



Реконструкция и ремонт взлетно-посадочных полос (ВПП) и рулежных дорожек с применением двухкомпонентной пенополиуретановой смолы. Перевод капитального ремонта ВПП в текущий ремонт

В.В. Раевский¹

ООО «Ю-Тек», 443099, Россия, Самара, ул. Степана Разина, 80-5.

Информация о статье	История	Ключевые слова
УДК 69.059.323 Научная статья	Подана в редакцию 15 июля 2014 Принята 4 ноября 2014	Ремонт ВПП, ремонт рулежных дорожек, ремонт бетонных покрытий, инъектирование, пенополиуретановая смола, подъем бетонной плиты

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен вариант применения пенополиуретановой смолы для выполнения текущего и капитального ремонта взлетно-посадочных полос и рулежных дорожек аэродромов. Представлена методика выполнения работ при инъектировании двухкомпонентной пенополиуретановой смолы с целью восстановления работоспособности искусственного покрытия взлетно-посадочных полос и рулежных дорожек. Рассмотрена физическая сущность процесса, протекающего при инъектировании пенополиуретановой смолы под существующие бетонные покрытия. Ключевые слова: Ремонт ВПП и рулежных дорожек, ремонт бетонных покрытий, инъектирование, пенополиуретановая смола, подъем бетонной плиты.

Содержание

Введение	19
Методика	21
Применяемые материалы	24
Физика процесса	24
История применения методики	25
Применение методики при проектированию работ по капитальному ремонту ВПП и рулежных дорожек	25
Дополнительное применение методики в условиях ремонта аэродромов и аэропортов	28

¹

Контактный автор:
+7 (921) 642 8348, raevski@inbox.ru (Раевский Владислав Владимирович, директор)

Введение

В рамках подпрограммы Гражданской авиации ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010-2020 годы)» требуется провести капитальный ремонт большого количества, как действующих аэропортов, так и аэропортов и аэродромов временно выведенных из эксплуатации.

Программе реконструкции должны быть подвержены все аэропорты, принимающие воздушные суда от 3 до 7 классов. Данная программа финансируется из федерального бюджета и в настоящее время в проектной проработке находятся порядка 15-18 аэропортов федерального подчинения. Работы по реконструкции аэропортов и аэродромов включают в себя работы по капитальному ремонту взлетно-посадочных полос (далее ВПП) и рулежных дорожек, с целью повышения качества покрытия, устранения неровностей покрытий и усиления грунтовых оснований для принятия самолетов более высокого класса.

Работы по реконструкции и ремонту аэропортов выполняются на основании Приказа Министерства промышленности и торговли РФ от 30 декабря 2009 г. N 1215 "Об утверждении нормативных методических документов, регулирующих функционирование и эксплуатацию аэродромов экспериментальной авиации", в котором в частности прописаны основные критические моменты для принятия решений о проведении текущего или капитального ремонта ВПП и рулежных дорожек.

В главе 6 вышеуказанного документа «Эксплуатационное содержание и ремонт аэродромов» указаны предельные отклонения неровностей покрытий ВПП, при которых необходимо выполнять капитальный ремонт со снятием бетонного покрытия и затем восстановлением подушки основания с трамбованием и укладкой нового бетонного покрытия с использованием бетонных плит типа ПАГ-14 или ПАГ-18. Также выполняется ремонт с применением асфальтобетонной смеси, с вырубкой существующего дефектного участка на определенной площади и полным восстановлением ремонтного участка с заполнением новой асфальтно-бетонной смесью на всю высоту ремонтируемого участка.



Рисунок 1. Ремонт участка ВПП Алматинского аэропорта

При выполнении капитального ремонта ВПП и рулежных дорожек обязательно остановка выполнения полетов на период проведения капитального ремонта.

Так работы по усилению ВПП в аэропорту Ростова полностью парализуют функционирование авиагазавани с 8 по 23 сентября 2014г, а с 24 сентября до 23 октября 2014 г. воздушные ворота будут закрыты ежедневно с 8:30 до 18:30, то есть полеты смогут выполняться только вечером и ночью.

К аварийным относятся повреждения покрытия, опасные для полетов воздушных судов и требующие немедленного устранения, так как могут привести к летным происшествиям.

