

В.В. РЕМНЁВ, д-р техн. наук (rema97776952@yandex.ru)

Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона – НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, АО «НИЦ «Строительство», Центр № 11 (109428, г. Москва, ул. 2-я Институтская, 6, к. 5)

Возможность применения монолитных пенобетонов в системах аварийного торможения воздушных судов

Проанализированы основные строительно-технические свойства и конкретные преимущества монолитного пенобетона, позволяющие применять его в системах аварийного торможения воздушных судов, устанавливаемых на взлетно-посадочных полосах аэродромов. Разработаны монолитные пенобетоны марок по плотности D200–D500 с объемом пор от 65–85%. Показано, что такие важные физико-технические свойства бетонов, как средняя плотность, теплопроводность, прочность и морозостойкость, зависят от показателей качества макропористой структуры пенобетонов и структуры межпоровых перегородок (мембран). Установлено снижение прочности пенобетона по мере увеличения дисперсии пористости. Показано, что увеличение водотвердого отношения приводит к значительному улучшению распределения пор.

Ключевые слова: система аварийного торможения самолетов, взлетно-посадочная полоса, монолитный пенобетон, структура поробетона, пористость.

Для цитирования: Ремнёв В.В. Возможность применения монолитных пенобетонов в системах аварийного торможения воздушных судов // *Бетон и железобетон*. 2022. № 2 (610). С. 41–44.

DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-610-2-41-44>

V.V. REMNEV, Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Head of the Center for Special Concrete and Structures (rema97776952@yandex.ru)
Research, Design and Technological institute of Concrete and Reinforced Concrete – NIIZHB named after A.A. Gvozdev
JSC “Research Center “Stroitel'stvo”, Center No. 11 (6, build. 5, 2-nd Institut'skaya Street, Moscow, 109428, Russian Federation)

Possibility of Application of Monolithic Foam Concretes in Aircraft Emergency Braking Systems

The main construction and technical properties and specific advantages of monolithic foam concrete, making it possible to use it in emergency braking systems installed on the runways of airfields are analyzed. Monolithic foam concrete of D200–D500 density grades with a pore volume of 65–85% have been developed. It is shown that such important physical and technical properties of concrete as average density, thermal conductivity, strength and frost resistance depend on the quality indicators of the macroporous structure of foam concrete and the structure of interpore partitions (membranes). A decrease in the strength of foam concrete was found as the porosity dispersion increased. It is shown that an increase in the water-solid ratio leads to a significant improvement in the pore distribution.

Keywords: aircraft emergency braking system, runway, monolithic foam concrete, porous concrete structure, porosity.

For citation: Remnev V.V. Possibility of application of monolithic foam concretes in aircraft emergency braking systems. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2022. No. 2 (610), pp. 41–44. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-610-2-41-44>

В настоящее время интенсивно ведется разработка различных систем аварийного торможения воздушных судов (ВС), принцип работы которых основан на передаче энергии от самолета к тормозному устройству, установленному на торце взлетно-посадочной полосы (ВПП). Примером такой системы может служить система аварийного торможения самолетов Engineered Material Arresting System (EMAS). Данная система аварийного торможения устанавливается по торцам ВПП. Принцип ее работы основан на передаче энергии движения самолета к материалу системы (Инженерная система задержания воздушных судов (EMAS)/Federal Aviation Administration, 09.12.2021. Aircraft detention engineering system (EMAS)/Federal Aviation Administration, 09.12.2021). Как только колеса самолета ломают материал, происходит плавное и

контролируемое торможение. Установка EMAS помогает эффективно затормозить ВС, не подвергая самолет сильным повреждениям. При установке EMAS стандартом считаются следующие размеры: 300 м – длина; 150 м – ширина; 0,45 м – высота.

