

Разрушения и ремонт искусственных покрытий взлетно-посадочных полос

А.А. Каримова,¹ М.И. Парамонова²,

¹⁻² Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

Информация о статье обзор

Аннотация

Для обеспечения безопасного взлета и посадки самолета необходима специальная взлетно-посадочная полоса, отвечающая специальным требованиям. Основными факторами при выборе материалов покрытия взлетно-посадочной полосы являются прочность, безопасность при эксплуатации, коэффициент шершавости и ровность. При выборе способа ремонта покрытия, прежде всего, учитываются быстрота его проведения и надежность отремонтированного участка. Было установлено, что любые неровности взлетно-посадочной полосы очень затрудняют работу летного состава. Различными способами производится постоянный контроль состояния покрытия взлетно-посадочной полосы. Таким образом, возможно, определить срок службы и необходимость ремонта. Экспериментально определена устойчивость различных материалов к характерным эксплуатационным нагрузкам. В работе рассмотрены различные материалы, используемые для аэродромных покрытий, характерные для них разрушения и способы ремонта. Выявлено то, что наиболее безопасными являются покрытия, которые меньше всего подвержены каким-либо изменениям, и установлено, что оптимальный материал аэродромного покрытия все еще находится в стадии разработки.

Ключевые слова: Строительство; гражданское строительство; взлетно-посадочная полоса; покрытие взлетно-посадочной полосы; ремонт взлетно-посадочных полос; состояние покрытия; шелушение покрытия.

Содержание

| | | |
|----|---|----|
| 1. | Введение | 18 |
| 2. | Обзор литературы | 18 |
| 3. | Классификации, материалы искусственных покрытий и основные требования для них | 19 |
| 4. | Основные факторы, вызывающие разрушение искусственных покрытий | 19 |
| 5. | Способы ремонта | 22 |
| 6. | Наиболее безопасные и долговечные покрытия | 22 |
| 7. | Заключение | 24 |

Контактный автор:

1. +79818451870, alinakari19@gmail.com (Каримова, Алина, студент)
2. +79818378209, MaryRG@mail.ru (Парамонова Марина, студент)

1. Введение

В современном мире самолеты стали неотъемлемой частью нашей жизни. Авиатранспорт является одним из самых востребованных видов транспорта, но функционирование воздушного транспорта невозможно без определенной инфраструктуры, то есть без аэропортов, аэродромов. Для нормального функционирования такой инфраструктуры важно его техническое состояние. Техническое состояние покрытий взлетно-посадочных полос определяют, оценивая значения определенных параметров, которые характеризуют дефекты и повреждения покрытий, и показателей, которые отражают количество и степень проявления имеющихся дефектов и повреждений. Так проблема выявления наиболее безопасного и долговечного покрытия взлетно-посадочных полос является актуальной в условиях активного пользования людьми авиатранспортом.

Научная мысль не стоит на месте. В последние годы активно изучаются конструкции аэродромных покрытий, их виды, материалы покрытий, методики оценки технического состояния, а также разрушения и способы ремонта взлетно-посадочных полос. В связи с необходимостью реконструировать и ремонтировать аэродромные покрытия в последние годы разрабатываются и осваиваются новые материалы и технологии, обеспечивающие восстановление и увеличение несущей способности аэродромных покрытий посредством создания слоев усиления, а также продления срока их службы. Особое внимание уделяется исследованию влияния температуры, влаги на состояние покрытия взлетно-посадочных полос.

Данная проблема приводит к новым поискам, исследованиям, изучению свойств материалов, расчетам их характеристик, сравниваемых с показателями, которые регламентируются нормами. Разрабатываются новые практические методы оценки прочности и несущей способности покрытий при воздействии на них опор воздушных судов.

Целью данной работы является выявление наиболее безопасного и долговечного покрытия взлетно-посадочной полосы.

2. Обзор литературы

Значительный вклад в изучение проектирования, эксплуатации, ремонта искусственных покрытий взлетно-посадочных полос внесли следующие ученые: Филиппов В. П., Горшков Н.И., Попов А.Н., Шашков И.Г., Якупов М.И., Морозов Н.М., Боровских И.В., Хозин В.Г. Sushovan D., Padade A.H., Chaudhury N.N., Mandal J.N. и др. [1-3].

Нормирование уровня ровности аэродромных покрытий и восприятие неровности лётным составом авиакомпаний рассмотрено в работах [1-5]. Филиппов В. П. изложил подход к нормированию неровностей искусственных аэродромных покрытий, учитывающий воздействие этих неровностей на темп расходования ресурса конструкции самолетов ГА, а также вибрационный комфорт экипажа и пассажиров [1]. Напряженно-деформированное состояние сборных аэродромных покрытий рассмотрено в работах [6-9].

Горшков Н.И. в своей статье провел анализ и оценку НДС элементов покрытия взлетно-посадочной полосы (ВПП-1) существующего аэродрома, которые подтвердили наблюдающееся на практике разрушение материалов покрытия, что явилось обоснованием его реконструкции [6].

Овчинников И. Г., Попов А. Н., Масалыкин А. Н. в своей статье представили результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния многослойного аэродромного покрытия, произвели учет термоупругих характеристик материала конструкции [8].

Методика оценки технического состояния покрытия взлетно-посадочной полосы дана в статьях [10-13].

Попов А.Н., Шашков И.Г. в своей работе представили теоретические положения и практические рекомендации по оценке технического состояния жестких аэродромных покрытий по допустимому уровню надежности с учетом степени риска с использованием основных положений теории надежности и теории риска [10].

Андронов В. Д., Подопригора В. Г. предложили методический подход к определению величины риска возникновения авиационного инцидента из-за состояния покрытия взлетно-посадочной полосы (ВПП) в связи с повышением требований к безопасности эксплуатации аэродромов [11].

Графики проектирования нежестких аэродромных покрытий и воздействие на них воздушных судов рассмотрены в статьях [14-16].

Sushovan D., Padade A.H., Chaudhury N.N., Mandal J.N. в своей статье предприняли попытку разработать расчетные схемы для нежестких аэродромных покрытий без или с геосинтетическими подкреплениями с учетом 20-летнего срока службы дорожного покрытия [16].

