**Внуков Дмитрий Николаевич. Проектирование полимербетонных слоев усиления монолитных бетонных аэродромных покрытий : Дис. ... канд. техн. наук : 05.23.11 : Воронеж, 2004 158 c. РГБ ОД, 61:05-5/1477**

Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
ВОРОНЕЖСКИЙ ВОЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ВНУКОВ ДМИТРИЙ НИКОЛАЕВИЧ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЛИМЕРБЕТОННЫХ СЛОЕВ УСИЛЕНИЯ

*I*

МОНОЛИТНЫХ БЕТОННЫХ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

Специальность 05.23.11

Проектирование и строительство дорог, метрополитенов,  
аэродромов, мостов и транспортных тоннелей

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук, доцент Волков Виталий Витальевич

Воронеж-2004

**Содержание**

Введение 5

Научно-технические задачи по эксплуатации аэродромных

покрытий 10

Обзор эксплуатационного состояния аэродромных покрытий 10 Анализ дефектов аэродромных покрытий требующих ре­монта с использованием слоев усиления 17

Способы и материалы, применяемые при ремонте бетонных

покрытий 20

Преимущество использования полимербетонных слоев уси­ления 28

Выводы по первой главе. Постановка цели и задач исследо­вания 29

Моделирование полимербетонного слоя усиления методом

конечных элементов 31

Исследования напряженно-деформированного состояния

полимербетонных слоев усиления 31

Моделирование полимербетонного слоя усиления различной

толщины и состава 41

[Напряженно-деформированное состояние плиты с полимер­бетонным слоем усиления 3 см 44](#bookmark17)

[Напряженно-деформированное состояние плиты с полимер­бетонным слоем усиления 5 см 55](#bookmark14)

[Напряженно-деформированное состояние плиты с полимер­бетонным слоем усиления 8 см 66](#bookmark12)

[Математическая модель напряженно-деформированного со­стояния полимербетонного слоя усиления 77](#bookmark19)

Выводы по второй главе 85

Экспериментальные исследования напряженно-

з

деформированного состояния полимербетонных слоев уси­ления 86

gt 3.1 Цельи программа экспериментальных исследований 86

1. Экспериментальная установка для исследований напряжен­

но-деформированного состояния полимербетонных слоев усиления 88

1. Нагружающее устройство 88
2. Прибор для измерения прогибов покрытия 90

ф 3.2.3 Устройство для измерения усилий на границе полимербе­тон-бетон 94

1. Методика экспериментальных исследований 97
2. Анализ результатов экспериментальных исследований на­- пряженно-деформированного состояния полимербетонного

слоя усиления различной толщины и состава 105

^ Выводы по третьей главе 115

[4 Теоретическая интерпретация полученных результатов 116](#bookmark25)

Выводы по четвертой главе 123

Основные выводы 124

Список использованных источников 126

Приложение А. Результаты численных исследований значе­ний нормальных *(сг)* и касательных (г) напряжений 138

Приложение Б. Значения величин экспериментальных дан­ных прогиба *(со),* нормальных *(а)* и касательных (г) напря­жений учетом поправки 148

Приложение В. Акты внедрения 156

ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.**

Взлетно-посадочная полоса, являющаяся важнейшим элементом аэро­дромного комплекса, постоянно испытывает эксплутационные нагрузки и воздействия от природно-климатических факторов. Старение покрытия, его износ и увеличение взлетных масс воздушных судов приводит к изменению напряженно-деформированного состояния покрытия.

Обследование покрытий аэродромов показало, что их техническое со­стояние значительно ухудшилось. В условиях ограничения средств на строи­тельство новых покрытий, актуальным становится модернизация сущест­вующих. В этой связи, приоритетными направлениями являются: разработка способов и методов повышения несущей способности покрытий, использо­вание эффективных материалов, рациональное использование имеющейся материальной базы.

' Повышение несущей способности покрытия аэродромного комплекса является одной из задач проектирования слоев усиления, уменьшающих на­пряжения в покрытии. Перспективным материалом, применяемым при опе­ративном ремонте аэродромных покрытий, является полимербетон, обла­дающий быстрым вводом отремонтированного покрытия в эксплуатацию.

