

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СОЗДАНИЯ БЕТОНОВ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА ДЛЯ ПОКРЫТИЯ АЭРОДРОМОВ**Р.Х. Сайрахмонов, Хасан Мухаммадёр, Д.С. Гафурзода**

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

Воздушные трассы и местные воздушные линии Республики Таджикистан допускаются к эксплуатации специально уполномоченным органом республики в области гражданской авиации, где в настоящее время ими используются аэродромы по назначению различных категорий. Однако некоторые из них требуют капитального ремонта или реконструкции. На этой основе в интересах Военно-воздушных сил и гражданской авиации республики строительство новых аэродромов и реконструкция существующих требует при проектировании, строительстве и эксплуатации соблюдение высокой точности и качества всех строительных работ. В этом направлении одним из важных этапов при строительстве аэродромов является создание бетонных покрытий, которые обеспечивают прочность и долговечность взлетно-посадочных полос и других бетонных сооружений аэродрома. В статье рассматриваются теоретические предпосылки, перспективы строительства современных аэродромов, имеющих способность приема всех типов воздушных судов, и экспериментальные исследования возможности создания бетонов, которые обеспечивают надежность и долговечность аэродромных покрытий при эксплуатации в условиях сухого жаркого климата Республики Таджикистан.

Ключевые слова: строительство аэродромов, аэродромное покрытие, бетонная смесь, органическая добавка, минеральная добавка, цементные вяжущие, гражданская авиация.

ЗАМИНАИ НАЗАРЯВИ ВА ТАҲҚИҚОТИ ТАҶРИБАВИИ ИСТЕҲСОЛИ БЕНТОНҲОИ БАЛАНДСИФАТ БАРОИ БОЛОПУШӢ АЭРОДРОМҲО**Р.Ҳ. Сайрахмонов, Ҳасан Мухаммадёр, Ҷ.С. Гафурзода**

Хатсайрҳои ҳавой ва хатҳои ҳавоии маҳаллии Ҷумҳурии Тоҷикистон аз тарафи идораи махсус гардонидашуда вобаста ба соҳаи авиатсияи граждони хангоми истифода назорат карда мешаванд, ки хануз дар зери назорати онҳо эродромҳои дараҷаи гуногун хизмат менамоянд. Аммо айни ҳол хатҳои парвоз ва нишастҳои аксари онҳо пеш аз мӯҳлат вайрон шуда таъмирталаб шудаанд. Дар ин асос ба авиатсияи граждони ва қувваҳои ҳарби-ҳавоии Ҷумҳурии Тоҷикистон зарур мебошад, ки нисбати баланд бардоштани мӯҳлати хизмати хати парвози фуруди эродромҳои хангоми лоиҳакашӣ ва сохтмони эродромҳои диққати ҷиддӣ диҳанд. Дар мақола бо таври назариявӣ заминаи сохтмони эродромҳои ҳозиразамон, ки қобилияти қабул намудани ҳамагуна апаратҳои парвозкунандаи гаронвазиро дошта бошанд, оварда шудаанд. Инчунин таҳқиқоти озмоишӣ, оиди истеҳсоли бетонҳои баландсифат, ки устуворӣ ва дарозумрии хатҳои парвоз ва фуруди эродромҳоро таъмин менамоянд оварда шудааст.

Калодвожаҳо: эродромҳо, хати парвоз ва нишаст, қабатҳои бетонӣ, сохтмони эродромҳо, фарши эродромҳо, сохтмони қабатҳои эродромҳо, сементобетон.

THEORETICAL PRELIMINARIES AND EXPERIMENTAL STUDY OF THE CREATION OF HIGH-QUALITY CONCRETE FOR AIRFIELD PAVEMENTS.**R.Kh. Sayrahmonov, Hasan Mukhammader, J.S. Gafurzoda**

Air routes and local air lines of the Republic of Tajikistan are allowed to operate by a specially authorized body of the Republic in the field of civil aviation, where they currently use airfields for various purposes of various categories. However, some of them require major repairs or reconstruction. On this basis, in the interests of the Air Force and civil aviation of the Republic, the construction of new airfields and reconstruction of existing ones requires high precision and quality of all construction work during design, construction and operation. In this direction, one of the important stages in the construction of airfields is the creation of concrete pavements that ensure the strength and durability of runways and other concrete structures of the airfield. The article discusses the theoretical background, prospects for the construction of modern airfields that have the ability to use all types of aircraft and experimental studies of the possibility of creating concrete that ensures the reliability and durability of airfield pavements when operating in dry hot climate conditions of the Republic of Tajikistan.