Вопросы эксплуатации покрытий аэродромов в зимний период и влияние различных методов устранения обледенения на состояние впп рассмотрены в статьях [17-20]. Zhao F.-R., Du S.-M., Liu X.-C., в своей работе определили, что химическое удаление обледенения более разумно, чем оттаивание горячим воздухом для защиты структурной прочности цементно-бетонного покрытия [20].

В работах рассмотрены виды бетона для возведения монолитных покрытий взлетно-посадочных полос аэродромов [21-25].

Якупов М.И., Морозов Н.М., Боровских И.В., Хозин В.Г. установили минимальный модуль крупности песчаного заполнителя, влияющего на водопоглощение мелкозернистого бетона, (M_k более 2,2), при котором выполняются эксплуатационные требования, предъявляемые к материалу покрытий аэродромов [22].

Ziari H.A., Hayati P.A., Sobhani J.B. в своей статье показали, что применение минеральных добавок привело к значительному улучшению характеристик бетонных смесей аэродромных покрытий [23].

Современные технологии и материалы для ремонта цементного бетонного покрытия рассмотрены в статьях [26-30].

Beliatynskiy A., Krayushkina E., Skrypchenko A., исходя из мирового опыта использования ремонтных смесей, установили, что для ремонта аэродромных покрытий подходят сухие однокомпонентные, быстротвердеющие смеси, которые называются структурными [27].

3. Классификации, материалы искусственных покрытий и основные требования для них

Аэродромные покрытия - конструкции, воспринимающие нагрузки от воздушных судов, эксплуатационных и природных факторов. Существуют грунтовые и искусственные покрытия взлетно-посадочных полос (ВПП).

В качестве искусственных покрытий взлетно-посадочных полос используют:

- 1) бетон;
- 2) железобетон;
- 3) асфальтобетон.

Для ремонта искусственных покрытий ВПП используют:

- 1) пенополиуретановую смолу;
- 2) структурные (однокомпонентные быстротвердеющие смеси);
- 3) пеноматериалы.

Искусственные покрытия классифицируют по нескольким признакам. По характеру сопротивления действию нагрузок от воздушных судов подразделяются на:

- 1) жесткие (бетонные, армобетонные, железобетонные, а также асфальтобетонные покрытия на цементобетонном основании);
- 2) нежесткие (из асфальтобетона; сборных металлических, пластмассовых или резиновых элементов).

По степени капитальности подразделяются на:

- 1) капитальные (с жестким и асфальтобетонным покрытиями);
- 2) облегченные (с нежестким покрытием, кроме покрытия из асфальтобетона).

Основные требования, которым должны отвечать покрытия взлетно-посадочных полос:

- 1) безопасность и регулярность выполнения взлетно-посадочных операций воздушных судов;
- 2) конструкция в целом и ее составные элементы должны быть прочными, надежными и долговечными (обеспечиваются расчетом прочности и выполнением требований к строительным материалам);
- 3) поверхность полосы должна быть ровной и шероховатой.

4. Основные факторы, вызывающие разрушение искусственных покрытий

Основными факторами, вызывающими разрушения покрытий взлетно-посадочных полос, являются воздействия нагрузок при совершении взлетов и посадок воздушными судами, а также природные и климатические воздействия.

В процессе эксплуатации аэродромных покрытий от воздушных судов на них передаются:

- 1) механические воздействия;
- 2) силовые и температурные воздействия газовой струи реактивных двигателей самолетов гражданской и военной авиации.

Природные факторы, воздействующие на покрытия взлетно-посадочных полос:

- 1) суточные и сезонные перепады температур;
- 2) влажность воздуха;
- 3) осадки (их частота, количество и распределение по сезонам);
- 4) степень промерзания грунта;
- 5) ветры (их сила, направление и продолжительность);
- 6) обледенение покрытия (появление слоя льда на поверхности ВПП).

Любое воздействие (кроме ремонта) на взлетно-посадочную полосу влечет за собой ухудшение состояния прежде всего ее покрытия. Сильнее всего на покрытия влияют нагрузки от воздушных судов и очистка полосы от осадков и обледенения.

Механические воздействия воздушных судов на покрытие взлетно-посадочной полосы вызывают вертикальные и горизонтальные напряжения в конструктивных слоях покрытия, что является причиной появления просадок, колеи и сквозных трещин. Особо сильное воздействие оказывают Большие Самолеты Нового поколения. Исследования показывают, что глубина колеи, образующейся при посадке, больше под

воздействием Больших Самолётов Нового поколения, чем под воздействием обычных воздушных судов гражданской авиации [15]. Превышение допустимых значений деформации и напряжения вызывает разрушение полосы. Силовые и температурные воздействия газовой струи реактивных двигателей самолетов вызывает разрушения верхнего слоя покрытия. На искусственные покрытия также оказывают влияние побочные продукты сгорания топлива [19]. Появляются трещины, а коэффициент сцепления между полосой и шиной шасси отклоняется от допустимого.

Особое внимание при эксплуатации ВПП уделяется очистке полосы от осадков, что тоже вызывает разрушение искусственных покрытий взлетно-посадочных полос. Очистка от снега и воды происходит механическим способом. Это вызывает разрушение верхнего слоя искусственного покрытия и влечет за собой появление мелких трещин, так называемого шелушения (разрушения верхнего слоя покрытия на глубину до 10 мм), отколов на стыках (при их наличии) и различных отслоений. Результатом является отклонение коэффициента шершавости искусственного аэродромного покрытия от допустимого значения и преждевременное разрушение верхнего слоя покрытия ВПП.

Одной из главных проблем в современной авиации является борьба с обледенением. Обледенение является причиной слишком малого коэффициента трения между покрытием полосы и шасси. Это может привести к выходу самолета за пределы ВПП при взлете или посадке. Такая ситуация является аварийной. Результатом такой катастрофы является не только разрушение воздушного судна, но и гибель большого количества людей. Эта проблема особенно актуальна в зимний период. На сегодняшний день существуют механический и химический способы борьбы с обледенением. Они также вызывают разрушения верхнего слоя искусственного покрытия ВПП.