На поверхности аэродромных покрытий не допускаются:

- выбоины и раковины с размерами в плане более 50 мм и глубиной более 30 мм (для ИВПП - 25 мм), не залитые мастикой;
- уступы в швах смежных плит или кромки трещин высотой более 30 мм (для ИВПП - 25 мм)
- неровности на ИВПП, образующие просвет под трехметровой рейкой более 25 мм (кроме вершины двускатного профиля и дождеприемных лотков);
- алгебраическая разность продольных уклонов соседних плит более 0,033 (для ИВПП - 0,02);
- сколы кромок плит шириной более 30 мм и глубиной более 25 мм, не залитые мастикой и пр.

Согласно существующим технологиям ремонта ВПП и рулежных дорожек необходимо выполнить вырубку бетонного покрытия и заменить аварийный участок покрытия. В отдельных случаях, при наличии неровностей на стыках бетонных плит в виде уступов высотой 25 мм и более возможно выполнение фрезерования покрытия для достижения нулевых показателей перепадов плит.



Рисунок 2. Ремонт ВПП аэропорт «Курумоч», Самара

Вышеперечисленные работы требуют остановку эксплуатации аэродрома, что влечет потерю выручки эксплуатирующих организаций. Так, например, при остановке аэропорта г. Ростов с учетом роста пассажиропотока на 25% в 2014 г. прекратится выполнение полетов основных «якорных» авиакомпаний («Аэрофлот» остановил продажу билетов на указанные даты) и дополнительно аэропорт потерял до 25% от общего количества иностранных рейсов. Без учета стоимости выполнения капитального ремонта аэропорт недополучит 33% выручки.

К основным работам, требующим максимального количества времени, относятся работы по устранению уступов бетонных плит, просадок и перекосов бетонных плит, как связанных с превышением максимально допустимого взлетного веса принимаемых воздушных судов, так и природными и техногенными факторами, такими как пучение грунта под плитами, потеря несущей способности грунта по причине недостаточной изначальной прочности (например, при использовании щебеночного основания с наличием известкового щебня, изменения уровня грунтовых вод и прочее.



Рисунок 3. Состояние ВПП аэропорта с. Кослан, Коми, Муниципальный район «Удорский»

Согласно предлагаемой технологии работы по устранению просадок бетонных плит, выравниванию уступов и устранению перекосов бетонных плит можно выполнить без остановки эксплуатации аэродрома и без закрытия взлетно-посадочных полос.

Методика

Устранение вышеуказанных дефектов ВПП возможно с применением пенополиуретановой двухкомпонентной смолы, вводимой в грунт под основание ВПП (см. рисунки 4-7). Работы по выравниванию плит ВПП можно выполнять как под определенной стороной плиты, так и под всей плоскостью плиты. Работы могут выполняться в ночное время, что в условиях эксплуатации аэродромов в Российской Федерации фактически означает – во время остановки всех полетов.



Рисунок 4. Схема подъема плиты без нагрузки



Рисунок 5. Подъем плиты при аварийном провале стойки шасси

Для выполнения ремонта ВПП методом подъема бетонных плит требуется технологический перерыв от 1 до 2 часов, что не влияет на количество рейсов, принятых и обслуженных аэропортом. (Исключение составляют ХАБы Московского авиаузла, Пулково, Самара, Екатеринбург, Новосибирск, Красноярск, в которых рейсы выполняются круглосуточно с небольшими интервалами). Выполнение ремонтов с применением методики инъектирования двухкомпонентной полиуретановой смолы не влияет на выручку аэропортов и не ведет к отмене большого количества рейсов.



Рисунок 6. Процесс восстановления уровня бетонных плит в ночное время (светлые пятна на бетонных плитах – заделанные места инъектирования)



Рисунок 7. Устранение мест прогиба бетонных плит, в которых образовывались лужи и лед при отрицательных температурах. Работы выполняются на месте стоянки и не влияют на работу аэропорта

Перед выполнением ремонта ВПП выполняется исследование несущей способности грунтов непосредственно под плитой. Бурятся отверстия в плите аэродромного покрытия и выполняются исследования плотности грунта с помощью пенетromетра. Работы по исследованию несущей способности грунта могут выполняться как в соответствии с действующими СНиП по четырем углам плиты (но без лабораторного исследования), так и по отдельной карте в случае наличия просадок бетонной плиты в пределах ее площади (рисунок 8).