Покрытие должно иметь поверхность, которая позволит замедлить движение самолета в случае наезда ВС, но быть относительно прочным, чтобы не препятствовать движению спасательных и пожарных машин или любому другому аспекту деятельности по реагированию на чрезвычайные ситуации. Зоны безопасности конца взлетно-посадочной полосы – это формальное средство ограничения последствий, когда самолеты пересекают конец ВПП во время посадки или отклоненного взлета или идут мимо посадочной полосы. Незначительные выкаты

ВС за пределы взлетно-посадочной полосы являются относительно частым явлением. Большинство источников данных указывает на значительные происшествя в среднем раз в неделю по всему миру. Так, например, 19 января 2010 г. самолет Bombardier CRJ200 на внутреннем пассажирском рейсе, вылетевшем из г. Чарльстон в г. Шарлотт (США), совершил скоростной отклоненный взлет в условиях нормальной дневной видимости и врезался в конце сухой взлетно-посадочной полосы в установку EMAS. Самолет остановился в пределах EMAS (см. рисунок) в соответствии с проектными параметрами, применимыми к данному типу самолета, и получил лишь небольшие повреждения (Skybrary Aviation Safety-CRJ2, Charleston WVP USA, 2010). Никто из 34 пассажиров не пострадал.

EMAS, или в вольном переводе «система инженерных материалов для остановки воздушных судов», — это специальная подложка из специальных бетонных плит, находящаяся в конце взлетно-посадочной полосы, задачей которой является снижение риска выката воздушного судна за ее пределы. Ее использование может уменьшить вероятность получения травм членами экипажа и пассажирами при минимальном повреждении конструкции самолета. В русскоязычных документах обычно применяется термин «концевая зона безопасности ВПП». Чаше всего используемая технология EMAS заключается в применении достаточно массивных и в то же время легких бетонных конструкций, обладающих заведомо повышенной хрупкостью, благодаря которым под тяжестью самолета его колеса вязнут в этой подложке. В зависимости от типа и скорости самолета, EMAS также может полностью затормозить катящуюся машину (Engineered Materials Arresting System (EMAS)/skybrary.aero).

В НИИЖБ им. А.А. Гвоздева (АО «НИЦ «Строительство») разработаны монолитные пенобетоны марок по плотности D200–D500 с объемом пор 65–85%. Установлено, что такие важные физико-технические

свойства бетонов, как средняя плотность, теплопроводность, прочность и морозостойкость, зависят от показателей качества макропористой структуры пенобетонов и структуры межпоровых перегородок (мембран) [1].

Макропористая структура пенобетонов характеризуется:

- сферическими пора́ми разного диаметра;
- соотношением между количеством макро- и микропор от 5 до 7;
- однородным распределением пор в объеме бетона.

На качество макропористой структуры большое влияние оказывают составы пенобетонных смесей и способ поризации.

Для формирования структуры применяются:

- трехстадийный способ, по которому предварительно изготавливается из сырьевых компонентов растворная смесь, с помощью пеногенератора приготавливается пена и, наконец, производится смешивание растворной части и готовой пены;
- одностадийный способ, при котором процессы смешивания компонентов происходят одновременно с их механохимической активизацией и поризацией смеси;
- аэрирование растворной смеси под давлением.

На практике применяются разновидности этих способов и их совокупность в различных комбинациях.

В результате получают пенобетоны, пористая структура которых характеризуется мелкими замкнутыми сферическими пора́ми, а сами бетоны имеют улучшенные показатели строительно-технических свойств [2–8].

В технологии изготовления поризованных бетонов особо низкой плотности имеют широкое применение комплексные химические добавки, основными преимуществами которых являются:

- а) полифункциональность действия, т. е. способность влиять сразу на несколько характеристик смеси или бетона (часто не связанных друг с другом);
- б) возможность с их помощью существенно усилить или углубить какой-либо эффект, предельно достигаемый при введении однокомпонентной добавки;
- в) возможность уменьшения или практически полного устранения нежелательного побочного действия каждой составляющей комплексной добавки;
- г) возможность получения большей универсальности их действия, под которой понимается практическая независимость получаемого эффекта от химико-минералогического состава цемента и состава бетона [1, 4].

