


На правах рукописи



ФОМИН Андрей Викторович



**ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-  
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕСТКИХ АЭРОДРОМНЫХ  
ПОКРЫТИЙ**

(05 23 11 – Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и  
транспортных тоннелей)

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Москва 2007**

**0 2 АВГ 2007**

Работа выполнена на кафедре «Аэропорты» в Московском автомобильно-дорожном институте (государственном техническом университете)

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент  
Татаринов Владимир Владимирович

Официальные оппоненты - доктор технических наук  
Васильев Николай Борисович,  
- кандидат технических наук  
Попов Николай Аркадьевич

Ведущая организация - ФГУП ГПИ и НИИ ГА «АЭРОПРОЕКТ»

Защита диссертации состоится «20» сентября 2007 г в 10 ч на заседании диссертационного совета Д 212 126 02 ВАК РФ при Московском автомобильно-дорожном институте (государственном техническом университете) по адресу

125319, г Москва, А-319, Ленинградский проспект, 64, ауд 42

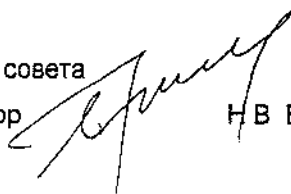
Телефон для справок (495) 155-93-24

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МАДИ (ГТУ)

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять в адрес диссертационного совета Копию отзыва просим прислать по E-mail [uchsovet@madi.ru](mailto:uchsovet@madi.ru)

Автореферат разослан «14» июля 2007 г

Ученый секретарь диссертационного совета  
кандидат технических наук, профессор



Н.В. Борисюк

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы Эффективность работы подразделений гражданской авиации, а особенно аэродромов, требует постоянного совершенствования и обновления, однако период с 1991 по 1996 гг следует отнести к весьма неблагоприятному. Данный период характеризуется существенным снижением объемов перевозок пассажиров и грузов, а также недостаточным объемом работ по содержанию и строительству аэропортов. Такое обстоятельство привело к неудовлетворительному состоянию многих элементов аэродромов и увеличению аварийности взлетно – посадочных операций.

Начиная с 2000 года интенсивность объемов воздушных перевозок России снова начала расти, кроме того, Российские авиалинии стали обслуживать большое количество зарубежных авиакомпаний и типов самолетов.

Вместе с тем следует отметить, что до настоящего времени методам оценки несущей способности существующих аэродромных покрытий уделялось значительно меньше внимания, чем методам проектирования и расчета при первом строительстве. Это объясняется в основном тем, что в стране осуществлялось массовое строительство новых аэропортов в различных регионах, а парк воздушных судов представляли модели отечественных самолетов.

Все это делает задачу разработки и совершенствования методики прогнозирования и оценки несущей способности аэродромных покрытий наиболее актуальной.

В настоящем исследовании предпринята попытка разработки методики прогнозирования и оценки эксплуатационно-технического состояния, а также определения остаточного срока службы жесткого аэродромного покрытия на основании экспериментальных исследований, проведенных в Международном аэропорту «Шереметьево» в период с 1999 г по 2003 г. Разрабатываемая методика может быть использована проектными организациями и службами аэропортов ГА для оперативной оценки пригодности жестких аэродромных покрытий, а также для разработки планов их реконструкции и ремонта.

Целью работы является разработка метода оценки и прогнозирования эксплуатационно-технического состояния аэродромных покрытий с определением срока их службы до проведения ремонтно-восстановительных работ

Задачи исследований Для достижения поставленной цели в работе сформулированы следующие основные задачи

- 1 Исследование теоретических основ работы плит жесткого аэродромного покрытия
- 2 Выполнение экспериментально-теоретических исследований с целью определения количественного показателя, характеризующего состояние покрытия
- 3 Исследование прочности и несущей способности аэродромного покрытия с учетом разработанного показателя на основе проведения широких натурных экспериментов
- 4 Разработка метода прогнозирования межремонтного срока службы жестких аэродромных покрытий,
- 5 Разработка предложений и рекомендаций по применению полученных результатов исследования на аэродромах с жестким покрытием