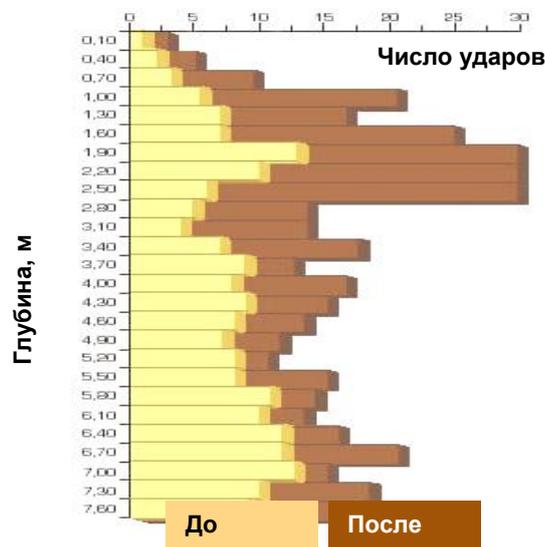


Рисунок 8. Показания пенетromетра до и после проведения инъекции

На основе исследований несущей способности грунтов, проведенных с помощью пенетromетра, строится схема несущей способности грунтов под всей поверхностью дефектного участка ВПП. Для построения схемы несущей способности грунтов используется не только собственная схема, но также и результаты геологических исследований, выполненных при строительстве ВПП и являющихся неотъемлемой частью проекта аэропорта и аэродрома. Получить проектные геологические исследования до выполнения ремонта не представляется затруднительным, так как указанные документы имеются не только в архиве проектного института, но и в архивах самого аэропорта.

Далее выполняется бурение поверхности бетонной ВПП ручным электрическим инструментом буром диаметром 28-60 мм на глубины залегания слоев грунта с минимальной несущей способностью. Работы по инъектированию двухкомпонентной пенополиуретановой смолы выполняются в 3-5 уровнях по принципу пространственной матрицы (инъектирование по углам куба и инъектирование в точку пересечения внутренних диагоналей куба) через вставленные стальные трубы с внутренним диаметром 8-12 мм.

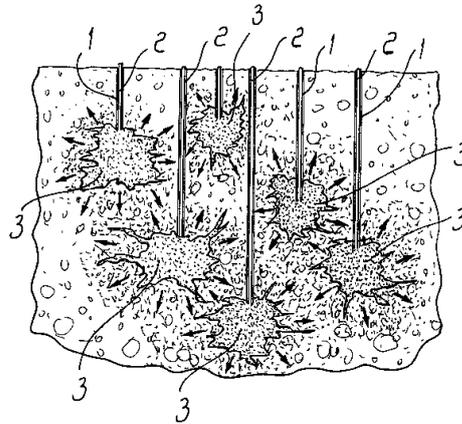


Рисунок 9. Инъектирование материала по матричной схеме

Направление инъектирования может быть как нисходящим, так и восходящим, так и двусторонним. Направление инъектирования определяется геологической структурой грунта и наличием грунтовых вод и определяется на месте после проведения исследований с помощью пенетromетра.