Keywords: airfield construction, airfield pavement, concrete mixture, organic additive, mineral additive, cement binder, civil aviation.

Введение

В Республике Таджикистан аэродромы занимают важное место для устойчивого развития промышленности и укрепления международных отношений с другими государствами мира. Для этого в современной ситуации повышение социально-экономического уровня народного хозяйства и промышленности страны с учетом вышесказанного в значительной мере будет связано с совершенствованием аэродромов и аэродромного хозяйства. В этом аспекте реконструкция имеющихся аэродромов и строительство новых составляет одну из важнейших приоритетных задач в планах реализации стратегических целей Правительства Республики Таджикистан. На этой основе в перспективе развитие гражданской авиации Республики Таджикистан осуществляется в рамках Государственной целевой программы "Развитие транспортного комплекса Республики Таджикистан на 2010-2025 г.", утвержденной постановлением правительства страны в 2009 г. В этом документе проанализированы состояние и развитие транспортного комплекса, описаны пути его развития в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе. Согласно программе основная роль отводится автомобильному транспорту, за которым следует железнодорожный, а гражданская авиация занимает лишь третье место. До 2025 г. львиная доля средств будет направлена на строительство автодорог (2,09% от ВВП), финансирование железнодорожного транспорта составит 0,7% ВВП, а на гражданскую авиацию отпущено лишь 0,18% ВВП. Несмотря на это в перспективе силами (ВВС) и гражданской авиации Республики Таджикистан предусмотрен план проведения изыскательных работ по выявлению работоспособности существующей аэродромной сети в местах базирования военной и гражданской

авиации. Имеются в виду базовые аэродромы, обеспечивающие испытания авиационной техники, и площадки для армейской и гражданской авиации.

Известно, что после приобретения независимости Республики Таджикистан по инициативе Правительства республики началось строительство новых покрытий для взлетно-посадочных полос, зданий и сооружений, обеспечивающих руководство полетами на базовых аэродромах в г. Душанбе и некоторых областях республики. Однако практика эксплуатации аэродромов показывает, что они должны иметь способность принимать все типы воздушных судов, находящихся в гражданской авиации и вооружении ВВС и имеющиеся в авиапарке Республики Таджикистан. Уместно отметить, что в последнее время в связи тем, что в воздушном пространстве мира появились тяжелые и сверхтяжелые воздушные суда, в результате чего увеличились нагрузки на покрытия аэродромов. Как показывает практика эксплуатации аэродромных покрытий, современные аэродромные покрытия должны обладать высокими эксплуатационными характеристиками и в то же время быть довольно экономичными. Однако опыт эксплуатации показывает, что срок их службы меньше нормативного. Эта тенденция наблюдается на некоторых действующих местных аэродромах нашей страны, они начинают разрушаться, не доходя до нормативных сроков службы. На этой основе можно отметить, что с теоретической точки зрения в современных условиях создание высокопрочного бетона для аэродромных покрытий не представляет принципиальных трудностей. При таком раскладе применение в бетон все более тонких компонентов из минерального сырья, водоредуцирующих добавок и суперпластификаторов требует научного исследования и экспериментальной проверки его качества.

Теоретическая часть

Бетон - это как основной и самый распространенный строительный материал, состоит из смеси цемента, щебня, песка, воды и иногда органических и минеральных добавок различного функционального действия, которые обеспечивают специальные строительно-технические его свойства при работе в сооружениях. При изготовлении бетонных и железобетонных конструкций, в том числе сооружений на их основе, наряду с основными компонентами бетона, добавки в бетон используются с целью повышения их надёжности и долговечности в зависимости от условий эксплуатации.

В практических условиях создание качественных изделий из бетонов, которые обеспечивают надёжность и долговечность возводимых на их основе сооружений, не только зависит от вида и природы добавок, но и от способа и условий их приготовления. В этом аспекте можно отметить, что при приготовлении смесей цементных бетонов для устройства аэродромных покрытий одним из важных факторов является правильный выбор технологии и условия приготовления. Можно отметить, что выбор неправильного соотношения компонентов при дозировке может привести к ухудшению качества бетона и снижению его устойчивости при эксплуатации. Для этого приготовление бетонных смесей должно проводиться в соответствии с требованиями технических норм и правил. Поэтому в некоторых случаях в практических условиях поведение бетона при эксплуатации в сооружениях оценивают в зависимости от свойств смеси изготовленного данного бетона. Потому что из бетонных смесей при учете коэффициента вариации формируется конструкция или в целом сооружения [1-6]. Для этого в производственных целях при подборе состава бетона одновременно производят подбор состава бетонной смеси.