Научная новизна работы состоит в следующем

- проведены широкие натурные исследования по определению типов дефектов на покрытии и установлена зависимость их развития во времени,
- предложен показатель, характеризующий количественное значение разрушения покрытия, и установлено его влияние на прочность покрытия,
- предложена методика оценки и прогнозирования состояния жесткого покрытия

Достоверность исследований, выводов и рекомендаций обеспечивается комплексом лабораторных и теоретико-экспериментальных исследований, подтвержденных расчетами с применением метода математической статистики, а также сходимостью полученных теоретических и экспериментальных результатов

Практическая ценность диссертационной работы заключается в предложенном методе оперативной оценки с возможностью последующего прогнозирования эксплуатационно-технического состояния жесткого аэродромного покрытия как в целом, так и каждой плиты (участка) покрытия в отдельности. Указанный метод позволяет оптимизировать планирование ремонтно-восстановительных работ и сроки службы покрытия до капитального ремонта.

Реализация работы. Результаты исследований кандидатской диссертации внедрены ФГУП ГПИ и НИИ ГА «Аэропроект» при разработке проекта реконструкции аэродромных покрытий аэропортов «Шереметьево» и «Сочи» и используются в учебном процессе на кафедре «Аэропорты» МАДИ(ГТУ) в дисциплинах «Изыскания и проектирование аэродромов», «Реконструкция аэродромов», а также в дипломном проектировании.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертации доложены на Всероссийской научно-технической конференции «Автотранспортный комплекс – проблемы, перспективы, экологическая безопасность» (г. Пермь 26-27 апреля 2007 г.), 62, 63, 64 и 65 научно-методических и научно-исследовательских конференциях МАДИ(ГТУ) в 2004-2007 гг.

Публикации. По результатам исследования опубликовано пять печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и общих выводов. Работа содержит 186 страниц машинописного текста, 56 рисунков, 24 таблицы, библиографический список из 171 наименования, из них 24 на иностранных языках.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, изложены цель и задачи исследования, сформулированы научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

**В первой главе** выполнен анализ современного состояния расчета и оценки эксплуатационно-технического состояния жестких аэродромных покрытий в РФ и за рубежом

Расчет плит, лежащих на упругом основании, даже в случае, когда основание описывается простой моделью с одним коэффициентом постели, представляет сложную математическую задачу, так как сводится к интегрированию бигармонического дифференциального уравнения плиты при соответствующих граничных условиях. Задача еще более усложняется при расчете жестких покрытий в случае несимметричного нагружения плит.

Жесткие покрытия начали рассчитывать в 20-х годах прошлого столетия, когда рядом исследователей были предложены приближенные способы для определения потребных толщин бетонных покрытий. Плиты покрытия вначале рассчитывались по приближенным эмпирическим и полуэмпирическим методам. По мере развития теоретических методов расчета плит на упругом основании методы расчета жестких покрытий совершенствовались.

Постановке и решению ряда сложных задач, связанных с расчетом конструкций, лежащих на упругом основании, посвящены исследования В Ф Бабкова, В З Власова, Л А Галина, В А Гастева, Г И Глушкова, М И Горбунова-Посадова, С С Давыдова, А Н Динника, Б Н Жемочкина, Н Н Иванова, В А Киселева, Г К Клейна, Б Г Кроренева, А Н Крылова, В И Кузнецова, В И Майорова, И А Медникова, Е А Палатникова, П Л Пастернака, Г Э Проктора, В Д Садового, А П Синицина, Н К Снитко, А П Степушина, В В Ушакова, А А Ушанского, М М Филоненко-Бородича, В А Флорина, И И Черкасова, О Я Шехтер и др. Также в работе рассмотрены решения, предложенные зарубежными авторами.

