2 \leq R \leq 3$, последующую оценку для соответствующей ИВПП следует проводить не реже, чем через два года. Если же в пределах $R \geq 3$ – один раз в пять лет.

5. Специалистами метрологической службы ФГУП ГосНИИ ГА – по поручению Федерального органа исполнительной власти в области гражданской авиации – проведены работы по метрологическому обеспечению измерителей ИРПАП [16–18] при внедрении в практику ГА. Разработан и аттестован комплект мер высоты для градуировки измерителей ИРПАП; разработана методика периодического метрологического обслуживания; методика измерений ровности аттестована и отвечает требованиям ГОСТ Р 8.563 [23]. Проведена метрологическая экспертиза эксплуатационной документации ИРПАП, её последующая доработка и приведение в соответствие с требованиями стандартов единой системы конструкторской документации.

6. На отечественном воздушном транспорте обеспечена прослеживаемость измерений через государственную поверочную схему по ГОСТ Р 8.763 [20] – от первичного эталона до применяемых средств и методов оценки значений величин ровности ИВПП.

Литература

1. Воздушный кодекс Российской Федерации от 19 марта 1997 г. № 60-ФЗ.
2. Федеральные авиационные правила. Требования, предъявляемые к аэродромам, предназначенным для взлёта, посадки, руления и стоянки гражданских воздушных судов / Приказ от 25.08.2015 г. № 262 Министерства транспорта Российской Федерации.
3. Федеральные авиационные правила. Правила эксплуатации гражданских аэродромов, гидроаэродромов и вертодромов / Разработаны в соответствии с п. 2 ст. 48 Федерального закона от 19 марта 1997 г. № 60-ФЗ.
4. Приложение 14 к Конвенции о международной гражданской авиации. Аэродромы. Том 1. Проектирование и эксплуатация аэродромов. – Издание 7. – Монреаль: ИКАО, 2016 г.
5. Авиация. Энциклопедия. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. – 736 с.
6. Федеральный закон от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ “Об обеспечении единства измерений”.
7. ГОСТ Р 8.000–2000. Государственная система обеспечения единства измерений. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2016 г. – 10 с.
8. Правила аэронавигационного обслуживания. Аэродромы. Дос 9981. – Издание 2. – Монреаль: ИКАО, 2016 г.

9. Руководство по сертификации аэродромов. Дос 9774–AN/969. – Издание 1. – Монреаль: ИКАО, 2001 г.
10. Руководство по проектированию аэродромов. Часть 3. Покрытия. Дос 9157–AN/901. – Издание 2. – Монреаль: ИКАО, 1983 г.
11. Нормы годности к эксплуатации гражданских аэродромов. – 3-е изд. – М.: Межгосударственный Авиационный комитет, 1992 г., поправка № 16 / утв. 01.06.1994 г.
12. Методики оценки соответствия нормам лётной годности к эксплуатации гражданских аэродромов. 3-е изд. – М.: Межгосударственный Авиационный Комитет, 1992 г., поправка № 5 / утв. 01.06.1994 г.
13. Филиппов В.П. Методы обеспечения безопасной эксплуатации самолётов гражданской авиации по условиям прочности на наземных этапах полёта: Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук. – М., ГосНИИ ГА, 2015 г. – 268 с.
14. ГОСТ Р 56925–2016. Дороги автомобильные и аэродромы. Методы измерения неровностей оснований и покрытий. – М.: Стандартинформ, 2016 г. – 15 с.
15. Измеритель ровности аэродромных покрытий ИРПАП. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. // Утверждено 04.10.1994 г. Главным метрологом Департамента воздушного транспорта Министерства транспорта РФ. – 24 с.

16. Богоявленский А.А. Разработка методов и результаты оценки погрешности измерителей ровности поверхности аэродромных покрытий. // Труды Государственного научно-исследовательского института гражданской авиации. – М., 1995. – Вып. 307. – С. 57–61.
17. Богоявленский А.А. Нормы и правила оценки ровности покрытий взлётно-посадочных полос аэродромов гражданской авиации. // Мир дорог. – 2018 г. – № 108. – (в печати).
18. Богоявленский А.А. Анализ состояния измерений ровности искусственных покрытий ВПП гражданских аэродромов // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества: сборник тезисов докладов международной научно-технической конференции. – М.: Московский государственный технический университет гражданской авиации, 2018 г. – (в печати).
19. ГОСТ 6507–90. Микрометры гладкие. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004 г. – 10 с.
20. ГОСТ Р 8.763–2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений длины в диапазоне от 10–9 до 50 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм. – М.: Стандартинформ, 2013. – 14 с.
21. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. – М.: Мир, 1981. – 544 с.

22. Дженкинс Г., Ватс Д. Спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир, 1971. – Том 1. – 320 с. – Том 2. – 287 с.
 23. ГОСТ Р 8.563–2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений. – М.: Стандартинформ, 2010. – 27 с.