Состав и свойства бетонной смеси в разные этапы развития бетонной промышленности изучали многие исследователи [1-6, 8, 11, 25]. Однако свойства бетонных смесей еще не в достаточной степени учитываются при подборе состава бетона и требуют своего дальнейшего систематического изучения. Сказанное подтверждали авторы в работе [8, 13, 14, 16, 18], по их мнению, по показателю осадки конуса смеси из бетона невозможно оценивать в должной мере характеристики бетона при эксплуатации. В этом направлении можно отметить, что показатель осадки конуса в определенном смысле оценивает реологии смеси бетона. С точки зрения реологии консистенция, степень мягкости смесей, их густоты, связность достаточно хорошо характеризуют такие однородные материалы, как лакокрасочные, жиры и им подобные. В практических условиях для бетонной смеси, которая неоднородна по составу, определение степени мягкости понятием консистенции не совсем удачно [3, 4]. В научных литературах многие исследователи и специалисты [2, 6, 7] считают более совершенным характеризовать состояние смеси пластичностью и жесткостью, подвижностью, удобоукладываемостью, формуемостью. Можно ли считать эти понятия взаимозаменяемыми. Теория пластичности бетонных смесей изучали многие исследователи, по мнению авторов [3, 6, 7], пластичность как бы характеризует такое физическое состояние, при котором смесь одновременно подвижна и однородна. По их мнению, бетонная смесь не распадается на составляющие части, при этом цементное тесто хорошо связано с поверхностью каменных материалов. Смесь большей или меньшей пластичности может быть достаточно просто получена путем перемешивания вяжущих и минеральных материалов в бетоносмесителях. Пластичные смеси можно перевести без расслоения к месту укладки, и их уплотняют без существенных усилий [15, 17, 19].

В практических условиях бетонная смесь по своим физико-химическим характеристикам намного отличается от других природных материалов, потому что бетон образуется из различных материалов с различными определенными свойствами [2, 17]. В бетонных смесях знание пластичности недостаточно для полной характеристики его качества и по ряду других причин. К таким причинам можно отнести: - условия применения бетона, свойства вяжущих, каменных материалов и арматурной стали; особенности

производства работ в различных условиях; наличие оборудования и средств производства бетонных работ. При проектировании или строительстве сооружения с применением бетона можно отметить, что сечение конструкции и особенности ее армирования диктуют выбор заполнителя такой крупности, при которой смесь без расслоения может разместиться в форме. Например, при строительстве дорог или аэродромов для верхнего слоя покрытия надо выбрать мелкозернистый бетон независимо от учета расслоения смесей бетона. Кроме того, в эксплуатационных условиях учет действия агрессивных сред вызывает необходимость применять цементы с добавками или цементы, производимые для таких целей. Отсюда следует, что все перечисленные условия в бетонной промышленности предопределяют разнообразие расхода сырьевых смесей для приготовления однородного и надёжного бетона. Кроме того, в производственных условиях для получения однородных смесей бетона количество воды играет важную роль. Применение большего количества воды в бетонных смесях повышает пористость бетонных изделий, меньшее количество воды в бетонной смеси ухудшает его способности при укладке в сооружениях. С другой стороны, известно, что уплотнение пластичных смесей вибраторами в ряде случаев вызывает частичное расслоение цементного теста [1,18].

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что при производстве бетонных смесей нужно использовать такие методы, которые позволяли бы заранее сказать, что из данных материалов - цемента, воды и щебня (гравия) - можно получить однородную смесь, которая при его использовании в производстве сохраняет свою однородность.

В производственных условиях, если бетонная смесь пластична, то она должна быть подвижной, с другой точки зрения, может расслаиваться при транспортировании или уплотнении. Авторы [8] в своих исследованиях показывают, что такая смесь не будет обладать надлежащей однородностью и удобоукладываемостью. По мнению авторов [8,19], одна часть расслоенной смеси, содержащей избыток каменных материалов, окажется с недостатком цементной пасты. Другая часть смеси имеет избыток каменного материала, но при этом каменных материалов будет не хватать. По мнению авторов, из таких смесей невозможно получить материал высокой плотности. На этой основе можно сделать следующие выводы, что взаимозаменяемые перечисленные характеристики не могут определить состояние смеси. Можно отметить, что каждая из перечисленных характеристик как бы восполняет отсутствие технологии бетона - универсального реологического критерия оценки качества смеси.