Исследованию вопроса изменения сезонной деформируемости естественных грунтовых оснований под действием статических нагрузок посвящены работы В Ф Бабкова, А К Бируля, С.А Голованенко, Н Н Иванова, И А Медникова, В К Некрасова, Н В Орнатского, Н А Пузакова, Б С Раева-Богословского, А Я Тулаева, Л И

Манвелова, И И Черкасова, А А Чуткова и др Из анализа работ следует, что сезонная деформируемость существенно изменяется как в годовом цикле, так и по сезонам года, а также необходим учет изменения расчетных моделей при проведении сезонной эксплуатационной оценки несущей способности жестких покрытий

Одним из наиболее распространенных видов дефекта жесткого аэродромного покрытия являются трещины различных видов Наиболее опасные из них – сквозные трещины, возникающие обычно из-за совместного действия эксплуатационной нагрузки и температурно-усадочных факторов Они развиваются из поверхностных трещин под действием последующих приложений нагрузок и погодноклиматических факторов Основная опасность сквозных трещин состоит в том, что они снижают несущую способность бетонных и армобетонных плит и создают условия для проникновения воды через покрытие в грунтовое основание К настоящему времени метод расчета плит на основании Винклера разработан полностью и применен за расчетный метод в работе

Выполненный анализ существующих методов, применяемых для оценки эксплуатационно-технического состояния, показал, что при оценке покрытия применяются в основном качественные показатели, а не количественные

Рассмотренные методики прочностного расчета и оценки несущей способности жестких аэродромных покрытий основаны на различных расчетных схемах, что не позволяет реализовать единый подход к проектированию новых покрытий и оценке их состояния

**Вторая глава** посвящена вопросу исследования типов трещин на жестком аэродромном покрытии, их классификации, расположению по ширине исследуемого участка и статистической обработке результатов эксперимента

Покрытия аэродромов требуют постоянного обследования для определения пригодности их дальнейшей эксплуатации До настоящего времени разработано недостаточно рекомендаций по внедрению подобного мониторинга и установлению количественных оце-

нок В качестве объективного и практически оцениваемого показателя степени растрескивания плиты предлагается использовать параметр растрескивания  $A$ , представляющий собой отношение общей длины измеренных трещин на плите к ее площади

Основной задачей экспериментальных исследований было проведение ежегодного мониторинга всей поверхности ВПП Международного аэропорта «Шереметьево» для определения типов дефектов на покрытии, установления динамики их развития и разработки методики прогнозирования их развития

Исследования выполнялись в 1999–2005 годах, исследованию подвергалось состояние аэродромных покрытий ВПП-2 аэродрома «Шереметьево» Для проведения испытаний была разработана методика, схематично изображенная на рис 1

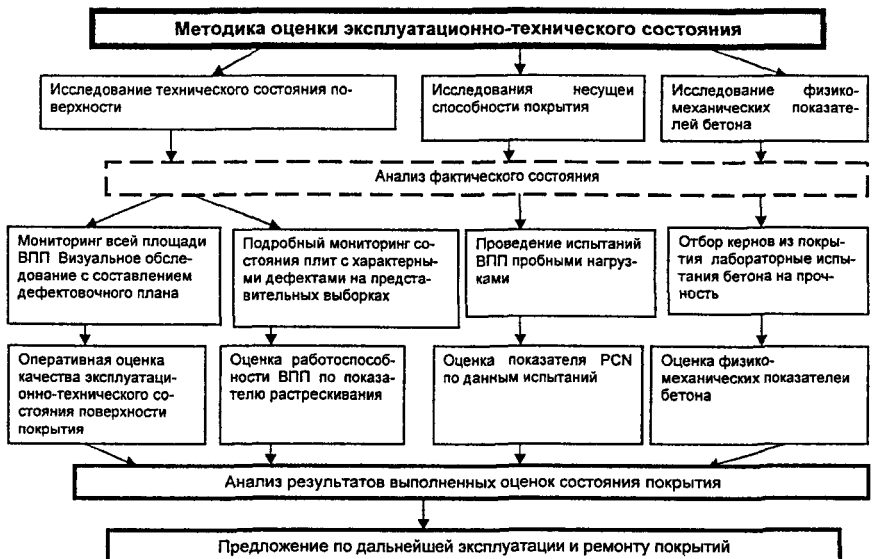


Рис 1 Схема проведения испытаний

Было установлено, что по характеру развития трещин на ВПП-2 можно выделить 4 типа плит