Характерными дефектами цементобетонных покрытий являются:

- 1) трещины (усадочные и сквозные);
- 2) шелушение;
- 3) разрушение верхнего слоя покрытия на глубину более 10 мм;
- 4) раковины и выбоины;
- 5) сколы краев и углов плит;
- 6) уступы в швах и трещинах;
- 7) просадки и проломы участков покрытия;
- 8) разрушение заполнителя швов;
- 9) коробление плит (потеря продольной устойчивости);
- 10) оголение арматуры.

Из-за воздействий температуры и эксплуатационной нагрузки, передаваемой от воздушных судов, при нарушении состава смеси бетона, а также при нарушении правил ухода за свежееуложенным бетоном и нарушении правил эксплуатации аэродромного покрытия (неправильная очистка, перегрузки) возникают поверхностные трещины. Они могут постепенно увеличивать длину и глубину, а также разветвляться в разных направлениях.

Сквозные трещины возникают из-за:

- 1) совместного действия эксплуатационной нагрузки и колебаний температуры;
- 2) недостаточной несущей способности покрытия;
- 3) действия сверхрасчетных нагрузок;
- 4) появления усталости бетона при длительной эксплуатации;
- 5) потери контакта между покрытием и основанием;
- 6) просадки и других дефектов основания;
- 7) поздней нарезки шва во время строительства;
- 8) отраженных трещин.

Сквозные трещины являются серьезной проблемой при эксплуатации взлетно-посадочной полосы. Они могут стать причиной снижения несущей способности цементобетонных плит и проникновения воды в основание. Это приводит к разрушению не только покрытия, но и всей конструкции взлетно-посадочной полосы. Такие серьезные разрушения являются причиной закрытия полосы на длительный срок для проведения капитального ремонта.

Также снижение прочности цементобетонных покрытий происходит в результате удаления обледенения с поверхности с помощью горячего воздуха и химических реагентов.

Характерные деформации и разрушения асфальтобетонных покрытий:

- 1) трещины;
- 2) выкрашивание;
- 3) выбоины;
- 4) сдвиги и волны;
- 5) колеи;
- 6) просадки и проломы;
- 7) уступы в швах и трещинах.

Трещины являются наиболее распространенными и опасными видами разрушений искусственных аэродромных покрытий, приводящих к преждевременному износу и разрушению асфальтобетонного покрытия.

В большинстве случаев трещины образуются из-за:

- резкого снижения температуры (асфальтобетон теряет пластичность и, следовательно, устойчивость к разрушениям);
- значительного механического воздействия самолетов при совершении посадки;
- скопления влаги в отдельных местах (приводит к уменьшению прочности асфальтобетона в этих местах);
- неоднородности подстилающих грунтов, лежащих в основании (приводит к просадкам);
- некачественной подготовки бетонного основания;
- усиления бетонного основания асфальтобетоном;
- недостаточной толщины слоя усиления основания;
- нарушения правил при укладке асфальтобетонной смеси (в частности при сопряжении новой смеси с ранее уложенной).

Некачественное выполнение мест стыка плит приводит к образованию трещин, края которых легко разрушаются в результате эксплуатации аэродромного покрытия, что в дальнейшем приводит к образованию выбоин.

Отраженными называют трещины, появляющиеся на поверхности асфальтобетонного покрытия, повторяющие швы, и не заделанные ранее трещины.

Выкрашиванием называется вид деформации, при котором происходит разрушение поверхности асфальтобетонного покрытия. Данный вид разрушения характерен для покрытия из пористого неводоустойчивого асфальтобетона.

Выкрашивание происходит из-за:

- использования некачественных материалов и экономии средств при строительстве;
- недостатка битума в составе смеси;
- расслоения асфальтобетонной смеси;
- нарушения технологии производственных работ (например, недостаточное уплотнение асфальтобетонной смеси);
- укладки асфальтобетонной смеси в дождливую погоду.

Аварийными повреждениями называют повреждения покрытий, которые могут стать причиной катастрофы, а также вызвать крайний дискомфорт у пилотов и пассажиров при взлете или посадке воздушного судна. Аварийные повреждения требуют срочного устранения.

На поверхности аэродромных покрытий не допускаются:

- 1) посторонние предметы или осколки разрушенного покрытия;
- 2) оголение арматуры;
- 3) наплывы мастики высотой более 15 мм;
- 4) выбоины и раковины размерами более 50 мм и глубиной более 25 мм (только для искусственных покрытий), не залитые мастикой;
- 5) уступы в швах смежных плит или кромки трещин высотой более 25 мм (только для искусственных покрытий);
- 6) неровности на покрытии, образующие просвет под трехметровой рейкой более 25 мм (кроме вершины двускатного профиля и дождеприемных лотков);
- 7) алгебраическая разность продольных уклонов соседних плит более 0,02 (только для искусственных покрытий);
- 8) сколы кромок плит шириной более 30 мм и глубиной более 25 мм, не залитые мастикой.

Любые неровности и повреждения взлетно-посадочной полосы могут доставить дискомфорт пилотам и пассажирам при совершении взлета и посадки. Наиболее серьезные становятся причинами авиакатастроф. На сегодняшний день единые нормативы ровности аэродромных покрытий находятся в стадии разработки. Проводится анкетирование пилотов различных авиакомпаний для выявления восприятия неровностей покрытий летным составом [2]. Состояние покрытия ВПП должно постоянно контролироваться с точки зрения риска возникновения авиакатастрофы. Данный контроль для ВПП с искусственными покрытиями производят с помощью измерений напряжений и деформаций, коэффициента сцепления, толщины атмосферных осадков, состояния и качества очистки поверхности и учета состояния и видимости дневных и переносных маркировочных знаков.

Для непрерывного контроля состояния ВПП необходим ежедневный осмотр состояния аэродромного покрытия. Осмотр искусственных покрытий необходимо проводить в зависимости от метеорологических факторов, интенсивности и напряженности работы аэродрома, однако число проверок рекомендуется не менее четырех раз в сутки для искусственных аэродромных покрытий: на рассвете, утром, днем и вечером.

При осмотрах и проверке участков летного поля с искусственными покрытиями обращается внимание на:

- 1) чистоту поверхности, наличие посторонних предметов;
- 2) повреждения поверхности (дефекты);

- 3) видимость маркировочных знаков ВПП;
- 4) состояние и крепление крышек водоприемных устройств;
- 5) заполнение герметиками деформационных швов и трещин;
- 6) колеи и выбоины на летном поле.