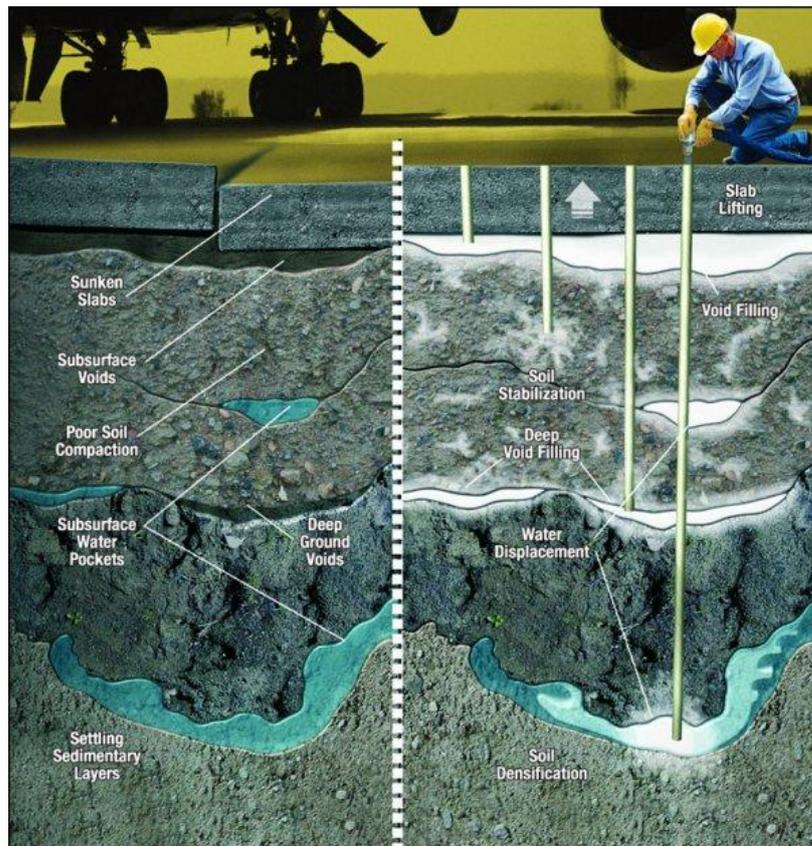


Рисунок 10. Схема инъектирования под плиты ВПП

Инъектирование смолы выполняется дозированно с выдержкой по времени и контролем фактического подъема и/или выравнивания бетонной плиты. Работы по инъектированию смолы могут быть окончены как по достижении минимально требуемых величин, необходимых для безаварийной

эксплуатации поверхности ВПП и рулежных дорожек, так и по достижению минимального отклонения показателей неровностей с точностью до 1 мм от проектных значений.

После выполнения работ по инъектированию смолы стальные трубы обрезаются вровень с поверхностью бетонной плиты и пломбируются цементным составом.

После окончания работ по инъектированию смолы к полетам можно приступать через 15 минут после проведения последней инъекции.

Применяемые материалы

Применяемая двухкомпонентная полиуретановая смола является ноу-хау компаний производителей. Рецепт смолы практически не разглашается и обязательство по неразглашению применяемой рецептуры и типа используемого оборудования является неотъемлемой частью договоров по выполнению ремонтов.

В основе двухкомпонентной полиуретановой смолы имеются материалы, разработанные в Японии в 50-х годах и затем выкупленные компанией 3М. 3М выпускало смолы типа 5600 и 5610 (гидрофобная и гидрофильная резины). В 80-е годы на основе этих смол были разработаны двухкомпонентные полиуретановые смолы, не требующие применение воды.

Вспенивание состава происходит за счет химической реакции с выделением CO_2 . Наличие воды в грунте в количестве $\geq 4\%$ от объема увеличивает скорость вспенивания и объем полученного вспененного материала, но, за счет наличия двух компонентов, фактически не влияет на контролируемость процесса вспенивания двухкомпонентной смолы.

Двухкомпонентная полиуретановая смола за счет своих химических свойств и дозированной подачи позволяет контролировать подъем уровня поверхности с точностью до 1 мм.

Применяемые материалы резистентны к наличию продуктов нефтепереработки в грунте, что позволяет их использовать в условиях эксплуатации аэродромов и аэропортов. Применяемая полиуретановая смола также нейтральна к воде и имеет экологический сертификат, подтверждающий возможность ее применения при наличии грунтовых вод.

Физика процесса

При инъектировании двухкомпонентной полиуретановой смолы происходит первоначально заполнение трещин и пустот в массиве грунта. После инъектирования в течение 10 минут происходит вспенивание смолы внутри массива. Начало реакции происходит через 2-7 секунд.

Происходит уплотнение скелета грунта с выдавливанием поровой воды и газов. Выдавливание поровой воды влияет на процесс пучения грунта и позволяет практически исключить этот процесс. Уплотнение скелета грунта ведет к повышению его несущей способности. Достижение минимально требуемого уплотнения скелета грунта и, соответственно, его несущей способности контролируется по началу подъема плиты ВПП.