Тип 1 – продольные трещины на всю длину или часть плиты,

Тип 2 – поперечные, как правило, тонкие (усадочные) трещины на всю ширину плиты (или частично), делящие плиту на 2-5 частей,

Тип 3 – сетка продольных и поперечных сквозных трещин, делящих плиту на отдельные прямоугольные фрагменты. Состояние таких плит весьма неоднородно – от удовлетворительного (трещины тонкие, закрытые) до критического,

Тип «Р» – плиты типа 3, по техническому состоянию представляющие опасность (разрушенные) и требующие срочной замены. Оба типа плит (3 и «Р») расположены по пути руления основных опор воздушных судов на ВПП и участках выруливания на РД.

Исследования показывают, что динамика развития трещин в указанных выше типах плит разная. Наиболее динамично развиваются трещины продольные (тип 1) и сетка сквозных трещин (тип 3), что связано с многократно повторяющимся воздействием на покрытие самолетных нагрузок. Именно эти плиты оказывают существенное влияние на работоспособность ВПП. Особенно опасными следует считать плиты, разделенные трещинами на небольшие фрагменты, которые при уменьшении их размеров могут потерять устойчивость за счет вертикальных подвижек или образования шарнира в трещине на уровне прохождения арматуры. В результате могут возникать опасные глубокие сколы в трещинах. Срок службы таких плит до выхода их из строя оценивается сезонами года, что снижает работоспособность и долговечность всего покрытия. Установив долговечность этих плит до момента опасного их состояния, а также их долю в общем количестве плит на рабочей части полосы, можно оценить оставшийся срок службы покрытия ВПП. Для решения этой задачи необходимо принять критерий предельного состояния плит по степени трещинообразования, а также долговечность плит типов 1-3 и «Р». Срок службы каждого типа плит зависит от скорости развития трещин и предельно допустимого значения показателя степени растрескивания.

Определение показателя растрескивания  $A_j$  выполнялось по формуле

$$A_j = \frac{S_{Tj}}{F_j}, \quad (1)$$

где  $S_{Tj}$  - суммарная длина трещин, обнаруженных на  $j$  - й плите покрытия,

$F_j$  - площадь  $j$  - й плиты покрытия

Было установлено, что при определении прочности и несущей способности плит покрытия показатель растрескивания представляет собой достаточно объективную оценку, показывающую непосредственное повреждение каждой плиты покрытия, в отличие от показателей, которые характеризуют степень поврежденности в целом

Для определения статистических свойств показателя растрескивания  $A$  было выполнено исследование его случайности и стационарности

Для проверки случайности показателя  $A$  был использован следующий подход условно принято движение по исследуемой полосе со скоростью 1 плита в секунду В этом случае расстояние и время можно отождествить и полученные данные рассматривать как дискретный временной ряд Для проверки случайности ординат временного ряда были выполнены оценки его автокорреляционной функции и спектральной плотности с помощью преобразования Фурье Анализ спектральной плотности исследованного временного ряда показывает, что он очень близок по своей форме с так называемым «белым шумом», то есть стационарным случайным процессом, имеющим равномерный спектр и практически некоррелированные ординаты Проверка свойств стационарности сводилась к экспериментальной оценке погрешности конечной выборки и сравнению ее с теоретической, вычисленной на основе гипотезы стационарности

На основании результатов данных исследований был сделан вывод о случайности и стационарности значений показателя растрескивания

Далее был установлен закон распределения показателя растрескивания и произведена оценка его статистик