5. Способы ремонта

При выявлении любых повреждений покрытия взлетно-посадочной полосы должно производиться их незамедлительное устранение, во избежание появления аварийного повреждения и закрытия полосы на длительный ремонт.

На основании обследования, проводимого перед началом ремонтных работ, устанавливаются виды и очередность работ по ремонту искусственных покрытий аэродромов. Для каждого объекта с учетом применяемого оборудования и материалов разрабатывается проект производства работ или технический регламент. Дефекты и неровности, угрожающие безопасности полетов устраняются немедленно до начала полетов. Ремонт летных полей разделяют на текущий и капитальный.

Текущий ремонт проводится без прекращения эксплуатации взлетно-посадочной полосы. К этому виду ремонта относятся работы по постоянному предохранению аэродромного покрытия от преждевременного износа с помощью устранения небольших повреждений. Объем работ при текущем ремонте не превышает 1% от всей площади аэродромного покрытия. Работы включают:

- замена поврежденных участков покрытия (плит);
- заделка усадочных и сквозных трещин, раковин, выбоин, отколов, шелушений;
- заполнение мастикой деформационных швов;
- ремонт дефектных стыков и оголившейся арматуры в сборных плитах;
- устранение уступов, трещин, колеи, просадок и проломов (у асфальтобетонных покрытий).

В процессе капитального ремонта производится устранение значительных разрушений и деформаций искусственных покрытий аэродромов.

Капитальный ремонт подразумевает исправление значительных разрушений и деформаций искусственных аэродромных покрытий. Чаще всего он требует остановки эксплуатации взлетно-посадочной полосы, поэтому его стараются избежать с помощью текущего ремонта.

Работы при капитальном ремонте включают:

- ремонт жестких покрытий: замена отдельных деформированных плит (частей плит) или участков монолитных покрытий и плит сборных покрытий, в объеме до 10% от общей площади аэродромных покрытий;
- выравнивание просевшего покрытия, в объеме до 10% от общей площади, методом укладки нового слоя покрытия: из асфальтобетона, сборных предварительно напряженных плит, песчаного монолитного цементобетона, приготовленного на специальных растворах;
- устранение поверхностных деформаций покрытия: сколов углов и кромок плит, шелушения, раковин, выбоин плит на участках площадью до 30% от общей площади аэродромных покрытий;
- выравнивание и усиление существующих покрытий с помощью укладки нового слоя асфальтобетона на всей площади покрытия или отдельных его частях. Объем выполняемых работ от 30% до 100% от общей площади асфальтобетонного покрытия аэродрома.

6. Наиболее безопасные и долговечные покрытия

На сегодняшний день все исследования по этой теме направлены на поиск оптимального состава смесей, используемых для аэродромных покрытий, и способов ремонта, позволяющих произвести его в наиболее короткие сроки, перевести капитальный ремонт в текущий и увеличить срок службы аэродромных покрытий.

В стадии разработки находится способ ремонта покрытия взлетно-посадочной полосы с использованием двухкомпонентной пенополиуретановой смолы [26].

Для того, чтобы сводить ремонтные работы и работы по очистке от обледенения к минимуму разрабатывается оптимальный состав бетона для аэродромных покрытий.

В результате исследований технологических, прочностных и эксплуатационных свойств высокопрочных мелкозернистых бетонов была установлена возможность использования модифицированного мелкозернистого бетона для возведения монолитных аэродромных покрытий. Установлен минимальный модуль крупности (M_k более 2,2), при котором выполняются эксплуатационные требования, предъявляемые к материалу покрытий аэродромов. Результатом этого является снижение количества разрушений и ремонтных работ.

Мировой опыт использования ремонтных смесей показал, что для ремонта аэродромных покрытий лучше всего подходят сухие однокомпонентные, быстротвердеющие смеси, которые называются структурными. Они позволяют проводить даже аварийный ремонт без прекращения эксплуатации взлетно-посадочной полосы.

Материалы, используемые в практике эксплуатационного содержания, текущего и капитального ремонта аэродромов, разделяются на 4 категории: антигололедные (противогололедные) реагенты (табл. 1), герметики для заливки швов (табл. 2), материалы для ремонта покрытий (табл. 3), лакокраски (табл. 4) [31].

Таблица 1. Антигололедные (противогололедные) реагенты

| Название материала | Применение |
|--|---|
| Противогололедный реагент НКММ (гранулированный) | Для предупреждения и удаления льдообразований на всех типах искусственных покрытий |
| Противогололедный реагент «АЛЕКСОР-60» (жидкий) | Для предупреждения и удаления льдообразований на всех типах аэродромных покрытий |
| Антигололедный реагент «ДЕФРОСТ СФ» (гранулированный, на основе формиата натрия) | Для предупреждения и удаления льдообразований на всех типах искусственных покрытий кроме цементобетонных с маркой по морозостойкости ниже F200 |
| Антигололедный гранулированный реагент «Дефрост Супер» | Для предупреждения и удаления льдообразований на асфальтобетонных и цементобетонных аэродромных покрытиях. |
| Противогололедный гранулированный реагент «SkyWay SF» | Предупреждение и удаление гололедных образований на всех типах аэродромных покрытий |
| Антигололедный жидкий реагент «PRO-MELTER RS» марок А1, А2, А3 и F | Предупреждение и удаление льдообразований на асфальтобетонных и цементобетонных аэродромных покрытиях. На покрытиях с маркой F200 необходима обработка защитными пропиточными составами |

Таблица 2. Герметики для заливки швов

| Название материала | Применение |
|--|--|
| Герметик битумно-полимерный «БРИТ» марок NORD и Арктик-3 | Для герметизации швов деформационных швов и трещин в цементобетонных и асфальтобетонных покрытиях аэродромов |
| Мастика герметизирующая битумно-эластомерная (МГБЭ) «Неман» марок Ш-75 (БП-Г50), Ш-90 (БП-Г35) | Для применения на искусственных покрытиях аэродромах гражданской авиации |
| Битумная мастика «Roadsaver» марок 34231, 34515, 34522 | Для герметизации швов искусственных покрытий аэродромов |
| Шнур уплотнительный термостойкий | Для уплотнения и формирования камеры деформационных швов в цементобетонных покрытиях аэродромов |
| Герметик битумно-полимерный «Ижора» марок БП-Г25, БП-Г35, БП-Г50 | Для герметизации швов и трещин асфальтобетонных и цементобетонных покрытий аэродромов |
| Праймер «Haftgrund» | Для повышения адгезии герметиков горячего применения на основе битумного вяжущего к асфальтобетону и цементобетону |
| Материал для пропитки покрытий «Surtreat PDC» | Для пропитки цементобетонных покрытий |