С технологической точки зрения, пластичность или жесткость в сочетании с подвижностью, удобоукладываемостью и формуемостью при выполнении бетонных работ оценивают пригодность бетонных смесей для применения. Кроме того, численные показатели вышеизложенных характеристик должны соответствовать условиям, для которых проектируется смесь.

В производственных условиях по показателю только одной пластичности или жесткости смеси бетона, изготовленной даже на цементе хорошего качества, невозможно оценивать её основные строительно-технические характеристики. Здесь уместно отметить, что при таких условиях сохраняется однородность смеси от момента ее перемешивания и до окончания формования. По этой причине качество смесей следует оценивать после каждого технологического предела в бетонных работах с тем, чтобы быть уверенным в сохранении смесью пластичности, жесткости и однородности.

Таким образом, выбор проектирования состава бетонных смесей при их применении в строительстве аэродромных покрытий зависит от многих факторов и требует комплексного подхода. В этом направлении важно учитывать все параметры бетона, чтобы обеспечить надежность и долговечность аэродромных сооружений. На этой основе при строительстве аэродромов можно проектировать состав специальных бетонных смесей, например, бетон для строительства покрытий - аэродромный бетон. Смесь таких бетонов должна быть пластичной и однородной. Бетоны из таких смесей должны отличаться повышенной прочностью и устойчивостью к воздействию агрессивных сред, таких как масла, топливо и др. Так как аэродромы эксплуатируются в различных климатических условиях, бетон для них также должен обладать высокой морозостойкостью и водонепроницаемостью. Таким образом, из вышеизложенного можно сделать вывод, что для этих целей надо проектировать такие составы смесей бетонов, чтобы они имели преимущества в сравнении с традиционными бетонами. Одним из главных преимуществ создания бетона высокого качества для бетонных покрытий аэродромов является повышение их надёжности и долговечности при эксплуатации. Такие покрытия в производственных условиях могут выдерживать большие нагрузки и не подвержены коррозии, кроме того, их легко обслуживать и не требуют частой замены [1, 2, 7]. Для этого при строительстве аэродромов в зависимости от требований условий эксплуатации сооружения используются различные типы смесей бетонов. Здесь можно отметить, что для создания взлетно-посадочных полос аэродромов используются бетонные смеси с высокой прочностью и устойчивостью к износу. Однако при устройстве бетонных покрытий на таксирующих дорожках и стоянках используются бетонные смеси с повышенной устойчивостью к механическим воздействиям.

В настоящее время единственным документом, регламентирующим требуемые свойства покрытия аэродрома, является СНиП 32-03-96 - официальный стандарт норм строительства и проектирования аэродромов, вертолётных площадок и других объектов для размещения воздушных судов. В данном документе приведены критерии соответствия аэродромов для размещения воздушных судов. В наших

условиях данные требования должны различаться по областям и районам, имея в виду особенности грунта, температурный режим, климатические условия и назначение аэродрома. Обычно условия работы покрытия аэродрома отличаются от покрытия автомобильных дорог, покрытия аэродрома постоянно испытывают значительные нагрузки. Кроме того, на покрытия аэродромов систематически действуют динамические нагрузки. Поэтому они должны сопротивляться постоянно динамично действующим нагрузкам от взлетающих и приземляющихся аппаратов. Кроме того, можно отметить, что аэродромное покрытие систематически испытывает термические и механические нагрузки от газо-воздушных струй авиадвигателей. Они должны выдерживать длительную статическую нагрузку в процессе стоянки многотонных воздушных судов [1, 3, 5, 20, 26].

В нынешних ситуациях проблема строительства, ремонта и восстановления аэродромов в Республике Таджикистан является актуальной в связи с развитием военно-воздушных сил и с обновлением авиационного парка воздушных судов. Кроме того, с появлением тяжелых и сверхтяжелых воздушных судов увеличились нагрузки на покрытия аэродромов. Как показывает практика эксплуатации аэродромных покрытий, современные аэродромные покрытия должны обладать высокими эксплуатационными характеристиками и в то же время быть довольно экономичными. Однако опыт эксплуатации показывает, что срок их службы меньше нормативного. Эти тенденции наблюдаются на некоторых действующих местных аэродромах нашей страны, они начинают разрушаться, не доходя до нормативных сроков службы.