Происходит выдавливание грунтовой воды из линз, а также выполняется гидроизоляция инъектированного массива грунта. Возможно выполнение пенополиуретановой стены в грунте, полностью исключая поступление грунтовой воды под основание ВПП и рулежных дорожек. При необходимости возможно выполнение бассейна для грунтовых вод под поверхностью ВПП. Стенки и днище грунтового бассейна могут быть также выполнены из инъектированной смолы. Создание грунтового бассейна замедляет процесс понижения уровня грунтовых вод под поверхностью ВПП.

Плотность инъектированного материала меньше плотности возможной бетонной инъекции и меньше плотности самого грунта. По этой причине не происходит дополнительной осадки основания за счет инъектированного материала, что обычно происходит при подливке или инъектировании материалов на основе цемента или при применении буронабивных свай (не применяемых при ремонте ВПП). В отличие от уплотнения грунта под основанием ВПП методом силикатизации, требующих выполнение повторных работ через 5-7 лет, метод повышения несущей способности грунта инъектированием двухкомпонентной пенополиуретановой смолы имеет подтвержденный срок жизни 30 лет. Расчетное время до потери физических свойств инъектированной смолы по данным 80-х годов составляет 75 лет, а по расчетам, выполненных в 2004 г., с учетом новых материалов – 100 лет.

В зависимости от количества инъецированного материала подъемная сила смолы в процессе вспенивания может достигать 10 МПа (подтверждено при испытаниях в лаборатории университета Падуи), что более чем достаточно для выравнивания плит ВПП и рулежных дорожек аэропортов.



Рисунок 11. Результат применения методики URETEK DPI при ремонте дорожного покрытия

История применения методики

Данная методика инъецирования двухкомпонентной полиуретановой смолы в процессе ремонта ВПП и рулежных дорожек аэропортов и аэродромов активно используется в Европе, США и Австралии.

С применением данной методики были выполнены ремонты в аэропортах им. Шарля Де Голя, Париж, Франция, Хитроу, Лондон, Великобритания, Международный аэропорт Далласа, Даллас США, Сан Хосе, США, Международный аэропорт Сидней, Австралия, Гимпо, Сеул, Южная Корея, несколько военных авиационных баз в США и Канаде. Что доказывает применимость этой методики в различных климатических условиях и при различных типах грунтов в основании ВПП.

История применения двухкомпонентной смолы для повышения несущей способности грунтов и выравнивания бетонных поверхностей насчитывает более 30 лет и применяется в 70 странах. Патент на применение двухкомпонентной полиуретановой смолы для выравнивания бетонных оснований принадлежит компании URETEK Worldwide (URETEK Srl) № EP 1314824 A1 (рисунки 11-16).

Применение методики при проектировании работ по капитальному ремонту ВПП и рулежных дорожек

Согласно существующим нормам и правилам проектирования фундаментов и оснований возможно выполнение укрепления массива грунта с применением химических материалов. Метод указан как смолизация грунтов с применением полиуретановых смол.

Теоретической основы для выполнения проектного расчета количества инъецированной смолы в российских документах не существует. Отсутствие теоретического расчета связано с различными коэффициентами расширения пенополиуретановых смол. Так, например, коэффициент расширения смол компании 3М достигает 20-22, а коэффициент расширения смолы URETEK достигает 40-42. Также различно взаимодействие смол со свободной водой (при устранении линз и потоков). Часть смол вспенивается хлопьями и образует аналог заполнения линз отдельными элементами, в то время как смола URETEK образует однородную структуру, полностью вытесняющую воду.



Рисунок 12. Инъектирование материала Uretek в воду



Рисунок 13. Гомогенная структура материала Uretek после окончания процесса вспенивания



Рисунок 14. Образование гелеобразной массы при вспенивании прочего пенополиуретана в воде



Рисунок 15. Прочий материал продолжает вспениваться при взаимодействии с водой. Гомогенная структура не образуется. При нажатии через поверхность пены проходит вода.



Рисунок 16. Прочий пенополиуретан структурно нестабилен и обладает гидрофобными свойствами.

Первоначальный расчет количества смолы производится по методам, аналогичным методам расчета расхода смеси при выполнении цементации или сикатизации грунтов. Данный расчет очень приблизительный, так как не учитывает коэффициент расширения смолы и дает завышенный на порядок расход материала.