Таблица 3. Материалы для ремонта покрытий

| Название материала | Применение |
|--|---|
| Пропиточный материал «Гидрофикс-АЭРО» и «Гидрофикс-АЭРО+» | Для цементобетонных покрытий |
| Ремонтные материалы серии «Startbahn» SB-45F, SB-45FD | Для ремонта поверхностных разрушений и сколов ц/б и сборных ж/б аэродромных покрытий |
| Материалы MasterEmaco T 1400 FR MasterEmaco S 540 FR | Для ремонта сколов в продольных швах не более 10 см, сколов в поперечных швах не более 30 см, выбоин и поверхностных разрушений с размерами в плане не более 30x30 см, при температуре от -10 до +50С |
| Двухкомпонентный холодный ремонтный материал «ХРМ-2» | Для ремонта поверхностных разрушений в цементобетонных монолитных и сборных армобетонных покрытиях аэродромов |
| Ремонтные материалы «ПЛОМБОФЛЕКС-АЭРО» и «ПЛОМБОФЛЕКС-АЭРО ЭКСТРА» | Для оперативного (аварийного) ремонта поверхностных разрушений искусственных покрытий |
| Очиститель универсальный на водной основе «BioSol» марки «AvaSol» (партия 300 т) | Для удаления резиновых наслоений с искусственных покрытий |

Таблица 4. Лакокраски

| Название материала | Применение |
|---|---|
| Краска «AeroLine» и «AeroLine Lux» (белого и желтого цвета) | Для маркировки цементобетонных и асфальтобетонных покрытий аэродромов |

Результаты исследований показали, что применение минеральных добавок привело к значительному улучшению характеристик бетонных смесей аэродромных покрытий. Кроме того, морозостойкость смесей повышается, когда воздухововлекающие агенты включены в дополнение к минеральным добавкам. Минеральные примеси, включая шлак, летучую золу, кварцевый дым и метаксаолин увеличивают прочность бетона и позволяют обходиться без ремонта такого покрытия длительное время [23].

Недавние военные операции выявили необходимость новых возможностей по ремонту аэродромного покрытия с целью сведения к минимуму времени на закрытия военного аэродрома на ремонт, а также исключения последующих разрушений отремонтированных участков. В настоящее время разрабатывается новая технология ремонта, заключающаяся в засыпке пеноматериалов. Результаты лабораторных и полевых испытаний показали, что жесткий полиуретановый пенополиуретан является наилучшим решением для засыпки на поврежденные участки аэродромного покрытия благодаря его способности увеличиваться в объеме в несколько раз. В настоящий момент также разрабатываются расчетные схемы для гибких аэродромных покрытий без или с геосинтетическими подкреплениями. Производятся новые самолеты, способные вместить больше пассажиров, а значит их масса становится больше. С учетом этого разрабатывается оптимальная толщина гибких аэродромных покрытий. Целью таких исследований является устранение разрушений, характерных для гибких аэродромных покрытий.

Использование высокоэффективных технологий и материалов, применение специальных добавок, необходимых для повышения скорости набора и величины прочности бетона при текущем или капитальном ремонте позволяют сократить время закрытия ремонтируемого участка до 6-12 часов в условиях действующего аэродрома и увеличить срок службы покрытия и его безопасность в несколько раз.

7. Заключение

Обеспечение безопасности при взлете и посадке является главной целью каждого существующего аэропорта.

Одной из главных проблем при обеспечении безопасности полетов является предоставление необходимой взлетно-посадочной полосы, покрытие которой отвечает необходимым требованиям ровности и шероховатости. Способы ремонта взлетно-посадочных полос также являются очень важным аспектом при выборе материала аэродромного покрытия.

На сегодняшний день авиация предоставляет наиболее комфортный и быстрый способ транспортировки пассажиров и груза на большие расстояния. Авиационный транспорт также очень активно используется при военных действиях и чрезвычайных ситуациях, так как с помощью него возможно производить поиск и наблюдение на больших территориях, осуществлять срочное сообщение между пунктами. При существующем росте авиаперевозок покрытия взлетно-посадочных полос быстрее изнашиваются и требуют новые технологии, которые смогут обеспечить не только безопасные взлет и посадку, но и быстрый ремонт, при котором закрытие полосы будет производиться на более короткий срок и не будет возникать помех для авиационного сообщения.

Решающей в обеспечении безопасности при взлете и посадке воздушного судна является разработка материала покрытия взлетно-посадочной полосы, который отвечает всем требованиям ровности, твердости, шероховатости поверхности, характеристики которого наименее подвержены изменениям при колебаниях температуры, осадках, который наименее подвержен деформациям и разрушениям при воздействии эксплуатационных нагрузок. А также должны быть разработаны методы текущего ремонта покрытия из данного материала для того, чтобы увеличить срок службы взлетно-посадочной полосы без прекращения ее эксплуатации и обеспечить безопасность, и способы капитального ремонта, которые позволят проводить его в наиболее короткий срок. Именно такое покрытие будет отвечать всем требованиям безопасности и долговечности.

Таким образом, наиболее безопасными и долговечными являются покрытия, которые наименее подвержены разрушениям, с возможным текущим ремонтом и наиболее быстрым капитальным ремонтом. На сегодняшний день проводится очень много исследований по выявлению такого покрытия, однако оптимальный состав аэродромного покрытия находится в стадии разработки.