References

1. Air code of the Russian Federation of March 19, 1997 № 60-FZ.
 2. Federal aviation regulations. Requirements for aerodromes intended for take-off, landing, taxiing and Parking of civil aircraft / Order No. 262 of 25.08.2015 of the Ministry of transport of the Russian Federation.
 3. Federal aviation regulations. Rules of operation of civil aerodromes, hydro-aerodromes and heliports / Are Developed according to item 2 of Art. 48 of the Federal law of March 19, 1997 No. 60-FZ.
 4. Annex 14 to the Convention on international civil aviation. Airfields. Volume 1. Design and operation of aerodromes. Edition of 7. – Montreal: ICAO, 2016.
 5. Aviation. Encyclopedia. – Moscow: The Great Russian encyclopedia, 1994. – 736 p.
 6. Federal law of 26.06.2008 № 102-FZ “On ensuring the unity of measurements”.
 7. GOST R 8.000–2000. State system of ensuring the uniformity of measurements. Basic provisions. – Moscow: Standartinform, 2016–10 p.
 8. Rules of air navigation services. Airfields. Doc 9981. – Edition 2. – Montreal: ICAO, 2016.
 9. Manual on certification of aerodromes. Doc 9774-an / 969. – Edition 1. – Montreal: ICAO, 2001.
 10. Guidelines for the design of aerodromes. Part 3. Covers. Doc 9157-an / 901. – Edition 2. – Montreal: ICAO, 1983.
 11. The norms of serviceability of civil aerodromes. 3rd ed. – Moscow: Interstate Aviation

Committee, 1992, amendment No. 16 / Approved 01.06.1994.
 12. Methods of assessment of compliance with the norms of airworthiness to the operation of civil airports. 3rd ed. – Moscow: Interstate Aviation Committee, 1992, amendment No. 5 / Approved 01.06.1994.
 13. Filippov V.P. Methods of ensuring safe operation of aircraft of civil aviation under the conditions of strength on the ground stages of flight: Thesis for the degree of doctor of technical Sciences. – Moscow, GosNII GA, 2015, 268 p.
 14. GOST R 56925–2016. Roads and airfields. Methods of measuring of irregularities of the bases and coverings. – Moscow: Standartinform, 2016. – 15 p.
 15. Measuring the flatness of the airfield pavements IRPAP. Technical description and operating instructions. // Approved 04.10.1994 by the Chief metrologist of the Department of air transport of the Ministry of transport of the Russian Federation. – 24 p.
 16. Bogoyavlenskiy A.A. Development of the methods and results of the estimation of the error measure-lay flatness of the surface of airfield pavements. // Proceedings of the State research Institute of civil aviation. – Moscow, 1995. – Vol. 307. – P. 57–61.
 17. Bogoyavlenskiy A.A. Rules and regulations for the assessment of flatness coverings of runways of airfields for civil aviation. // The world roads. – 2018. – № 108. – (in press).
 18. Bogoyavlenskiy A.A. Analysis of the state of measurement of the evenness of artificial turf runway civil aerodromes // Civil aviation at the present stage of development of science, technology and society: collected abstracts report of the international scientific and technical conference. – Moscow state technical University of civil aviation, 2018 (in press).

19. GOST 6507–90. Micrometers smooth. Technical conditions. – Moscow: IPK Publishing house of standards, 2004. – 10 p.
 20. GOST R 8.763–2011. State system of ensuring the uniformity of measurements. State verification scheme for measuring instruments of length in the range from 10–9 to 50 m and wavelengths in the range from 0.2 to 50 microns. – Moscow: Standartinform, 2013. – 14 p.
 21. Bendat J., Piersol A. Applied analysis of random data. – Moscow: Mir, 1981. – 544 p.
 22. Jenkins G., Watts D. Spectral analysis and Its applications. – Moscow: Mir, 1971. – Volume 1. – 320 p. – Volume 2. – 287 p.
 23. GOST R 8.563–2009. State system of ensuring the uniformity of measurements. Procedures of measurements. – Moscow: Standartinform, 2010. – 27 p.

Annotation

One of the most important characteristics of the runways with artificial turf of civil airfields is their evenness. Passengers of the mainline aircraft – both in domestic and foreign airports – subjectively assess the airfield pavements evenness by the presence or absence of shaking during the movement of the aircraft on the runway both during takeoff and landing. In units of what physical quantities, by what means and methods is measured (estimated) the evenness of aerodrome surfaces? How to ensure of the traceability of measurements from the primary national etalon of parameter to the value of the measured value. About it this publication.



ООО “Интермера”
 123007, Москва, Хорошевское ш., д. 38, корп. 1
 Тел./Факс: +7 (495) 941-0434 www.intermera.ru





Анализаторы сигналов серии S3503
 Цена с НДС от 26 900 USD

- Диапазон частот 3Гц – 4ГГц / 9ГГц / 13,2ГГц / 18ГГц / 26,5ГГц / 45ГГц / 50ГГц
- Максимальная полоса анализа 200МГц
- Высокочувствительный анализ спектра,
- IQ-анализ, анализ импульсных сигналов, анализ аудиосигналов, анализ аналоговых модулированных сигналов и измерение фазовых шумов
- Превосходные значения уровня собственных фазовых шумов
- Возможность расширения до 325ГГц



Портативные анализаторы спектра серии S3331 A/B
 Диапазон частот от 9кГц до 3,6ГГц/7,5 ГГц
 Цена с НДС от 6860 USD

- Хорошая чувствительность (DANL <-155 дБмВт)
- Плотность фазовых шумов: ≤-100 дБн/Гц при отстройке 100 кГц
- Погрешность измерения уровня сигнала ± 1,5 дБ
- Скорость сканирования < 50 мс для полного диапазона
- Минимальная длительность сигнала 5 мс (со 100% вероятностью перехвата)
- Стандартная функция демодуляции AM и ЧМ сигналов,
- Опциональный встроенный следящий генератор от 100 кГц до 3,2 ГГц

www.salukitec.ru