

# ВОЛОКНИСТО-БЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОВЫШЕННОЙ ОГНЕСТОЙКОСТИ



А.А. САВЕЛЬЕВ, директор департамента исследований и разработок ООО «Си Айрлайд»

**В современном строительстве все шире стали применяться конструкции из бетонов повышенной прочности или прошедших тепловлажностную обработку, с тонкостенными и предварительно напряженными элементами. Ярким выраженным недостатком высокопрочного бетона является потеря своих высоких физико-механических свойств при воздействии высоких температур. В последние годы при пожарах все чаще наблюдается хрупкое разрушение бетона в бетонных и ж/б конструкциях. Дальнейшее расширение области применения высокопрочных тонкостенных ж/б конструкций во многом зависит от разработки эффективных технологических и конструктивных мероприятий по повышению их огнестойкости, что является актуальной задачей.**

В связи с этим в нашей стране и за рубежом были проведены значительные экспериментальные и теоретические исследования по изучению хрупкого разрушения бетона при пожаре. Характерной особенностью высокопрочного бетона является его взрывообразное разрушение, что может привести к частичному или полному разрушению конструкции. Хрупкое (взрывообразное) разрушение бетона при пожаре наиболее опасно для несущих конструкций, особенно для конструкций с небольшим поперечным сечением, воспринимающих большие нагрузки. Их преждевременное разрушение может вызвать обрушение других конструкций или здания (сооружения) в целом. Особое внимание следует обратить на возможность хрупкого разрушения бетона несущих колонн и панелей нижних этажей, а также подвалов многоэтажных зданий автомобильных парковок. Разработка мероприятий по защите высокопрочного бетона от такого разрушения позволит защитить несущие железобетонные конструкции от такого разрушения и, следовательно, обеспечит требуемую огнестойкость при воздействии высоких температур пожара.

При высокотемпературном огневом воздействии во время пожара в цементной матрице бетона происходят физико-химические процессы, изменяющие его механические свойства. При влажности бетона выше 3% и огневом воздействии с температурой 200°C и более происходит хрупкое поверхностное разрушение бетона и ликвидация защитного слоя рабочей арматуры с вероятным образованием сквозного отверстия. Уменьшение размера поперечного сечения несущей вертикальную нагрузку колонны или панели при их одностороннем

нагреве приводит к увеличению напряжений в оставшейся части сечения как за счет снижения величины ее площади, так и за счет появления дополнительного изгибающего момента.

Уменьшение толщины защитного слоя несущей арматуры в железобетонных балках приводит к быстрому прогреву арматуры до критической температуры (500-700°C) и разрушению конструкции. Снижение толщины ограждающей конструкции приводит к увеличению температуры ее ненагреваемой поверхности до критической (180-220°C) и в результате – к достижению предела огнестойкости конструкции.

В настоящее время в Европе руководствуются стандартом EN 1992-1-2:2004 «Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-2. Общие правила определения огнестойкости». В техническом кодексе рассматриваются методы пассивной противопожарной защиты, что распространяется на проектирование конструкций, которые должны выполнять требуемые функции (несущую и/или ограждающую) в течение установленной продолжительности регламентируемого воздействия пожара при заданном уровне нагрузки. Приведены дополнительные правила для конструкций из высокопрочного бетона и отмечены действия высоких температур с учетом характеристик бетона, включая риск хрупкого разрушения. Для бетонов класса выше В60 характерно его хрупкое разрушение при пожаре, для защиты от которого необходимо мероприятие, исключающее и/или снижающее вероятность хрупкого разрушения. Одним из эффективных рекомендуемых методов является добавление в бетонную смесь полипропиленовых волокон (метод D).

Научно-производственной компанией «Си Айрлайд» разработаны рекомендации по модифицированию (повышению физико-механических свойств) структуры высокопрочного бетона классов В60-В90 с одновременным дополнительным эффектом, исключающим хрупкое разрушение бетона при пожаре. Синергетический эффект достигается посредством введения полипропиленовых волокон «ВСМ» в состав бетон-матрицы ж/б конструкции и определению остаточной несущей способности при условии предупреждения бетона от взрывообразного разрушения.

Армирующий модификатор «ВСМ» удовлетворяет требованиям ТУ 2272-006-1349727-2007, обеспечивает соответствие европейскому стандарту EN 14889-2:2006 «Волокна для армирования бетона. Часть 2. Полимерные волокна» в части требований для полимерных волокон

конструкционного назначения в бетонах и строительных композитах для увеличения прочности при изгибе, удовлетворяет условиям к полимерным волокнам в соответствии с ВСН 56-97 «Проектирование и основные положения технологий производства фибробетонных конструкций», п. 1.2.13».

Бетоны, модифицированные «ВСМ», соответствуют нормативным документам по показателям прочности, трещиностойкости, морозостойкости и водонепроницаемости: ГОСТ 25192, ГОСТ 26633, СНиП 2.03.01, EN 206-1 «Бетон. Общие технические требования», СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии».

