приближении пешехода к переходу. Как только человек подходит к дороге «Пешеходный переход», знак ярко начинает подсвечиваться и мигать.

Все рассмотренные программно-аппаратные комплексы, в данной работе, направлены на дополнительное выделение световым потоком пешеходов, движущихся по переходу, и на заблаговременное предупреждение водителей о наличии людей на проезжей части.

Такие системы и инновационные решения должны помочь решить проблему обеспечения безопасности дорожного движения, в соответствии с требованиями существующих нормативных документов, на территории Российской Федерации.

1. «ГУОБДД МВД России» Официальный сайт Госавтоинспекции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stat.gibdd.ru/> (Дата обращения: 20.04.2020);
2. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (в редакции Указа Президента Российской Федерации от 19.07.2018 г. N 444);
3. ГОСТ Р 52289-2019. Национальный стандарт Российской Федерации. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств;
4. ISS — Интеллектуальные Системы Безопасности. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iss.ru/products/securos-soffit> (Дата обращения: 20.04.2020);
5. DURAY. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://duray.ru/news/umnyy-peshkhodnyy-perekhod/> (Дата обращения: 20.04.2020);
6. ООО «АйТи Умный город». Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://unilight.ru/resheniya/umnyy-peshkhodnyy-perekhod/#gallery-3> (Дата обращения: 20.04.2020).

Загоруйко Т.В., Федорова Ю.В., Леденев А.А.

Разработка составов термостойких бетонов аэродромных покрытий

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(Россия, Воронеж)*

doi: 10.18411/lj-06-2020-70

idsp: ljjournal-06-2020-70

Аннотация

Предложен состав многокомпонентного материала для стартофинишных и других ответственных участков взлетно-посадочной полосы бетонных аэродромных покрытий, обладающего улучшенными характеристиками, а также повышенной термо- и жаростойкостью. Отличительной особенностью сырьевых компонентов предложенного состава является их доступность.

Ключевые слова: участки аэродромных покрытий, огневые и ударно-волновые воздействия, термостойкий бетон, сырьевые компоненты.

Abstract

The composition of a multi-component material for the start - finish and other critical sections of the runway of concrete airfield coatings, which has improved characteristics, as well as increased thermal and heat resistance, is proposed. A distinctive feature of the raw materials components of the proposed composition is their availability.

Keywords: sections of airfield coatings, fire and shock wave effects, heat-resistant concrete, raw materials.

Перспективным направлением развития аэродромной сети Вооруженных Сил Российской Федерации является разработка новых конструктивных решений наземной инфраструктуры объектов аэродромов, отвечающих современным требованиям по

защите и обслуживанию современных воздушных судов, защите личного состава и хранения материальных средств. Кроме того, в настоящее время возникает необходимость реконструкции, ремонта и восстановления зданий и сооружений, ранее действующих аэродромов государственной авиации, с целью их дальнейшей эксплуатации. Для реализации данных направлений необходимо применение эффективных строительных материалов, обладающих специальными характеристиками.

В настоящее время современное строительство невозможно представить без широкого применения бетона и железобетона. Несмотря на то, что железобетонные конструкции выполнены из негорючего материала, зачастую в случаях высокотемпературного огневого воздействия происходит снижение прочности бетона, потеря несущей способности и обрушение зданий и сооружений [1, 2].

Для обеспечения эффективного базирования, боевого функционирования, повышения надежности, безопасности и устойчивости объектов аэродромов при различных эксплуатационных воздействиях, целесообразно применение бетона и железобетона, обладающих улучшенными физико-механическими свойствами, а также повышенной термо- и огнестойкостью.

Современный постоянный аэродром государственной авиации представляет собой обширный комплекс большого количества объектов различного назначения [3].

Объекты служебно-технической застройки по функциональному назначению разделяются на группы:

- 1) управления полетами;
- 2) сооружений технического обслуживания и ремонта авиационной техники;
- 3) сооружений в зоне рассредоточения самолетов;
- 4) сооружений аэродромно-эксплуатационного обслуживания;
- 5) группа складов.

Среди большого количества объектов служебно-технической застройки следует выделить те, которые могут подвергаться высокотемпературным огневым воздействиям: специальные фортификационные сооружения для защиты личного состава и авиационной техники, включая арочные защитные укрытия для самолетов, стартофинишные участки взлетно-посадочной полосы (ВПП) аэродрома и другие объекты инфраструктуры.

В таких условиях предъявляются высокие требования к прочности и устойчивости аэродромных покрытий, которые подвергаются как комбинированному огневому, так и ударно-волновому воздействиям в различных сочетаниях и последовательностях.

Следовательно, материал, используемый для современных взлетно-посадочных полос, должен выдерживать механические, истирающие, ударно-волновые нагрузки, комбинированные огневые и климатические воздействия.

Согласно СП 34.13330.2012 [4], при строительстве и реконструкции ВПП применяют цементобетон. Бетон аэродромных покрытий, являясь разновидностью тяжелых бетонов, должен обеспечивать более высокую защиту различным участкам ВПП, как при огневых, ударно-волновых воздействиях, так и при естественных условиях их эксплуатации.

Очевидно, что в целях повышения эксплуатационных и защитных характеристик объектов инфраструктуры аэродрома государственной авиации, с учетом современных средств поражения и их доставки при комбинированных воздействиях, температурный фактор может существенно влиять на формирование и изменение свойств бетонов. При эксплуатации бетонов в условиях резких теплосмен особую роль играет их термическая стойкость – способность противостоять изменениям температуры, не разрушаясь при

термических изменениях [5]. Поэтому, важным в данном случае является применение эффективных термостойких бетонов с улучшенными характеристиками.