Литература

- [1]. Филиппов В. П. Обоснование и разработка единых нормативов ровности поверхности аэродромных покрытий // Научный вестник московского государственного технического университета гражданской авиации. 2011. № 173. С. 174-179.
- [2]. Андронов В. Д. Восприятие неровности аэродромных покрытий лётным составом авиакомпаний // Вестник московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2012. № 3. С. 80-84.
- [3]. Филиппов В. П. Опытные и теоретические характеристики спектральной плотности неровностей аэродромного покрытия // Научный вестник московского государственного технического университета гражданской авиации. 2013. № 197. С. 136-139.
- [4]. Филиппов В. П. Нормирование уровня ровности аэродромных покрытий с учетом его комплексного влияния на средний магистральный самолет // Научный вестник московского государственного технического университета гражданской авиации. 2013. № 187. С. 133-139.
- [5]. Kanazawa H., Su K., Noguchi T., Hachiya Y., Nakano M. Evaluation of airport runway pavement based on pilots' subjective judgement. International journal of pavement engineering. 2010. No. 11(3). Pp. 189-195.
- [6]. Горшков Н.И. Анализ и оценка напряженно-деформированного состояния (НДС) элементов покрытия аэродрома для обоснования его реконструкции // Вестник тихоокеанского государственного университета. 2007. № 1. С. 45-56.
- [7]. Богоявленский А. А. Исследование метрологических характеристик измерителей коэффициента сцепления на примере тележки типа атт-2м // Научный вестник московского

References

- [1]. Filippov V. P. Obosnovanie i razrabotka edinykh normativov rovnosti poverkhnosti aerodromnykh pokrytyy [Motivation and the development of common standart of evenness to artificial surfaces covering of runways]. Civil aviation high technologies. 2011. No. 173. Pp. 174-179. (rus)
- [2]. Andronov V. D. Vospriyatie nerovnosti aerodromnykh pokrytyy letnym sostavom aviakompaniy [Perception of roughness of aerodrome pavement pilots of airlines]. Vestnik moskovskogo avtomobilno-dorozhnogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta (MADI). 2012. No. 3. Pp. 80-84. (rus)
- [3]. Filippov V. P. Opytnye i teoreticheskie kharakteristiki spektral'noy plotnosti nerovnostey aerodromnogo pokrytiya [Experienced and theoretical runway roughness spectral density characteristics]. Civil aviation high technologies. 2013. No. 197. Pp. 136-139. (rus)
- [4]. Filippov V. P. Normirovanie urovnya rovnosti aerodromnykh pokrytyy s uchetom ego kompleksnogo vliyaniya na sredniy magistral'nyy samolet [Norming of evenness of runway surfaces taking into account the influence to middle range plane]. Civil aviation high technologies. 2013. No. 187. Pp. 133-139. (rus)
- [5]. Kanazawa H., Su K., Noguchi T., Hachiya Y., Nakano M. Evaluation of airport runway pavement based on pilots' subjective judgement. International journal of pavement engineering. 2010. No. 11(3). Pp. 189-195.
- [6]. Gorshkov N.I. Analiz i otsenka napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya (NDS) elementov pokrytiya aerodroma dlya obosnovaniya ego rekonstruktsii [Testing elasticity of the runway pavement elements as the reason of its restructuring]. Vestnik tikhookeanskogo gosudarstvennogo universiteta. 2007. No. 1. Pp. 45-56. (rus)
- [7]. Bogoyavlenskiy A. A. Issledovanie metrologicheskikh kharakteristik izmeriteley koeffitsienta stsepleniya na primere telezhki tipa att-2m [Research of metrological characteristic of the meter coefficient of friction on the example of the cart type ATT-2M]. Civil aviation high technologies. 2013. No. 187. Pp. 108-117. (rus)