При проведении данного исследования была выдвинута сложная гипотеза о том, что неизвестная функция распределения показателя растрескивания  $A$  принадлежит к некоторому классу распределений, среди которых присутствуют нормальное распределение, распределение Вейбулла-Гнеденко и показательное распределение. Класс предполагаемых распределений был определен по внешнему виду гистограмм и полигонов частот. Проверка была выполнена по модернизированному критерию согласия Колмогорова-Смирнова, в результате расчетов была отвергнута гипотеза о нормальном распределении, а принята основная гипотеза о распределении Вейбулла-Гнеденко и его частный случай – показательное распределение, имеющее место при значении показателя формы распределения равном единице

Характеристики установленных законов распределения для всех исследованных временных рядов были получены методом наибольшего правдоподобия

Одним из наиболее важных этапов статистической оценки показателя растрескивания является оценка масштабного фактора, то есть определение необходимого объема конечной выборки, гарантирующего надежность результатов

Для решения данной задачи можно использовать тот факт, что при большом объеме выборки и при неизвестном значении среднеквадратического отклонения (используется его точечная оценка) нельзя использовать гауссовскую модель относительной ошибки измерения, однако известно, что величина имеет распределение Стьюдента

Таким образом, оценка масштабного параметра в распределении Вейбулла-Гнеденко может быть записана в следующем виде

$P\left\{x - t_{\beta, m-1} \frac{\tilde{\sigma}}{\sqrt{m-1}} < \theta < x + t_{\beta, m-1} \frac{\tilde{\sigma}}{\sqrt{m-1}}\right\} = 1 - \beta$ , при этом квантили распределения Стьюдента можно определить из решения следующего уравнения  $P\{|t_{m-1}| < t_{\beta, m-1}\} = 1 - \beta$ , где  $1 - \beta$  - доверительная вероятность

Используя данный подход, можно не только определить доверительный интервал для оценки математического ожидания (в зависимости от назначенной доверительной вероятности и объема выборки), но и решить обратную задачу - определить минимально допустимый объем выборки, гарантирующий получение результатов с заданными погрешностями и  $1 - \beta$

Оценка масштабного фактора при показательном распределении также была выполнена в данном исследовании

Решение обратной задачи позволяет также найти минимально допустимый объем выборки  $m_{min}$ , гарантирующий получение результатов с заданными погрешностью и доверительной вероятностью

По результатам исследований был сделан вывод о том, что имеющаяся выборка исходных данных весьма представительна, а погрешность конечной выборки находится в допустимых пределах при доверительном интервале 90%

**В третьей главе** рассматривается влияние показателя растрескивания на прочность покрытия

Для решения этой задачи в 1999 году были выполнены испытания покрытия статическими нагрузками, соответствующими воздействию современных самолетов. При проведении испытаний требовалось определить значения прогибов плит покрытия на различном удалении от центра приложения нагрузки. Испытанию подвергались плиты, находящиеся на рабочей части ВПП, определенной в диссертации (составляющей по 15 метров в стороны от оси ВПП), и имеющие различный показатель растрескивания. В 2003 году было проведено испытание покрытия статической нагрузкой и определе-

ны физико-механические свойства бетона. Для нагружения покрытия использовался самолет Ил-62м, оказывающий на покрытие нагрузку, близкую к расчетной по проекту. Испытанию подвергались те же участки покрытия, что и в 1999 году. В результате испытаний были получены абсолютные деформации покрытия, возникающие от воздействия нагрузки.

При обработке результатов испытаний использовалась теория расчета бесконечной плиты, лежащей на упругом основании Винклера. В основу метода расчета положены теория изгиба плит и решения Ливеслея, Коренева и Глушкова, также были приняты следующие допущения: гипотеза нормальных сечений и гипотеза суперпозиции, прогибы малы по отношению к толщине, прогибы, измеренные на поверхности плиты, соответствуют вертикальным перемещениям любой точки плиты, находящейся на одной вертикали, между плитой и основанием трение отсутствует.

Равновесие такой пластины под нагрузкой может быть описано следующим уравнением:

$$(\nabla^4 + 1)w(\xi, \eta) = \frac{1}{K_s} q(\xi, \eta) \quad (2)$$

Данное уравнение было рассмотрено рядом отечественных и зарубежных авторов, существует множество решений в бесконечных рядах, функциях Кельвина и с помощью трансформант Фурье. В работе использовано решение в виде двойных несобственных интегралов, так как оно наиболее удобно для решения численными методами.