Таким образом, стабильное качество сырьевых компонентов, механохимическая активация сырьевых смесей, оптимальные составы и параметры



Торможение ВС на системе EMAS
Aircraft braking on the EMAS system

Таблица 1
Table 1

Общая пористость и макропористость
монолитных бетонов
General porosity and macroporosity of monolithic concrete

Средняя плотность, кг/м ³	В/Т	Общая пористость (II)	Макропористость (Пг)
263	0,45	0,84	0,73
268	0,5	0,845	0,71
265	0,55	0,85	0,64
248	0,6	0,857	0,7
250	0,65	0,86	0,68

Таблица 2
Table 2

Влияние В/Т на прочность
и средний диаметр пор пенобетона
Influence of water-solid ratio on strength
and average pore diameter of foam concrete

Средняя плотность бетона, кг/м ³	В/Т	Средняя длина хорд, мм	Средний диаметр пор, мм	Прочность при сжатии, МПа	Дисперсия пористости
250	0,65	0,768	0,88	0,72	0,05
248	0,6	0,720	0,82	0,7	0,048
265	0,55	0,706	0,806	0,67	0,045
268	0,5	0,654	0,75	0,65	0,044
263	0,45	0,543	0,62	0,62	0,035

приготовления смесей, отсутствие деструктивных процессов при твердении обеспечивают высокую однородность и стабильность качественных показателей неавтоклавного пенобетона.

Установлено, что получение более высоких прочностей пенобетона с переходом на смеси, характеризующиеся более высоким водотвердым отношением (В/Т) и соответственно высокой пластичностью, объясняется образованием пор правильной сферической формы и улучшением базового состава межпустотного материала, а также повышением однородности распределения пор, которая оценивалась дисперсией пористости.

Список литературы

1. Звездов А.И., Ярмаковский В.Н. Легкие бетоны нового поколения в современном строительстве // *Строительный эксперт*. 2005. № 16 (203). С. 4–5.
2. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Экономические предпосылки применения высокопрочных легких бетонов // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2012. № 5. С. 198–205.
3. Ярмаковский В.Н., Бремнер Т.У. Легкий бетон: настоящее и будущее // *Строительный эксперт*. 2005. № 20. С. 5–7.

С увеличением В/Т наблюдается резкое изменение характера пор – от агрегатов пор вытянутой нечеткой формы к цепочкам круглых пор, отделяющихся друг от друга перетяжками, и, наконец, к одиночным порам правильной сферической формы с четкими очертаниями.

За счет перехода от агрегатов к отдельным порам происходит уменьшение их размера в 1,5–2 раза.

Наилучшая форма пор с точки зрения прочности и теплопроводности сферическая, что обеспечивается применением пенобетонных смесей с повышенными В/Т и пластичной консистенции.

Проведены исследования по влиянию водотвердого отношения (и соответственно пластичности смеси) на качество пористой структуры (Рекомендации по изготовлению и применению изделий из неавтоклавного ячеистого бетона. М.: НИИЖБ, 1986. 34 с.).

На основании экспериментальных данных по средней плотности 250 кг/м³ и исходного В/Т (0,45; 0,5; 0,55; 0,6; 0,65) определены общая пористость (П) и объемная макропористость (Пг) (табл. 1).

Следует отметить, что увеличение водотвердого отношения приводит к значительному понижению дисперсии, свидетельствующему о повышении однородности распределения пор.

Расчетным путем определено влияние В/Т на средние значения длин хорд и средние диаметры пор образцов монолитного бетона средней плотностью 250 кг/м³ (табл. 2).