По мнению авторов [2, 3, 26], причинами разрушения и снижения долговечности покрытий аэродромов являются следующие: неправильный выбор материала; неверный учет природно-климатических факторов и грунтово-геологических условий строительства; нарушение технологии строительства аэродромных покрытий; неправильный уход при эксплуатации покрытия. Известно, что при эксплуатации, не доходя до нормативных сроков службы, на поверхности покрытий аэродромов появляются дефекты. К дефектам, возникающим при эксплуатации, можно отнести следующие: - шелушение поверхности; - выбоины; - трещины; - эрозия поверхности; - отслоение верхнего слоя покрытия и усадочные трещины [1, 2, 26]. При этом трещины появляются в покрытиях при следующих обстоятельствах: отслоение верхнего слоя покрытия, из-за циклов замораживания и оттаивания, из-за воздействия динамических и механических нагрузок, из-за бетонирования при повышенных температурах и неправильного ухода. В этом аспекте можно отметить, что трещины имеют свойства постепенно увеличиваться в глубину и длину эксплуатируемого сооружения.

Из вышеизложенного теоретического обзора по созданию бетона высокого качества для аэродромных покрытий следует, что при проектировании состава таких бетонов, кроме морозостойкости, надо учесть прочность на растяжение при изгибе и устойчивость на появление в ранние сроки службы дефектов. В практических условиях на основе таких характеристик рассматривают различные способы достижения таких целей.

В практических условиях для повышения эксплуатационных качеств бетона выполняют различные технологические и экспериментальные операции. В работе [23] приведена оптимизация состава бетона за счет применения минеральных наполнителей. Авторы показали возможности сокращения цемента как слабого материала стойкости против действия агрессивных сред в бетон путем применения в его состав суперпластификаторов и базальтовой фибры. В данной работе авторам удалось [23] оптимизация состава бетона путем сокращения расхода цемента в бетоне при неизменной стандартной прочности. Другие авторы [10-12,18] отмечают, что качество бетона зависит от используемых в его состав материалов, свойства которых должны обеспечивать заданный класс прочности, морозостойкости. Авторы [9] отмечают, что применение мелкого песка в бетон приводит к уменьшению подвижности и удобоукладываемости бетонной смеси, вследствие большой удельной поверхности мелкие зерна ухудшают структуру бетона и снижают его долговечность. В связи с этим для получения бетонной смеси заданной подвижности и бетона заданного класса требуется оптимизация состава бетона. Они отмечают, что в этом контексте для достижения заданной прочности бетона надо повышать расход цемента. Перерасход цемента или увеличение расхода цемента в практических условиях приводит к снижению стойкости бетона против агрессивных сред и к росту цен на бетонные изделия. Для решения авторы [10, 11, 12, 18] предлагают замену некоторого количества цемента дисперсными минеральными добавками, которые позволяют повысить показатели прочности на растяжение при изгибе в 1,5 раза по сравнению с традиционным дорожным бетоном.

В ряде работ [10, 18, 24] показано, что дальнейшее развитие технологии цементных бетонов будет происходить в направлении применения тонкодисперсных добавок в составе цемента, которое позволит релаксировать напряжение при структурообразовании цемента. При этом добавки повышают однородность по прочности и деформативности и улучшают физико-механические свойства бетона. На этой основе можно отметить, что с теоретической точки зрения в современных условиях создание высокопрочного бетона для аэродромных покрытий не представляет принципиальных трудностей. При таком раскладе применение в бетон все более тонких компонентов, водоредуцирующих добавок и суперпластификаторов требует научного исследования и экспериментальной проверки его качества. В перспективе возможна разработка научно обоснованных способов получения качественных бетонов для

аэродромных покрытий с использованием тонкодисперсных минеральных наполнителей и химических добавок на основе местных отечественных материалов. В этой связи целью данной работы является разработка технологии создания и состава бетона с применением в цементе добавок различной тонкости помола.

Экспериментальная часть

На основе вышеизложенного теоретического обзора и анализа можно отметить, что для улучшения способности цементных бетонов при эксплуатации в транспортных сооружениях надо в их состав применять минеральные и химические добавки. Однако в практических условиях с точки зрения экономики добавки бывают эффективными, когда они имеют источники возобновления для данного производства.

С этой целью нами для исследования был выбран портландцемент ЦЕМ1 42,5 марки М-500 ДО ЗАО «Точиксмент» со следующей характеристикой: тонкость помола 98,5%, -величина удельной поверхности 3500 см²/г; -прочность на сжатие через 28 дней 51,6 МПа -ГОСТ-22266-2013.