Согласно ГОСТ 24211-2008 волокна серии «ВСМ» относятся к группам добавок:

- 2.3 – снижающие проницаемость (увеличение марки по водонепроницаемости), дополнительный эффект – повышение стойкости бетона к воздействию агрессивных сред;
- 2.5 – повышающие морозостойкость (увеличение стойкости в условиях многократного переменного замораживания и оттаивания).

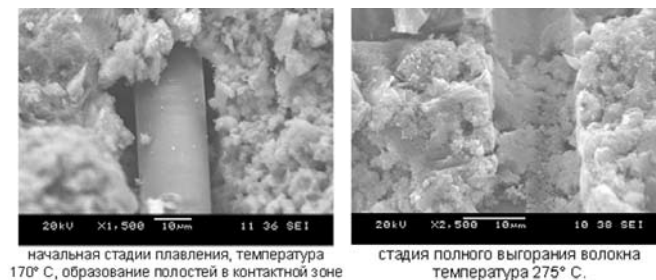
Бетоны, выполненные по технологии «ВСМ», предназначены для жилищно-гражданского строительства, дорожных покрытий, мостовых, гидротехнических конструкций и сооружений, работающих в неблагоприятных средах агрессивного воздействия, и обеспечивают бетонам и растворам специальные свойства – повышение огнезащитных характеристик бетона.

Было показано, что использование тонкого полипропиленового волокна снижает вероятность взрывного откалывания при воздействии огня. Проведенные испытания доказывают, что включение макроволокон из стали или полиолефина не оказывает существенного влияния на процесс взрывного откалывания, который происходит при воздействии огня по условиям, изложенным в ГОСТ 30247.0-94 «Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования» и ГОСТ 30247.1-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции».

Высокая эффективность микроволокон «ВСМ» – следствие большого их количества в единице объема, около  $300 \cdot 10^6 \div 240 \cdot 10^6$  на кубометр бетон-матрицы, против  $20 \cdot 10^3 \div 30 \cdot 10^3$  при использовании крупного волокна.

В условиях эксплуатации бетонные и ж/б конструкции находятся в состоянии равновесной влажности, величина которой зависит от параметров их капиллярно-пористой структуры. Уже при нагреве в их поровой структуре появляется пар. В случае когда пор мало или они сообщающиеся и открытые, пар в условиях пожара способствует только замедлению продвижения температурного фронта в глубину конструкции. Если поры закрытые, то парообразная влага развивает в них избыточное давление, способствуя продвижению высоких температур внутрь конструкции с ее растрескиванием и разрушением. Выгорающие волокна «ВСМ», изготовленные из низкоплавкого полимера, при нагреве образуют как открытую, так и условно-замкнутую

пористость, приводящую к снижению внутрискрутного парового давления в высокопрочном бетоне при высокотемпературном воздействии.



Бетоны, выполненные по технологии «ВСМ», кроме достижения основного эффекта действия – модифицирующий и армирующий компонент – обеспечивают эффективное предохранение бетонных и ж/б конструкций от хрупкого разрушения при огневом воздействии.

Результаты натурных стендовых огневых испытаний бетонных перекрытий позволили оценить эффективное дополнительное действие дисперсно-армирующей модифицирующей добавки «ВСМ» на прочность при статическом нагружении и огнестойкие показатели бетонов.

Критерием эффективности являлись: потеря несущей способности вследствие возникновения предельных деформаций (R) строительного элемента и потеря целостности в результате откалывания от нагреваемой поверхности кусков бетона в виде лешадек (E), что уменьшает толщину защитного слоя, сокращает сечение бетонной конструкции, уменьшает толщину защитного слоя арматуры.

Результатами испытаний элементов строительной конструкции подтверждена повышенная сопротивляемость огневому воздействию модифицированного бетона. Предел огнестойкости изделия размерами 1700x1000x200 мм, изготовленного из тяжелого бетона В60 средней плотностью 2200 кг/м<sup>3</sup>, в варианте исполнения по технологии «ВСМ» и испытанного с приложением статической нагрузки, составляет более 180 мин., что соответствует классификации R180 по ГОСТ 30247.0.

В процессе проведения испытания контрольного – без «ВСМ» – образца зафиксировано хрупкое разрушение бетона, которое началось в первой трети часа и продолжалось в течение всего периода до полного оголения армирующего каркаса.

Дисперсно-армирующая добавка серии «ВСМ» в цементных бетонах является эффективным компонентом повышения пределов огнестойкости и огнесохранности строительных конструкций во время и после пожара и служит оптимальным технологическим мероприятием по предотвращению хрупкого разрушения бетона при огневом воздействии.

ООО «Си Айрлайн»  
454077, г. Челябинск,  
Бродокалмацкий тракт, 6а  
Тел. (351) 211-0-300  
www.volokno.su