При исследовании влияния однородности распределения пор (дисперсия пористости) в пенобетоне на прочность бетона, проведенном на образцах со средней плотностью 250 кг/м³, установлено снижение прочности такого бетона по мере увеличения дисперсии пористости.

Таким образом, многочисленные исследования, проводимые в НИИЖБ, позволяют рекомендовать монолитные пенобетоны для применения в системах аварийного торможения EMAS, после предварительных натурных исследований на взлетно-посадочной полосе.

References

1. Zvezdov A.I., Yarmakovsky V.N. Lightweight concretes of a new generation in modern construction. *Stroitel'nyi ekspert*. 2005. No. 16 (203), pp. 4–5. (In Russian).
2. Inozemtsev A.S., Korolev E.V. Economic prerequisites for the use of high-strength lightweight concretes. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzh'ya*. 2012. No. 5, pp. 198–205. (In Russian).
3. Yarmakovsky V.N., Bremner T.U. Lightweight concrete: present and future. *Stroitel'nyi ekspert*. 2005. No. 20, pp. 5–7. (In Russian).

4. Звездов А.И., Фаликман В.Р. Высокопрочные легкие бетоны в строительстве и архитектуре // *Жилищное строительство*. 2008. № 7. С. 2–7.
5. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Структурообразование и свойства конструкционных высокопрочных легких бетонов с применением наномодификатора BisNanoActivus // *Строительные материалы*. 2014. № 1–2. С. 33–37.
6. Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н. К нормированию физико-механических характеристик высокопрочных легких бетонов и методам расчета конструкций из них // *Жилищное строительство*. 2016. № 7. С. 25–28.
7. Карпенко Н.И., Ярмаковский В.Н. Конструкционные легкие бетоны для нефтедобывающих платформ в северных приливных морях и морях Дальнего Востока // *Вестник инженерной школы ДВФУ*. 2015. № 2. С. 105–114.
8. Ярмаковский В.Н. Физико-химические и структурно-технологические основы получения высокопрочных и высокодолговечных конструкционных легких бетонов // *Строительные материалы*. 2016. № 6. С. 6–11.
4. Zvezdov A.I., Falikman V.R. High-strength lightweight concrete in construction and architecture. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2008. No. 7, pp. 2–7. (In Russian).
5. Inozemtsev A.S., Korolev E.V. Structure formation and properties of structural high-strength lightweight concretes with the use of nanomodifier BisNanoActivus. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 1–2, pp. 33–37. (In Russian).
6. Karpenko N.I., Yarmakovskiy V.N. To the normalization of physical and mechanical characteristics of high-strength lightweight concrete and methods of calculating structures from them. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 7, pp. 25–28. (In Russian).
7. Karpenko N.I., Yarmakovskiy V.N. Structural lightweight concretes for oil production platforms in the northern tidal seas and the seas of the Far. *Vestnik inzhenernoi shkoly DVFU*. 2015. No. 2, pp. 105–114. (In Russian).
8. Yarmakovskiy V.N. Physico-chemical and structurally technological bases for obtaining high-strength and long-lasting structural lightweight concretes. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2016. No. 6, pp. 6–11. (In Russian).

В РАМКАХ ВЫСТАВКИ
СТТ EXPO

25–26
МАЯ 2022

МОСКВА
МВЦ «КРОКУС ЭКСПО»,
ПАВИЛЬОН 3,
ОТЕЛЬ «АКВАРИУМ»

www.fc-union.com,
info@fc-union.com,
+7 (495) 66-55-014,
+7 925 57-57-810

IX МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ:
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ,
СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕХНИКА,
ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ»

Организатор конференции

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ

Генеральный спонсор
конференции

СИНЕРГО

Спонсоры конференции

MALININ
GROUP

Официальная поддержка

НИИ строительство
научно-исследовательский центр

Генеральные информационные партнеры

ФУНДАМЕНТЫ

СТТ

ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНОВ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ

СТРОИТЕЛЬНАЯ
ОРБИТА

СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