Следовательно, компоненты для эффективного термостойкого бетона аэродромных покрытий должны отвечать более высоким требованиям, так как материал должен сохранять проектируемые свойства (требуемую усадку, как при твердении, так и при огневом и ударно-волновом воздействиях; высокую прочность, как на сжатие, так и на изгиб) как при нормальных, так и при высокотемпературных воздействиях.

Теоретической основой получения бетонов с улучшенными характеристиками и специальными свойствами являются методологические подходы по разработке составов и технологии бетонов.

Как правило, состав термостойких материалов требует целенаправленного выбора исходных компонентов, который следует рассматривать, как необходимые условия получить специальные термостойкие бетоны, значительно превосходящие по своим свойствам существующие аналоги.

Выбор сырьевых материалов необходимо также осуществлять с учетом эксплуатационных критериев и допустимой температуры работы бетона аэродромных покрытий (например, агрессивности среды, характеру нагрева – постоянного или циклического, наличия дополнительных нагрузок и т.п.).

При этом наиболее предпочтительны местные, доступные сырьевые компоненты, в том числе вторичные продукты промышленности с наиболее полным использованием их физико-механических свойств.

На основании анализа литературных и нормативно-технических данных предлагается выбор следующих компонентов термо- и жаростойкого бетона аэродромных покрытий.

Для обеспечения требуемой прочности бетона в качестве вяжущего представляется целесообразным применение портландцемента высокого класса. Эффективность службы термостойкого бетона повышается с введением в состав портландцемента важнейшего компонента - тонкомолотой добавки. Поэтому для бетонов с рабочей температурой применения 300 °С и выше портландцемент применяется совместно с добавкой-наполнителем.

В работе, в качестве тонкомолотой добавки - наполнителя в бетоне на портландцементе, чтобы связать свободный гидроксид кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и улучшить показатели стойкости цементного камня при повышенных температурах, предлагается применение молотого гранулированного шлака, степень измельчения которого влияет на его реакционную способность.

При выборе крупного и мелкого заполнителей необходимо исходить из того, что заполнители для термо- и жаростойких бетонов не должны утрачивать прочность и разрушаться из-за неравномерных тепловых расширений материала при продолжительном высокотемпературном воздействии. Следовательно, компоненты обычных бетонов, содержащие кварц, у которых наблюдается снижение прочностных характеристик уже при 200 °С, а при 600 °С – их полное разрушение, непригодны для материалов, работающих при огневых и ударно-волновых воздействиях [5].

Поэтому, с целью создания объемного каркаса в качестве крупного заполнителя предлагается использование шамота, как наиболее распространенного безусадочного материала термо- и жаростойких бетонов с учетом рабочей температуры его применения. Шамот изготавливают обжигом огнеупорных глин при температуре 1300-1500 °С до потери пластичности, удаления химически связанной воды и доведения до спекания с последующим измельчением и рассевом по фракциям. В зависимости от огнеупорности шамот разделяют на три класса: класс А - огнеупорность не ниже 1730 °С, класс Б - огнеупорность не ниже 1670 °С, класс В - огнеупорность не ниже 1580 °С. В качестве мелкого заполнителя был выбран гранулированный шлак, который может

значительно снижать усадочные деформации, как при твердении, так и при высокотемпературном эксплуатационном воздействии на бетон.

Для увеличения прочности на растяжение и термостойкости цементного камня и бетона в целом предлагается осуществить микроармирование хризотил-асбестовым волокном – минералом, обладающего высокой прочностью на разрыв, эластичностью, тепло- и огнестойкостью [6].

Технология приготовления смеси термо- и жаростойкого бетона аэродромных покрытий в полевых условиях из предложенных исходных компонентов может включать следующие этапы.

1. Дозирование компонентов бетонной смеси на один замес.
2. Перемешивание в бетоносмесителе принудительного действия.
3. Подачу бетонной смеси к месту укладки бетона на аэродроме с последующей загрузкой в опалубку. Приготовление смеси должно производиться непосредственно вблизи участка строительства, поэтому в целях предотвращения возможного расслаивания смеси бетона должно быть сокращено время и расстояние ее транспортировки.

Таким образом, на основании проведенного анализа, предполагается, что применение рассмотренных материалов позволит разработать термостойкий бетон с улучшенными свойствами для участков аэродромных покрытий, с сохранением их прочности и стабильности при комбинированном огневом и ударно-волновом воздействиях.

1. Огнестойкость зданий / В.П. Бушев [и др.]. М.: Стройиздат, 1970. 261 с.
2. Ройтман В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых
3. Аэродромные покрытия. Современный взгляд / В.А. Кульчицкий [и др.]. М.: Физико-математическая литература, 2002. 528 с.
4. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги.
5. ГОСТ 20910-2019 «Бетоны жаростойкие. Технические условия».
6. Загоруйко Т.В., Леденев А.А., Перцев В.Т. Оценка термических и теплофизических свойств бетонов для повышения огнестойкости конструкций зданий и сооружений / Сборник статей по материалам VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций», 26 декабря 2017 г., г. Воронеж [Текст]: [сб. статей конф.] / Воронеж: Воронежский институт – филиал ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – С. 812 – 819.