Вторичный расчет выполняется по выталкивающей силе введенной смолы и величине необходимого подъема бетонного основания с учетом теории упругой деформации грунта и сферического распространения сил.

Отсутствие единой методики проектного расчета химического уплотнения грунта допускается действующими стандартами.

Несмотря на отсутствие методики расчета, предлагаемый метод является наиболее предпочтительным.

При стандартном уплотнении грунтов цементацией, силикатизацией, смолизацией и прочих методах происходит проектный расчет, и строительная организация выполняет инъектирование материалов непосредственно по проекту. При этом возможны условия, когда при контроле качества уплотнения грунта после окончания работ выясняется необходимость повторного пересчета проекта и повторного выполнения работ. Кроме того, контроль качества уплотнения выполняется ограниченным количеством шурфов и не может гарантировать качества выполнения работ по всей укрепляемой площади.

При использовании предлагаемого метода URETEK контроль качества выполняемых работ производится непосредственно в процессе выполнения уплотнения. Момент достижения грунтом необходимой несущей способности фиксируется по моменту начала вертикального перемещения бетонного основания (рисунок 17).



Рисунок 17. Контроль начала подъема поверхности

Существующие методы уплотнения грунтов не только не решают проблему с осадками бетонных оснований, но и при определенных условиях (введение большого объема материала на основе цемента) могут дополнительно спровоцировать дальнейшее оседание плит поверхности ВПП. К таким же последствиям может привести нанесение нового асфальто-битумного и/или цементного покрытия.

Метод уплотнения грунта с применением двухкомпонентной пенополиуретановой смолы позволяет не только уплотнить грунт, но и перевести капитальный ремонт ВПП в текущий ремонт, что существенно упрощает проект и сокращает время на производство работ.

Дополнительное применение методики в условиях ремонта аэродромов и аэропортов

Одной из проблем, связанных с реконструкцией аэропортов, является подготовка привокзальных перронов для обеспечения погрузки-выгрузки пассажиров с применением телескопических трапов. Привокзальные перроны не рассчитаны на повышенные статические нагрузки от современных самолетов. Соответственно, при реконструкции аэропортов необходимо выполнить демонтаж бетонных плит на привокзальных перронах. Этим работ можно избежать, если провести уплотнение грунта под перронным основанием с применением методики URETEK. Уплотнение грунта выполняется с предварительным статическим нагружением плиты. Контроль качества уплотнения грунта также контролируется по моменту начала вертикального перемещения плиты.

Метод инъектирования смолы может быть использован для экстренного ремонта мест стоянок самолетов в случаях провала бетонного покрытия под одной из стоек шасси. Выталкивающей силы смолы достаточно для выравнивания бетонного покрытия с учетом добавочного веса самолета на стоянке. Перемещение самолета с ремонтируемого участка не требуется.

Пенополиуретановая смола может быть использована для подготовки ВПП для проведения капитального ремонта, что сокращает время на период выполнения уплотнения грунта под новым основанием. Пена вводится в грунт под старое основание ВПП до достижения необходимой несущей способности. Затем дефектная плита демонтируется и монтируется новая плита с выполнением минимального объема работ, вязанных исключительно с выравниванием площадки для укладки новой плиты.

При повышении класса аэропорта для приема более тяжелых типов воздушных судов при нормальном состоянии ВПП возможно уплотнение грунта под существующей ВПП для достижения новых требований по несущей способности грунтов. Работы по расширению и удлинению ВПП могут выполняться параллельно, что существенно сокращает время работ по повышению класса аэропорта.