При проектировании полимербетонных слоев усиления с использова­нием существующих нормативных документов, обращает на себя внимание отсутствие математических моделей работы полимербетонных слоев усиле­ния монолитного бетонного аэродромного покрытия, лежащего на искусст­венном основании. Практика показывает, что использование полимербетонов различного состава приводит к неоднозначности физико-механических свойств усиленного покрытия. В связи с этим, разработана методология про­ектирования полимербетонных слоев усиления монолитного бетонного аэро­дромного покрытия, лежащего на искусственном основании, является акту­альной задачей.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательской работы “Слой- 1” по заказу Управления начальника строительства, инженерного обеспече­ния и расквартирования Военно-Воздушных Сил Российской Федерации от

1. г.

Объектом исследований являются монолитные бетонные покрытия с полимербетонным слоем усиления, лежащие на упругом основании, в усло­виях воздействия многоколесных опор воздушного судна.

Целью работы является проектирование полимербетонных слоев уси­ления монолитных бетонных аэродромных покрытий достаточной толщины, при их реконструкции, на основе математической модели напряженно­деформированного состояния слоя усиления аэродромного покрытия, в усло­виях воздействия многоколесных опор воздушных судов, с учетом коэффи­циента постели основания.

**Задачи исследования:**

* исследовать напряженно-деформированное состояние бетонных аэ­родромных покрытий и покрытий, усиленных полимербетонным сло­ем при воздействии многоколесных опор воздушного судна;

' - установить основные требования для проведения экспериментальных

исследований по определению достаточной толщины полимербетон­ного слоя усиления;

* разработать математическую модель напряженно-деформированного состояния покрытия с полимербетонным слоем усиления в условиях воздействия многоколесных опор воздушного судна;
* разработать методику экспериментальных исследований по опреде­лению напряженно-деформированного состояния покрытия с поли­мербетонным слоем усиления;

- - разработать, на основе математического моделирования, условия при­

менимости полимербетонных слоев усиления для определения их

б

оптимальной толщины в условиях воздействия многоколесных опор воздушного судна с учетом характеристик используемого материала;

* внедрить методику определения толщины полимербетонного слоя усиления при ремонте и реконструкции аэродромных покрытий.



**Научная новизна работы состоит в следующем:**

* разработана и экспериментально подтверждена математическая мо­дель напряженно-деформированного состояния полимербетонного слоя усиления;
* установлено напряженно-деформированное состояние монолитного бетонного аэродромного покрытия с полимербетонным слоем усиле­ния в условиях воздействия многоколесных опор воздушного судна;



* получена аналитическая зависимость максимальных растягивающих напряжений на нижней границе бетонного покрытия от физико­механических свойств бетона и полимербетонного слоя усиления, а также их толщины;



* установлено влияние температуры полимербетонного слоя усиления на напряженно-деформированное состояние покрытия.

**На защиту выносятся:**

* математическая модель напряженно-деформированного состояния полимербетонного слоя усиления монолитного бетонного аэродром­ного покрытия при воздействии нагрузки и экспериментальная уста­новка, моделирующая многоколесную опору воздушного судна;
* результаты моделирования и экспериментальных исследований на­пряженно-деформированного состояния монолитных бетонных аэро­дромных покрытий с полимербетонным слоем усиления;
* аналитическая зависимость максимальных растягивающих напряже­ний на нижней границе бетонного покрытия от физико-механических свойств бетона и полимербетонного слоя усиления, а также их тол­

щины;

■

- аналитические зависимости влияния температуры полимербетонного слоя усиления на напряженно-деформированное состояние покрытия.

Достоверность полученных результатов, научных положений, выводов и рекомендаций, приведенных в работе, подтверждается объемом теоретиче­ских, лабораторных и опытно-экспериментальных исследований, выполнен­ных в результате изучения явлений и процессов, лежащих в основе предла­гаемого решения, с использованием современных методов и приборов, по­зволяющих провести эксперименты с допустимой погрешностью.

Методы исследований. Работа выполнена с использованием ком­плексных методов исследований, включающих: патентно-информационный анализ; стандартные методики определения физико-механических свойств получаемых покрытий; методы математического и физического моделирова­ния. Использованы методы математической статистики и программные сред­ства расчетов на ЭВМ.