В результате испытаний кернов, выбуренных из покрытия на различных участках аэродрома, а также испытаний неразрушающим методом было установлено, что модуль упругости, прочность бетона на сжатие и растяжение при изгибе в среднем на 10% превышают значения, принятые при проектировании покрытия.

При проведении экспериментальных исследований по определению прогибов их измерение непосредственно под колесом опоры не представлялось технически возможным. Поэтому измерение вы-

полнялось вблизи от опоры, а неизвестные точки определялись путем аппроксимации

Для вычисления неизвестных точек упругой линии и определения кривизны была выполнена аппроксимация полученных точек упругой линии различными выражениями. Было установлено, что наилучшим выражением для аппроксимации упругой линии является сплайн-функция

В работе принята следующая схема определения изгибающих моментов по данным значений упругой линии определяется ее кривизна, а по кривизне – изгибающий момент. При этом кривизна условно рассматривается для плоской кривой, заданной в явном виде в декартовой системе координат

В качестве характеристики прочности плиты с некоторым значением показателя растрескивания может служить коэффициент снижения прочности, представляющий собой отношение изгибающего момента  $m$ , определенного по экспериментальным значениям упругой линии для данной плиты, к изгибающему моменту плиты  $m_0$ , с показателем растрескивания равным нулю

$$d_{red} = \frac{m}{m_0} \quad (3)$$

Для получения аналитических зависимостей величины  $d_{red}$  от  $A$  была выполнена аппроксимация полученных результатов испытаний

В качестве аппроксимирующих выражений были предложены полином, показательная и экспоненциальная зависимости. Аппроксимация проводилась методом наименьших квадратов. Решение данной задачи было выполнено симплекс-методом Нелдера-Мидда. В результате проведенных вычислений было установлено следующее: аппроксимация удовлетворительно выполняется выражением  $d_{red}(A) = \alpha^{-\beta A^\gamma}$ . Номограмма для определения коэффициента снижения прочности от показателя растрескивания представлена на рис 2

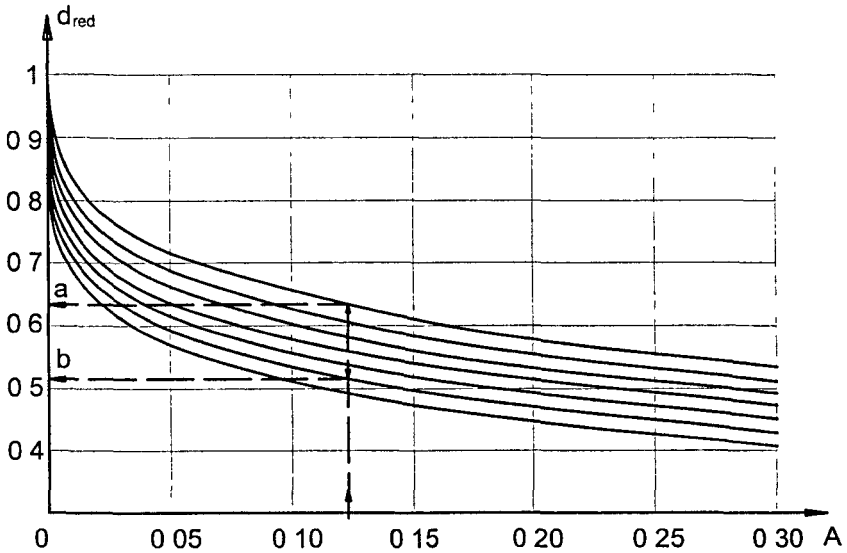


Рис 2 Зависимость потери прочности покрытия  $d_{red}$  от показателя растрескивания  $A$  а – значение коэффициента потери прочности на момент обследования, b - значение коэффициента потери прочности через 5 лет эксплуатации

Различие между кривыми показывает зависимость снижения прочности во времени. Приведенная на рис 2 номограмма позволяет прогнозировать значение коэффициента снижения прочности для плиты с трещинами через определенный период времени.