Литература

- [1]. ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010-2020 годы)».
- [2]. Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 30 декабря 2009 г. N 1215 "Об утверждении нормативных методических документов, регулирующих функционирование и эксплуатацию аэродромов экспериментальной авиации".
- [3]. Пресс-центр «Аэропорт Ростов» [электронный ресурс] URL: <http://www.aeroport-rostov.ru/press/news/> (дата обращения: 10.10.2014)
- [4]. Укрепление грунтов инъекционными методами в строительстве. СТО СРО-С 60542960 00025-2013, СРО НП «СОЮЗАТОМСТРОЙ».
- [5]. Analytical modeling of the soil improvement by injections of high expansion pressure resin, A. Dei Svaldi, M. Favaretti, A. Pasquetto, G. Vinco, Bull. angew. (2005) Geol. Vol. 10/2. S. 71-81.
- [6]. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83.
- [7]. The application of polyurethane grout in roadway settlements issues, Liang Yu, Martech, Edmonton, Alberta, Canada, Rocky Wang, Roger Skirrow Engineering Service Division, Alberta Transportation, Edmonton, Canada (2013) **страницы**.
- [8]. Изменение физических свойств грунтового массива при высоконапорной инъекции. О.В. Герасимов, С.М. Простов, В.А. Хмяляйнен, семинар № 3 симпозиума «Неделя горняка-2007». **(данные сборника, в котором опубликован материал)**
- [9]. Irreversible Changes in the Grouting Industry Caused by Polyurethane Grouting: An overview of 30 years of polyurethane grouting Alex Naudts, Deep Foundations Institute/ Geo-Institute of the A.S.C.E., New Orleans, (2003) February 10 -12. **(страницы)**
- [10]. An experimental investigation into the performance of polyurethane grouting in soil P.Hellmeier, E.Soranzo & W.Wu Institut für Geotechnik – Universität für Bodenkultur, Vienna, Austria, R.Niederbrucker Austrian Research Center, Seibersdorf, Austria, A.Pasquetto, Uretek Srl, Bosco Chiesanuova, Italy. **страницы**
- [11]. Пособие Современные методы ремонта аэродромных покрытий. Учебное пособие. Мади (Технический университет) Т.П. Лещицкая, В.А. Попов, Москва 1999. **страницы**
- [12]. Кульчицкий В.А. и др. Аэродромные покрытия. Современный взгляд М.: Физико-математическая литература, 2002. – 528 с.
- [13]. Assessment of the Uretek Process on Continuously Reinforced Concrete Pavement, Jointed Concrete Pavement, and Bridge Approach Slabs/ Technical Assistance Report Number 03-2TA by Kevin Gaspard, P.E. and Mark Morvant, P.E. Louisiana Transportation Research Center. December 2004 **страницы**
- [14]. Analytical Modelling of the Soil Improvement by Injections of High Expansion Pressure Resin A. Dei Svaldi, M. Favaretti, A. Pasquetto, G. Vinco, Bull. angew. Geol. Vol. 10/2 Dezember 2005 **страницы**
- [15]. Soil improvement by combining methods. J.K.Mitchel, J.P.Welsh, Twelfth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Rio De Janeiro, 13-18 August 1989 **страницы**
- [16]. ГОСТ 25912.0-91. Плиты железобетонные предварительно напряженные ПАГ для аэродромных покрытий.
- [17]. Горещкий Л.И., Могилевский Д.А. Эксплуатация аэродромов. М.: Транспорт, 1975.-304 с.
- [18]. Дашевский Э.М., Парфёнов А.П. Ремонт искусственных аэродромных покрытий. М.: Транспорт, 1975.-232/

Runways and taxiways repairing and reconstruction with the usage of two components penopolyurethane resin. Transfer of overall runway repair into current repair

V.V. Raevskiy¹

U-tek Ltd., 80-5 Stepan Razin st., Samara, 443099, Russia

ARTICLE INFO

Technical paper

Article history

Received 15 July 2014
Accepted 4 November 2014

Keywords

Repair of runways and taxiways,
concrete covering repair,
injection,
penopolyurethane resin,
concrete slab lifting

ABSTRACT

The possibility of usage of penopolyurethane resin for performing current and overhaul repair works of runways and taxiways of airports is described. The method of work during injection of two components penopolyurethane resin in order to recover workability of artificial runways and taxiways coverings is presented in this article. The physical process occurred during injection of penopolyurethane resin under existing concrete coverings are described.