Теоретическую основу исследования составили классические решения задач теории упругости методом конечных элементов, а также технические решения задач по расчету многослойных плит на упругом основании.

Практическое значение работы заключается в разработке математи­ческой модели напряженно-деформированного состояния покрытия с поли­мербетонным слоем усиления в условиях воздействия многоколесных опор воздушного судна.

Реализация результатов работы:

Результаты диссертационных исследований внедрены при реконструк­ции участка взлетно-посадочной полосы на аэродроме «Пушкин» Ленинград­ской области, а также используются в учебном процессе Воронежского

*4'*

ВАМИ.

Работа выполнена в Воронежском ВАИИ и является составной частью заказных научно-исследовательских работ №30018 шифр «Композиция» и №30302 шифр «Слой-1».

' Личное участие автора состоит в разработке: методик проведения экспериментальных и численных исследований, аналитической модели влия­ния коэффициента Пуассона полимербетона на максимальное растягивающее напряжение в нижней зоне покрытия, нагружающего устройства имитирую­щего шасси воздушного судна, а также в обработке и анализе опытных дан­ных.

**Апробации** работы. Основные положения, научные и эксперимен- тадьные результаты докладывались и обсуждались на следующих конферен­циях, семинарах и совещаниях: Международной научно-технической конфе­ренции «Эффективные строительные конструкции: теория и практика» (Пен­за, 2002); Международной научно-технической конференции «Композицион­ные строительные материалы. Теория и практика» (Пенза, 2002); II Между­народной научно-технической конференции «Материалы и технологии XXI века» (Пенза, 2004); Юбилейной Международной научно-технической кон­ференции посвященной 90-летию со дня рождения профессора И.А. Иванова «Композиционные строительные материалы. Теория и практика» (Пенза, 20,04); Всероссийской научной конференции «Совершенствование наземного обеспечения авиации» (Воронеж, 2002); Всероссийской научно-практической конференции «Совершенствование наземного обеспечения авиации» (Воро­неж, 2003); XVIII Российская школа по проблемам науки и технологий, по­священная 80-летию со дня рождения академика В.П. Макеева. (Екатерин­бург: РАН, 2004); 56 научно-технической конференции профессорско­преподавательского состава ВГАСУ (Воронеж, 2002).

По материалам исследований опубликовано 12 научных статей общим объемом 41 с. Из них лично автору принадлежит 34 с.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, общих выводов и библиографического списка лите­ратуры из 115 наименований. Диссертация изложена на 158 страницах маши­нописного текста и содержит 43 рисунка, 7 таблиц и 3 приложения.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

^ 1. Разработана математическая модель (8) напряженно­

деформированного состояния полимербетонного слоя усиления монолитных бетонных аэродромных покрытий в условиях воздействия многоколесных опор воздушного судна, позволяющая учитывать влияние' коэффициента Пуассона полимербетона и толщину слоя усиления.

% 2. Разработано и создано нагружающее устройство, моделирующее

многоколесную опору воздушного судна, позволяющее уточнить методику исследования напряженно-деформированного состояния полимербетонных слоев усиления монолитных бетонных аэродромных покрытий.

1. Установлена зависимость коэффициента Пуассона полимербетона от

\* изменения диаметра отпечатка колеса воздушного судна, позволяющая

определять характеристики полимербетонного слоя усиления.

1. Определено влияние толщины полимербетонного слоя усиления на характер изменения напряжений в плите аэродромного покрытия, что позволило прогнозировать нормальные и касательные напряжения в бетоне.
2. Получена аналитическая зависимость (6) максимальных растягивающих напряжений на нижней границе бетонного покрытия со слоем усиления, от физико-механических свойств полимербетонного слоя усиления, его толщины и температуры.
3. Установлено, что при использовании полимербетонного слоя усиления с коэффициентом Пуассона меньшим, чем у бетона, касательные напряжения в слое усиления изменяются по квадратичному закону, а

с, при использовании полимербетона с большим коэффициентом

Пуассона - изменение близко к линейному закону.

1. Установлено влияние изменения температуры полимербетонного слоя , усиления на напряженно-деформированное состояние покрытия. ^ Повышение температуры полимербетона на 10 °С эквивалентно

увеличению коэффициента Пуассона полимербетона на величину - 0,015.