В качестве заполнителей были выбраны следующие материалы:

-щебень с максимальной крупностью зерен до 20 мм; -, плотность 2701кг/м³ ; -марка щебня 1200-ГОСТ-8267;

-песок из отсевов дроблений производства щебня с модулем крупности; Мк= 2,34- ГОСТ 8736.

-минеральную добавку из отхода производства флотационного обогащения флюоритовых руд Такобского горно-обогатительного комбината (ОПФ). В таблице 1.1 приведен химический состав отхода флюоритового производства, а в таблице 1.2 приведен его гранулометрический состав.

Таблица 1 –Химический состав ОПФ

№ п/п	Наименование						
1	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	K ₂ O + Na ₂ O	Fe ₂ O ₃
2	6	74,75	7,33	6,1	0,73	3,55	0,1

Таблица 2 – Гранулометрический состав ОПФ

№ п/п	Наименование	Размер отверстий сит, мм				
		1.25	0.315	0.16	0.071	<
1	2	3	4	5	6	7
2	Частные остатки, %	0	1.50	12.69	13.71	71.88

Анализ данных табл.1.1 показывает, что в составе отхода флюоритового производства преобладают кремнезём и оксид кальция. Его запасы являются многотонными и накопились на протяжении многих лет.

В ряде работ отечественных авторов [10, 27] отходы от производства флотационного обогащения флюоритовых руд Такобского горно-обогатительного комбината использованы в качестве добавки с целью повышения коррозионностойкости обычных бетонов, и авторами получены положительные результаты. Однако ими недостаточно изучено влияние ОПФ в зависимости от его степени дисперсности на физико-механические свойства бетона. Для этого первоначально ОПФ подвергали помолу в мельнице, после была рассеяна на фракции: <0,05мм ; 0,05-0,08мм; 0,08-0,14 . Для уточнения были использованы способы применения добавок в зависимости от их гранул в состав бетона по методике авторов [25].

Минеральные добавки, имеющие в составе частицы меньше размера частиц цемента, называются уплотнителями(<0,05мм) [25]. При применении их в цементе для производства бетона способствуют образованию дополнительных центров кристаллизации в цементном камне при твердении, способствующих повышению прочности бетона в ранние сроки твердения [17, 19, 25].

Добавки, имеющие в составе частицы, близкие к цементу, называют разбавителями, добавки по размеру частицы находятся в пределах между размером частиц цемента и минимальным размером частиц песка, их можно отнести к добавкам – наполнителям цемента [25].

В практических условиях оптимизация соотношения между вяжущим и добавками в зависимости от их природы производится экспериментальным путем [10, 25]. Для этого в пневматическом смесителе перемешивали цемент с добавкой из ОПФ. Для исследования влияния минеральной добавки на физико-механические свойства прочности подобран состав бетона, и были изготовлены смеси бетона. Смеси готовились по обычной лабораторной технологии, и были изготовлены образцы размером 10х10х10 см и балочки размером 4х4х16 см. После образцы хранились при нормально-влажных условиях.

При исследовании для определения показателей качества смесей и физико-механических характеристик бетонов использованы ГОСТ 10181, ГОСТ 7473 - для определения свойств смесей и ГОСТ 10180 - для определения физико-механических характеристик бетона.

Были подобраны составы бетона с добавками. Составы бетона с добавками представлены в табл.1.3.

Таблица 3 – Составы бетонных смесей с добавками

№	Портландцемент		Добавка		Заполнители	
	вид	кол-во, кг/м ³	ОПФ	кол-во, %	Щебень, кг/м ³	Песок, кг/м ³
1	Душанбинский ПЦ500ДО	420	-	-	1228	496
2		357	-	-		559
3		420	уплотнитель	15		433
4		357	уплотнитель	15		496
5		420	разбавитель	15		433
6		405	разбавитель	15		496
7		420	наполнитель	15		433
8		405	наполнитель	15		496

Результаты исследования показали следующее.