- государственного технического университета гражданской авиации. 2013. № 187. С. 108-117.
- [8]. Овчинников И. Г., Попов А. Н., Масалыкин А. Н. Напряженно-деформированное состояние сборных аэродромных покрытий, усиленных асфальтобетоном в модельном представлении // Интернет-журнал науковедение. 2016. № 1 (32). С. 28.
- [9]. Widyatmoko I., Fergusson C., Wood J. Friction characteristics of airfield asphalt concrete in service. Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Transport. 2015. No. 168(2). Pp. 132-138.
- [10]. Попов А.Н., Шашков И.Г. Методика оценки технического состояния жестких аэродромных покрытий с позиции теории риска // Научный вестник воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2011. № 2. С. 90-101.
- [11]. Андронов В. Д., Подопрigorа В. Г. Методический подход к определению величины риска возникновения авиационного инцидента в зависимости от состояния покрытия взлетно-посадочной полосы // Вестник московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2012. № 2. С. 99-104.
- [12]. Villarreal J., Hossain M. Condition Evaluation of General Aviation Airport Runway Pavements. Airfield and highway pavements 2015: innovative and cost-effective pavements for a sustainable future. 2015. No. 2. Pp. 572-580.
- [13]. Huang W., Shi B., Zhang Y., Huang B., Zhou W. Research on utilization characteristic and management issue of asphalt pavement of airfield runway on highway. Materials, transportation and environmental engineering. 2013. No. 7. Pp. 836-839.
- [14]. Склярв А.Н. Анализ характера силовой нагрузки воздушных судов при совершении взлетно-посадочных операций и его учет при эксплуатации аэродромных покрытий // Современные тенденции развития науки и технологий. 2015. № 2 (8). С. 104-108.
- [15]. Zhang L., Yang S., Wang H., Wan Y. Effects of New Generation Large Aircrafts on Flexible Runway Pavement. Sustainable cities development and environment protection. 2013. No. 9. Pp. 1650-1654.
- [16]. Sushovan D., Padade A.H., Chaudhury N.N., Mandal J.N. Design Charts for Flexible Airfield Pavement Based on Analytical Study. Transportation Research Procedia. 2016. No. 17. Pp. 155-163.
- [17]. "Об утверждении нормативных методических документов, регулирующих функционирование и эксплуатацию аэродромов экспериментальной авиации" приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 30 декабря 2009 г. N 1215 // Энергия промышленного роста. 2009. № 31. С. 3150.
- [18]. Бабченко Н. В., Тагиева Н. К. Повышение качества распределения жидкого реагента на взлетно-посадочной полосе с учетом погодных условий // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2015. №4(43). С. 113-118.
- [19]. Кемер О. В., Самаркин Д. И. Воздействие побочных продуктов сгорания топлива на покрытие взлетно-посадочной полосы // Научный вестник УВАУ ГА(И). 2014. № 6. С. 24-27.
- [20]. Zhao F.-R., Du S.-M., Liu X.-C., An W.-B., Xu X.-L. Damage characteristics of cement concrete pavement [8]. Ovchinnikov I. G., Popov A. N., Masalykin A. N. Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie sbornyykh aerodromnykh pokrytiy, usilennykh asfal'tobetonom v model'nom predstavlenii [Intense deformed state combined airfield coverings strengthened asphalt concrete in model representation]. Scientific open access journal Naukovedenie 2016. No. 1 (32). Pp. 28. (rus)
- [9]. Widyatmoko I., Fergusson C., Wood J. Friction characteristics of airfield asphalt concrete in service. Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Transport. 2015. No. 168(2). Pp. 132-138.
- [10]. Popov A.N., Shashkov I.G. Metodika otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya zhestkikh aerodromnykh pokrytiy s pozitsii teorii riska [A technique of estimation of technical condition of rigid airfield pavements in the context of risk theory]. Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2011. No. 2. Pp. 90-101. (rus)
- [11]. Andronov V. D., Podoprigorа V. G. Metodicheskiy podkhod k opredeleniyu velichiny riska vozniknoveniya aviatsionnogo intsidenta v zavisimosti ot sostoyaniya pokrytiya vzletno-posadochnoy polosy [Risk evaluation of aviation incident according to a condition of a runway pavement]. Vestnik moskovskogo avtomobilno-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2012. No. 2. Pp. 99-104. (rus)
- [12]. Villarreal J., Hossain M. Condition Evaluation of General Aviation Airport Runway Pavements. Airfield and highway pavements 2015: innovative and cost-effective pavements for a sustainable future. 2015. No. 2. Pp. 572-580.
- [13]. Huang W., Shi B., Zhang Y., Huang B., Zhou W. Research on utilization characteristic and management issue of asphalt pavement of airfield runway on highway. Materials, transportation and environmental engineering. 2013. No. 7. Pp. 836-839.
- [14]. Sklyarov A.N. Analiz kharaktera silovoy nagruzki vozdushnykh sudov pri sovershenii vzletno-posadochnykh operatsiy i ego uchet pri ekspluatatsii aerodromnykh pokrytiy [The analysis of character of power loading of aircrafts at commission of runway operations and his account at operation of airfield coverings]. Sovremennyye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologii. 2015. No. 2 (8). Pp. 104-108. (rus)
- [15]. Zhang L., Yang S., Wang H., Wan Y. Effects of New Generation Large Aircrafts on Flexible Runway Pavement. Sustainable cities development and environment protection. 2013. No. 9. Pp. 1650-1654.
- [16]. Sushovan D., Padade A.H., Chaudhury N.N., Mandal J.N. Design Charts for Flexible Airfield Pavement Based on Analytical Study. Transportation Research Procedia. 2016. No. 17. Pp. 155-163.
- [17]. "Ob utverzhdenii normativnykh metodicheskikh dokumentov, reguliruyushchikh funktsionirovanie i ekspluatatsiyu aerodromov eksperimental'noy aviatsii" prikaz Ministerstva promyshlennosti i torgovli RF ot 30 dekabrya 2009 g. N 1215 ["About the approval of the normative methodical documents regulating functioning and operation of airfields of experimental aircraft" order of the Ministry of the industry and trade The Russian Federation of December 30, 2009, N 1215]. Energiya promyshlennogo rosta. 2009. No. 31. Pp. 3150. (rus)
- [18]. Babchenko N. V., Tagieva N. K. Povyshenie kachestva raspredeleniya zhidkogo reagenta na vzletno-posadochnoy polosy s uchetom pogodnykh usloviy [Improving the efficiency of liquid reagent dispenser on runway with regard to weather conditions]. Vestnik moskovskogo avtomobilno-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI). 2015. No.4(43). Pp. 113-118. (rus)
- [19]. Kemer O. V., Samarkin D. I. Vozdeystvie pobochnykh produktov sgoraniya topliva na pokrytie vzletno-posadochnoy