Полученные результаты можно применять при прогнозировании эксплуатационно-технического состояния плит жесткого аэродромного покрытия, если основным видом дефектов на нем являются трещины. Можно аналитическим путем определять примерную прочность плит покрытий через заданный период времени, что дает возможность прогнозировать ремонтно-восстановительные работы для поддержания эксплуатационно-технического состояния.

В четвертой главе приведено обоснование минимального размера заменяемого фрагмента плиты, даны рекомендации по

эксплуатационно-технической оценке жесткого покрытия и проведение экономического обоснование предлагаемого метода

В работе приведен алгоритм определения минимального размера заменяемого фрагмента плиты, реализованный в модуле FRAGMENT с использованием ядра системы MatLab 7 0

При использовании предлагаемого метода оценки и прогнозирования решаются следующие задачи

- 1 Определение характерного вида дефектов жесткого покрытия аэродрома
- 2 Оценка эксплуатационно-технического состояния покрытия по виду дефектов
- 3 Выявление участков покрытия, не пригодных для эксплуатации самолетов
- 4 Проведение испытаний покрытий для определения влияния дефектов на прочность покрытия
- 5 Ежегодное обследование поверхности покрытия с целью определения скорости развития дефектов во времени
- 6 Проведение повторных испытаний покрытия через год эксплуатации для определения степени снижения прочности покрытия за этот период времени
- 7 Определение минимального размера заменяемого фрагмента плиты
- 8 Ежегодная оценка эксплуатационно-технического состояния покрытия, планирование и проведение восстановительных работ, позволяющих продлить срок службы покрытия до капитального ремонта

При проведении оценки покрытия количество плит с конкретным видом трещинообразования выражается в долях единицы по отношению к количеству плит на рабочей части. Остаточный срок службы покрытия от момента оценки предлагается определять по формуле

$$t_{\text{ост}} = n_1 t_1 + n_2 t_2 + n_3 t_3 + n_p t_p + n_o t_o, \quad (4)$$



где  $n_1, n_2, n_3, n_p, n_o$  – доля плит типа 1, 2, 3, «Р», а также неповрежденных плит соответственно от общего количества плит на рабочей части полосы (в долях единицы),

$t_1, t_2, t_3, t_p$  – прогнозируемые сроки службы плит типа 1, 2, 3 и «Р» от момента оценки до достижения ими критического состояния,

$t_o$  – остаточный срок службы неповрежденных (целых), а также замененных в результате ремонта плит

Значения  $t_1, t_2, t_3$  могут быть определены по графику (рис 3) В связи с тем, что показатели  $n$  и  $t$  являются переменными величинами, они должны ежегодно уточняться с учетом проведенных ремонтов Для плит типа «Р» принимается  $t_p=0$ , что означает невозможность их дальнейшей эксплуатации по техническому состоянию

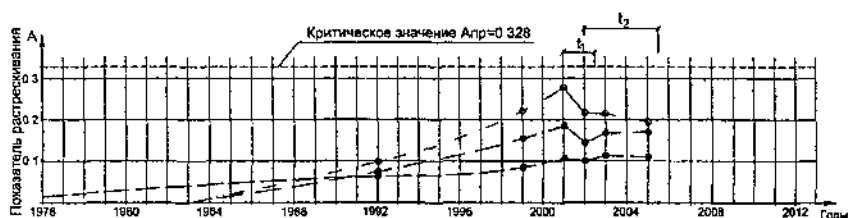


Рис 3 Прогнозирование срока службы плит с проведением восстановительных работ  $t_1$  – остаточный срок службы плит с сеткой трещин без проведения ремонтных работ ( $t_1=1,5$  года),  $t_2$  – остаточный срок службы плит с сеткой трещин после проведения ремонтных работ ( $t_2=3,5$  года),  $t_1, t_2$  – прогнозируемый остаточный срок службы плит с сеткой трещин

Используя номограмму, приведенную на рис 2, возможно прогнозировать ежегодную потерю прочности покрытия на любой период его службы, но этот прогноз будет являться приближенным, поэтому рекомендуется проводить натурные испытания покрытия статической нагрузкой для определения зависимости коэффициента потери прочности от показателя растрескивания непосредственно для покрытия аэродрома, к которому будет применен данный метод прогнозирования

На основе проведенных исследований показателя растрескивания и коэффициента потери прочности можно определить необ-

ходимые для замены плиты покрытия и составить план восстановительных работ

Экономический эффект предлагаемого метода проведения ремонта с заменой плит заключается в том, что при его применении увеличивается срок между капитальными ремонтами покрытий, что дает экономию на содержание покрытия до 10% в год, а также до 20% позволяет снизить стоимость капитального ремонта. Определение экономического эффекта от предлагаемого метода приведено в диссертации

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1 Существующие методики оценки состояния аэродромных покрытий не содержат количественных показателей, позволяющих характеризовать степень его трещинообразования

2 Основной расчетной моделью работы аэродромного покрытия жесткого типа в настоящее время является пластина на упругом основании Винклера

3 Показатель растрескивания может быть принят одной из основных характеристик состояния покрытия. Пределы, при которых возможна эксплуатация покрытия, составляют от 0 до 0,328 пог/м<sup>2</sup>

4. Предложена методика расчета статистических оценок показателя растрескивания и определены его значения для покрытия ВПП-2 Международного аэропорта «Шереметьево»

5 Определены размеры рабочей части покрытия, на которую приходится основное воздействие опор современных и перспективных самолетов

6 Разработана классификация основных типов трещин аэродромного покрытия и установлена закономерность их изменения во времени

7 Предложена номограмма для определения прочности покрытия в зависимости от показателя растрескивания

8 Разработаны рекомендации по проведению планово-предупредительных ремонтов с определением размеров заменяемых фрагментов плит

9 Выполнена оценка экономического эффекта от предложенных рекомендаций по планированию ремонтных мероприятий, который составил снижение затрат до 10% на содержание покрытия в год

10 Разработаны практические рекомендации по оценке эксплуатационно-технического состояния жестких аэродромных покрытий, которые могут быть использованы аэропортами гражданской авиации и организациями, выполняющими проектирование, ремонт и реконструкцию аэродромных покрытий

11 Создано программное обеспечение для ПК, позволяющее оперативно принимать стратегические решения по дальнейшей эксплуатации покрытий аэродрома

#### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

- 1 Апестина В П , Фомин А В Диагностика эксплуатационно-технического состояния ИВП-2 аэропорта «Шереметьево» // Проектирование, строительство и эксплуатация аэродромно-технических комплексов аэропортов Сб научн тр / МАДИ (ГТУ) – М , 2003 – С 68-75
- 2 Фомин А В Оценка несущей способности жестких аэродромных покрытий действующих аэропортов // Автомобильные дороги Научно-технический информационный сборник / Информавтодор – М , 2006 – Вып 2 – С 6-12
- 3 Апестина В П , Гальченко Н С , Фомин А В Оценка работоспособности ВПП-2 аэропорта «Шереметьево» с учетом выполняемых ремонтно-восстановительных работ // Проектирование, строительство и эксплуатация аэродромов. Сб научн тр / МАДИ(ГТУ) – М , 2007 – С 73-83

4. Татаринов В В , Фомин А В , Статистическая оценка показателя растрескивания аэродромного покрытия // Проектирование, строительство и эксплуатация аэродромов Сб научн тр / МАДИ(ГТУ) – М , 2007 – С 84-96
- 5 Фомин А В Исследование прочности аэродромного покрытия // Транспортное строительство – №5 2007 – С 29-31

---

Подписано в печать 01 06 2007г

Формат 60x84/16

Печать офсетная

Усл печ л 1,0

Уч -изд л 0,9

Тираж 100 экз

Заказ 309

---

Ротапринт МАДИ (ГТУ) 125319, Москва, Ленинградский просп , 64