Таблица 4 – Физико-механические свойства бетона с добавкой ОПФ

№ состава	Прочность, МПа				$K_{тр}=R_{изг}/R_{сж}$	B_n	B_H	M_3
	сжатие			изгиб				
	2	14	28					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	22,5	41,2	51,6	7,43	0,143	6,45	B4	F100
2	17,3	31,3	45,1	6,12	0,136	7,28	B2	F50
3	21,6	39,5	56,63	8,80	0,155	5,21	B8	F200
4	18,4	31,6	53,51	8,16	0,152	5,92	B4	F100
5	20,5	33,6	54,42	8,08	0,148	5,81	B6	F150
6	17,9	30,58	50,31	7,02	0,139	6,55	B4	F75
7	19,56	29,41	52,22	7,62	0,145	5,96	B6	F150
8	16,62	28,41	49,69	6,86	0,138	6,61	B2	F75

Примечание к табл. $K_{тр}$ – коэффициент трещиностойкости; B_n коэффициент водопоглощения; B_n – коэффициент водонепроницаемости; M_3 – коэффициент морозостойкости.

Из табл.1.4 видно, что при снижении расхода цемента на 15% прочность бетона без добавки ОПФ уменьшается на 18%, при этом добавка–уплотнитель повышает прочность бетона при 100%-ном расходе цемента на 10%. При замене 15% цемента добавкой уплотнителя прочность бетона при сжатии составляет 53.51 МПа, а при изгибе на 8,16 МПа. Уместно отметить, что добавка уплотнителя повышает прочность бетона при замене 15% цемента. При этом повышается коэффициент трещиностойкости, водонепроницаемости и морозостойкости. Из табл.1.4 видно, что при всём раскладе добавки их ОПФ, как уплотнитель, разбавитель, наполнитель, к цементу в бетоне повышают физико-механические характеристики бетона.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что ОПФ как добавки уплотнителя, заменяя 15% расхода цемента, способствуют формированию мелкопористой структуры бетона. При этом его водонепроницаемость возрастает до значений B4-B8, а морозостойкость в 1,5и более (табл.1.4). При другом раскладе добавка ОПФ, как разбавитель и наполнитель, в состав бетона используется как структурирующая и стабилизирующая добавка (табл.1.4).

Выводы

На основе теоретического обоснования и обзоров можно отметить, что аэродром – это комплекс сооружений, обеспечивающий бесперебойную работу сооружений в пространстве и времени. Аэродромные покрытия являются одним из основных искусственных сооружений аэродрома, которые должны обладать необходимой прочностью, устойчивостью, надежностью и долговечностью при воздействии самолетных нагрузок и природных факторов в период его эксплуатации. Для создания высококачественных аэродромных покрытий за последние годы существенно обновилась нормативная база проектирования и строительства аэродромов, возросли требования к контролю качества строительной продукции с использованием передовых методов и техники испытаний аэродромных покрытий. Значительно усовершенствованы технологии строительства аэродромных покрытий с применением новейших строительных материалов, в том числе высококачественных бетонов. В данной работе использовали в бетонных смесях добавку из отхода производства флотационного обогащения флюоритовых руд Такобского горно-обогатительного комбината (ОПФ) как упрочняющую добавку, заменяя 15% расхода цемента, которая способствует формированию мелкопористой структуры бетона. ОПФ повышает физико-механические свойства бетона без увеличения расхода цемента при применении разнородных песков по модулю крупности.

*Рецензент: Каландарбеков И.К. — д.т.н., профессор кафедры «Промышленное и гражданское строительство»
ПТУ им. акад. М.С.Осими.*