¹

Corresponding author:
+7 (921) 642 8348, raevski@inbox.ru (Vladislav Vladimirovich Raevskiy, Director)

References

- [1]. FTsP «Razvitiye transportnoy sistemy Rossii (2010-2020 gody)»
- [2]. *Prikaz Ministerstva promyshlennosti i torgovli RF ot 30 dekabrya 2009 g. N 1215 "Ob utverzhdenii normativnykh metodicheskikh dokumentov, reguliruyushchikh funktsionirovaniye i ekspluatatsiyu aerodromov eksperimentalnoy aviatsii"*
- [3]. *Press-tsentr «Aeroport Rostov» <http://www.aeroport-rostov.ru/press/news/>*
- [4]. *UKREPLENIE GRUNTOV INEKTsIONNYMI METODAMI V STROITELSTVE. STO SRO-S 60542960 00025-2013, SRO NP «SOYuZATOMSTROY»*
- [5]. *Analytical Modelling of the Soil Improvement by Injections of High Expansion Pressure Resin, A. Dei Svaldi, M. Favaretti, A. Paschetto, G. Vinco, Bull. angew. Geol. Vol. 10/2 Dezember 2005 S. 71-81*
- [6]. *SP 22.13330.2011 OSNOVANIYa ZDANIY I SOORUZHENIY Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.02.01-83*
- [7]. *The application of polyurethane grout in roadway settlements issues, Liang Yu, Martech, Edmonton, Alberta, Canada, Rocky Wang, Roger Skirrow Engineering Service Division, Alberta Transportation, Edmonton, Canada 2013*
- [8]. *IZMENENIE FIZICHESKIKh SVOYSTV GRUNTOVOGO MASSIVA PRI VYSOKONAPORNOY INEKTsII O.V. Gerasimov, S.M. Prostov, V.A. Khyamyalyaynen, seminar № 3 simpoziuma «Nedelya gornyaka-2007». Retsezent d-r tekhn. nauk, prof. V.L. Shkuratnik.*
- [9]. *Irreversible Changes in the Grouting Industry Caused by Polyurethane Grouting: An overview of 30 years of polyurethane grouting Alex Naudts, Deep Foundations Institute/ Geo-Institute of the A.S.C.E., New Orleans, February 10 -12, 2003*
- [10]. *An experimental investigation into the performance of polyurethane grouting in soil P.Hellmeier, E.Soranzo & W.Wu Institut für Geotechnik – Universität für Bodenkultur, Vienna, Austria, R.Niederbrucker Austrian Research Center, Seibersdorf, Austria, A.Paschetto, Uretek Srl, Bosco Chiesanuova, Italy.*
- [11]. *Posobiye Sovremennyye metody remonta aerodromnykh pokrytiy. Uchebnoye posobiye. MADI (TEKhNICHESKIY UNIVERSITET) T.P. LESHchITsKAYa, V.A. POPOV, Moskva 1999 Retsezenty: d-r tekhn. nauk, prof. V.P. Nosov (MADI-TU); d-r tekhn. nauk, prof. A. P. Vinogradov (GPI i NII GA Aeroprojekt); zam. nachalnika URRAiAD FAS Rossii, kand. tekhn. nauk A.A. Pchelin.*
- [12]. *Kulchitskiy V.A. i dr. Aerodromnyye pokrytiya. Sovremennyy vzglyad M.: Fiziko-matematicheskaya literatura, 2002. – 528 s.*
- [13]. *Assessment of the Uretek Process on Continuously Reinforced Concrete Pavement, Jointed Concrete Pavement, and Bridge Approach Slabs/ Technical Assistance Report Number 03-2TA by Kevin Gaspard, P.E. and Mark Morvant, P.E. Louisiana Transportation Research Center. December 2004*
- [14]. *Analytical Modelling of the Soil Improvement by Injections of High Expansion Pressure Resin A. Dei Svaldi, M. Favaretti, A. Paschetto, G. Vinco, Bull. angew. Geol. Vol. 10/2 Dezember 2005*
- [15]. *Soil improvement by combining methods. J.K.Mitchel, J.P.Welsh, Twelfth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Rio De Janeiro, 13-18 August 1989*
- [16]. *GOST 25912.0-91. Plity zhelezobetonnyye predvaritelno napryazhennyye PAG dlya aerodromnykh pokrytiy. M.: Minstroy Rossii, 1992.- 16 s.*
- [17]. *Goretskiy L.I., Mogilevskiy D.A. Ekspluatatsiya aerodromov. M.: Transport, 1975.-304 s.*
- [18]. *Dashevskiy E.M., Parfenov A.P. Remont iskusstvennykh aerodromnykh pokrytiy. M.: Transport, 1975. — 232 s.*