- for airfield resulted from different de-icing techniques. Jiaotong Yunshu Gongcheng Xuebao/Journal of Traffic and Transportation Engineering. 2015. No. 15(4). Pp. 18-25.
- [21]. Красиникова Н.М., Морозов И.М., Хохряков О.В., Хозин В.Г. Оптимизация состава цементного бетона для аэродромных покрытий // Известия казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2014. № 2. С. 166-172.
- [22]. Якупов М.И., Морозов Н.М., Боровских И.В., Хозин В.Г. Модифицированный мелкозернистый бетон для возведения монолитных покрытий взлетно-посадочных полос аэродромов // Известия казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2013. № 4 (26). С. 257-261.
- [23]. Ziari H.A., Hayati P.A., Sobhani J.B. Air-Entrained Air Field Self-Consolidating Concrete Pavements: Strength and Durability. International Journal of Civil Engineering. 2017. No. 15(1). Pp. 21-33.
- [24]. Bull J.W., Woodford C.H. Design of precast concrete pavement units for rapid maintenance of runways. Computers and Structures. 2011. No. 64(4). Pp. 857-864.
- [25]. Woodman G.R., Robinson N.D. Concrete block surfacing for airfield pavements. Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Transport. 2013. No. 117(3). Pp. 168-176.
- [26]. Раевский В. В. Реконструкция и ремонт взлетно-посадочных полос (ВПП) и рулежных дорожек с применением двухкомпонентной пенополиуретановой смолы. Перевод капитального ремонта ВПП в текущий ремонт // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 11 (26). С. 18-32.
- [27]. Bieliatynskiy A., Krayushkina E., Skrypchenko A. Modern Technologies and Materials for Cement Concrete Pavement's Repair. Procedia Engineering. 2016. No. 134. Pp. 344-347.
- [28]. Priddy L.P., Mejías-Santiago M., Tingle J.S. Development of foam backfill repair techniques for airfield pavement repairs. Transportation Research Record. 2016. No. 2569. Pp. 53-61.
- [29]. Bejarano M.O., Kahle S., McGrew W., Aussieker B., Hough J. Case History: Concrete Pavement Reconstruction of the Intersection of Runway 18L-36R and 8-26 at Tulsa Int'l Airport. Airfield and highway pavements 2015: innovative and cost-effective pavements for a sustainable future. 2015. No. 13(4). Pp. 351-362.
- [30]. Giussani F., Mola F. Durable concrete pavements: The reconstruction of runway head 36R of Milano Linate International Airport. Construction and building materials. 2012. No. 34. Pp. 352-361.
- [31]. Федеральное агентство воздушного транспорта. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.favt.ru> (Дата обращения: 20.02.2018).
- polosy [Influence of combustion fuel products on runway]. Nauchnyy vestnik UVAU GA(I). 2014. No. 6. Pp. 24-27. (rus)
- [20]. Zhao F.-R., Du S.-M., Liu X.-C., An W.-B., Xu X.-L. Damage characteristics of cement concrete pavement for airfield resulted from different de-icing techniques. Jiaotong Yunshu Gongcheng Xuebao/Journal of Traffic and Transportation Engineering. 2015. No. 15(4). Pp. 18-25.
- [21]. Krasinikova N.M., Morozov I.M., Khokhryakov O.V., Khozin V.G. Optimizatsiya sostava tsementnogo betona dlya aerodromnykh pokrytiy [Optimization of composition of cement concrete for airfield coverings]. News of the KSUAE. 2014. No. 2. Pp. 166-172. (rus)
- [22]. Yakupov M.I., Morozov N.M., Borovskikh I.V., Khozin V.G. Modifitsirovanny melkozernisty beton dlya vozvedeniya monolitnykh pokrytiy vzletno-posadochnykh polos aerodromov [Modified fine-grained concrete for the construction of monolithic coverings runways]. News of the KSUAE. 2013. No. 4 (26). Pp. 257-261. (rus)
- [23]. Ziari H.A., Hayati P.A., Sobhani J.B. Air-Entrained Air Field Self-Consolidating Concrete Pavements: Strength and Durability. International Journal of Civil Engineering. 2017. No. 15(1). Pp. 21-33.
- [24]. Bull J.W., Woodford C.H. Design of precast concrete pavement units for rapid maintenance of runways. Computers and Structures. 2011. No. 64(4). Pp. 857-864.
- [25]. Woodman G.R., Robinson N.D. Concrete block surfacing for airfield pavements. Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Transport. 2013. No. 117(3). Pp. 168-176.
- [26]. Raevskiy V. V. Rekonstruktsiya i remont vzletno-posadochnykh polos (VPP) i rulezhnykh dorozhek s primeneniem dvukhkomponentnoy penopoliiuretanovoy smoly. Perevod kapital'nogo remonta VPP v tekushchiy remont [Runways and taxiways repairing and reconstruction with the usage of two components penopolyurethane resin. Transfer of overall runway repair into current repair]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2014. No. 11 (26). Pp. 18-32. (rus)
- [27]. Bieliatynskiy A., Krayushkina E., Skrypchenko A. Modern Technologies and Materials for Cement Concrete Pavement's Repair. Procedia Engineering. 2016. No. 134. Pp. 344-347.
- [28]. Priddy L.P., Mejías-Santiago M., Tingle J.S. Development of foam backfill repair techniques for airfield pavement repairs. Transportation Research Record. 2016. No. 2569. Pp. 53-61.
- [29]. Bejarano M.O., Kahle S., McGrew W., Aussieker B., Hough J. Case History: Concrete Pavement Reconstruction of the Intersection of Runway 18L-36R and 8-26 at Tulsa Int'l Airport. Airfield and highway pavements 2015: innovative and cost-effective pavements for a sustainable future. 2015. No. 13(4). Pp. 351-362.
- [30]. Giussani F., Mola F. Durable concrete pavements: The reconstruction of runway head 36R of Milano Linate International Airport. Construction and building materials. 2012. No. 34. Pp. 352-361.
- [31]. Federal'noe agentstvo vozdušnogo transporta. [Federal Air Transport Agency]. Available at: <http://www.favt.ru> (Accessed 20 February 2018). (rus)

Каримова, А.А., Парамонова, М.И. Разрушения и ремонт искусственных покрытий взлетно-посадочных полос // Alfabuild. 2019. № 2(9). С. 17-28.

Karimova, A.A., Paramonova, M.I. Rupture and repair of artificial runway pavements. Alfabuild. 2019. 2(9). Pp. 17-28. (rus)

Rupture and repair of artificial runway pavements

A.A. Karimova¹, M.I. Paramonova²

¹⁻² Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

Article info

review article

Abstract

Plane is one of the most widespread kinds of transport nowadays. Planes are essential part of our life. Safety during the flight is very important. It is known that takeoff and landfall are the most dangerous moments of the flight. That is why it is important to make provision of the reliability at these points in time. A special airfield runway is necessary to make takeoff landfall operations possible. There are many different runway pavements nowadays and it is necessary to define the safest one. The main factors in choosing materials for aerodrome pavement are stability, safety during operations, coefficient of shagginess and smoothness. Quickness and robustness are very important factors while making a selection of methods of repair airfield runway. It has been discovered that all irregularities embarrass air staff during their work. It has been made with the help of questioning of pilots. The aerodrome pavement condition is constantly controlled with the help of different methods and tools. By so doing, it is possible to define operational endurance and necessity of repair. Previous studies have indicated immunities to usual workloads of different aerodrome pavements, behavioral ruptures and methods of repair of such materials. The results of the study show that pavements that are less subject to any changes are the safest. Based on the findings it has been discovered that definitive material for aerodrome pavements is in developmental stage now. That is why this problem is one of the most important capital problems under discussion in modern aviation. All researches are directed to determination of the material that would be steady to surface scaling and breaking down. Finding of such material will help to escape 10% of all flight accidents and save a lot of people's lives. Because of it, this problem is the subject of wide speculation.

Keywords:

Construction; civil engineering; airfield runway; runway pavements; repair airfield runway; pavement condition; surface scaling.

¹ Corresponding author

1. +79818451870, alinakari19@gmail.com (Karimova Alina, undergraduate)

2. +79818378209, MaryRG@mail.ru (Paramonova Marina, undergraduate)