Литература

1. Морозов Н.М., Хозин В.Г., и др. Высокопрочные цементные бетоны для дорожного строительства. // Строительные материалы, 2009, № 11.-С. 15-17.
2. Шейнин А.М. Цементобетон для дорожных и аэродромных покрытий. - М.: Транспорт, 1991. - 151 с.
3. Шестоперов С.В. Долговечность бетона транспортных сооружений. - М.: Изд-во Транспорт, 1966. - 500 с.
4. Баженов Ю.М., Магдеев У.Х., Алимов Л.А., Воронин В.В. Мелкозернистые бетоны: Учебное пособие. // Моск. гос. строит. ун-т. - М., 1998. -148 с.
5. Якобсон М. Я. и др. Актуальность и перспективы применения цементобетона в дорожном строительстве // Системные технологии. 2016. Т. 18. № 1. С. 132—140.
6. Каменецкий Л. Б. Эффективность цементобетонов // Автомобильные дороги. 2014. № 3. С. 57—62.
7. Демьянова В.С. Калашников В.И. Быстротвердеющие высокопрочные бетоны с органоминеральными модификаторами. - Пенза: ПТУАС, 2003. - 195 с.
8. Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Воронин В.В. Развитие теории формирования структуры и свойства бетонов с техногенными отходами [Текст] //Изв. Вузов. Строительство.1996. №4-С.55-58.
- 9.Хамидулина Д.Д., Гаркави М.С. Применение дробленых песков для производства мелкозернистых бетонов [Текст]. Сб. докладов «Проблемы и достижения строительного материаловедения». Белгород. 2005. С.238-240.
- 10.Р.Х.Сайрахмонов., А.С. Рахматзода и др. Тонкодисперсные минеральные материалы в комплексе с химическими добавками для дорожного бетона Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 1 (65), -Душанбе, - 2024. С.234. ISSN: 2520-2227
- 11.Несветаев Г.В., Та Ван Фан. Влияние белой сажи и метакаолина на прочность и деформационные свойства цементного камня [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4 . с.51-56
12. Красный, И.М. О механизме повышения прочности бетона при введении микронаполнителя [Текст] // Бетон и железобетон. 1987. №5. С. 10-11.
- 13.Pistill,M.F.Variability of Condensed Silica Fume from a Canadian Source and Influence on the Properties of Portland Cement// Cem. Concr. and Aggr.-1984.-V.6:- №1. – P. 33-37.
- 14.Setter, N., Roy, D.M. Mechanical Flatures of Chemical Shrinkage of Cement Paste. // Cem. and Concr. Res. – 1978. – V.8. - №5. – P. 623-634.
- 15.Vivian, H.E. Effect of Particle Size on the Properties of Cement Paste. // Symp. Structure of Portland Cement. – 1966. – P. 18-25.
- 16.Плешко, М.С., Крошнев, Д.В. Влияние свойств твердеющего бетона на взаимодействие системы «крепь – массив» в призабойной зоне ствола [Текст] //Горный информационно-аналитический бюллетень.–2008.–№9.–С. 320-325.
- 17.Строкова, В.В. Кристаллохимический подход к проблеме выбора сырья [Текст]. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород. 2003. №5. С. 376-378.

18. Ляхевич Г.Д., Звоник С.А. Теоретические аспекты, экспериментальные исследования и эффективность использования высокопрочных бетонов для мостовых конструкций. Наука и техника, №5, 2014. С48-54.

19.Форопонов К.С., Ткаченко Г.А. Структурообразование и свойства модифицированных жесткопрессованных цементно-меловых композиций [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2010, №3. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2010/230>. Загл. с экрана. – Яз.

20. Баженов, Ю.М., Алимов, Л.А., Воронин, В.В. Развитие теории формирования структуры и свойств бетонов с техногенными отходами [Текст] // Изв. вузов. Строительство. – 1996. - №4 – С.55-58

21. Эккель С. В. Некоторые вопросы строительства и ремонт цементобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов // Цемент и его применение. 2017. № 6. С. 78—86.

22.ГОСТ 26633—2015. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2017. 12 с.

23. Красникова Н.М. Морозова Н.М. и др. Оптимизация состава цементного бетона для аэродромных покрытий.// Известия КГЛСУ, 2014, №2(28). С166-171.

24. Ушаков В.В. О расширении строительства автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями//Наука и техника в дорожной отрасли 2003№3.-С7-25. Курочка. П.Н., Гаврилов А.В. Бетоны на комплексном вяжущем и мелком песке. Инженерный вестник Дона, 2013, С-42-48

26 Носов В.П., Фотиади А.А. Причины образования уступов на цементобетонных покрытиях автомобильных дорог. Наука и техника в дорожной отрасли, 2008 №. 3, с.20—22.

27. Шарифов А., Саидов Д.Х. Коррозионностойкость бетона на обычном цементе с минерально-химическими добавками из отходов некоторых производства//Докл. АНРТ, 1998, том 41, №1-2. С.71-75.

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ-INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Сайрахмонов Раҳимҷон Ҳусейнович	Сайрахмонов Рахимджон Хусейнович	Sayrahmonov Rahimjon Huseynovich
н.и.т, дотсент	к.т.н, доцент	Candidate of Technical Sciences, associate Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осими	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: srivakn@mail.ru		
TJ	RU	EN
Ҳасан Муҳаммадёр	Хасан Мухаммадёр	Hasan Muhammadyor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осими	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Ғафурзода Ҷалолиддин Садриддин	Гафурзода Джалолиддин Садриддин	Gafurzoda Jaloliddin Sadriddin
н.и.т, дотсент	к.т.н, доцент	Candidate of Technical Sciences, associate Professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осими	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi