

## УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ПУТЁМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОГО ВОЛОКНА (ФИБРОВЛОКНО)

*Ст. преп. Бабичев В.А., студ. Артюшенко В.А., ДонНТУ, г. Донецк*

В 1998 году исполняется 15 лет с того момента, как полипропиленовые волокна (фиброволокно, ППВ) для бетона стали широко использоваться во всем мире. В 1963 году в научно-исследовательскую инженерную лабораторию армии США поступило сообщение о том, что полипропилен является одним из целого ряда волоконных материалов, которые значительно повышают сопротивление удару и устойчивость бетона к раскалыванию. По этой причине в коммерческих целях ППВ впервые было использовано в защитных оболочках свай.

Однако, полностью его потенциал реализовался в 80-е годы, главным образом в бетонных плитах покрытий. Сегодня в США 10% всего товарного бетона содержит ППВ, а в Великобритании уложены миллионы кубометров такого бетона. В настоящее время волокна используются в конструкционном бетоне для морских укреплений, мостов и водохранилищ, а также в сборном бетоне и торкрет-бетоне. Новые разработки включают антибактериальный бетон, тонкий бетон для покрытия асфальтированных дорог, бетон с обнажённым заполнителем - с шуршащей поверхностью, бетон, менее подверженный взрывному откалыванию при воздействии огня.

Полипропиленовые волокна - это олефиновые волокна, изготовленные из полимеров или сополимеров пропилена. Расплавленный полипропилен подвергается штамповке с вытяжкой, образуя ровные листы или волокна. Затем из него можно получить два типа ППВ. Ровные листы расщепляются на мелкие волокнистые элементы, из которых состоит основная структура, и разрезаются на части различной длины. Эти фибриллированные волокна в поперечном сечении имеют форму, близкую к прямоугольной. Волокна с круглым поперечным сечением также разрезаются на части различной длины для получения моно- и мультифиламентных волокон. ППВ - чистое, безопасное, простое в использовании, химически нейтральное и совместимое со всеми вяжущими веществами и добавками волокно.

Количество, тип и длина используемых волокон зависит от требований проекта. Обычная дозировка составляет 0,1% по объёму или 0,6 - 0,9 кг/м<sup>3</sup> бетона. Для удобства в применении ППВ поставляется в растворимых мешках по 0,6 - 0,9 кг. На каждый кубометр бетона добавляется один мешок - или в смесительную установку на бетонном заводе или прямо в автобетономешалку. Достаточно всего 5 минут смешивания в автобетономешалке для равномерного рассеивания без образования комков и скоплений. Более высокая дозировка, особенно фибриллированных волокон, используется в сборном бетоне, торкрет-бетоне и других видах бетона, где важна прочность и устойчивость к раскалыванию.

При дозировке 0,1-1% ППВ не обеспечивает первичного армирования. Теория показывает, что количество волокна, которое выдерживает нагрузку после растрескивания - критический объем волокна - для ППВ составляет примерно 2% по объёму. Такое количество трудно ввести в бетонную смесь и оно неприемлемо с коммерческой точки зрения. Однако, дозировка 0,1-1% ППВ по объёму действительно даёт определённые преимущества бетону, как в пластичном, так и в затвердевшем состоянии. Волокна оказывают эффект немедленно, повышая сцепление бетонной смеси, препятствуя оседанию крупных, тяжёлых частиц при уплотнении и облегчая подачу бетонной смеси насосом. ППВ повышает способность бетона к деформации без разрушения в критический период схватывания, что мешает образованию микротрещин внутри застывшего бетона, а также

сдерживает расширение видимых поверхностных трещин, возникших при пластической усадке. ППВ препятствует перемещению и последующему испарению воды, повышая гидратацию цемента на поверхности, но не заменяет надлежащих процедур выдерживания бетона. 16 лет независимого тестирования по всему миру, теперь подкреплённого сертификатом ВВА, показали, что ППВ в количестве 0,1% по объёму обеспечивает устойчивость к выступанию воды, оседанию, растрескиванию при пластической усадке, истиранию, циклам замораживание/оттаивание, сопротивление удару, а также огнестойкость, остаточную прочность, антимикробную защиту и пониженную проницаемость.

Вышеописанные преимущества означают, что ППВ можно использовать во всех областях применения бетона. Выгода ППВ видна при анализе затрат даже на такие сооружения как мосты, водохранилища и стенки набережных. Но с наибольшим успехом этот материал использовался в бетонных плитах покрытий, особенно там, где он служил заменой вторичной стальной проволочной арматуры. Расчёты для бетонных плит покрытия с ППВ ничем не отличаются от обычных, изложенных в техническом отчёте N34 «Общества Бетона». ППВ не увеличивает допустимую нагрузку бетонной плиты заданной прочности и толщины. Простота в применении, устранение стальной арматурной проволочной сетки и беспрепятственный доступ для выгрузки бетонной смеси делают укладку бетона с ППВ более быстрой и экономичной. Учитывая уже описанные преимущества поверхности такого бетона, нетрудно понять, почему он с таким успехом используется в плитах покрытий. Преимущества торкрет-бетона с ППВ заключаются в лучшем сцеплении бетонной смеси, что снижает отскок и ускоряет укладку.

При высокой дозировке более длинных фибриллированных волокон его прочность может сравниться с бетоном, содержащим 25-30 кг стальной арматуры. Преимущества сборного бетона с ППВ заключаются в уменьшении опасности случайного повреждения при распалубке и последующей транспортировке, пониженной проницаемости и, следовательно, меньшей подверженности коррозии. Преимущества бетона с ППВ при использовании скользящих опалубок заключаются в лучшем сцеплении бетонной смеси, что способствует повышению темпов строительства и снижению объёмов ремонтных работ.

Текущие испытания показывают обнадеживающие результаты - при использовании ППВ в количестве 1% по объёму повышается прочность бетона на срез, что может дать альтернативный метод проектирования соединений плит с колоннами. Волокна с антимикробными добавками борются с бактериями на протяжении всего срока службы бетонных конструкций. Использование ППВ в бетоне с обнажённым заполнителем усиливает внутреннюю опору и удерживает крупный заполнитель близко к поверхности.

В ультратонкие белые покрытия, которые более 20 лет используются в США в качестве верхнего слоя асфальтированных дорог, последние 6 лет добавляется ППВ для повышения прочности 50-75 мм бетонного покрытия, укладываемого поверх асфальта.

Бетон с высокими рабочими характеристиками, обладающий прочностью 60-100 МПа и более, приобретает все большую популярность во всей Европе. Однако, как показал пожар в туннеле под Ла-Маншем, такой бетон подвержен взрывному откалыванию при температуре выше 200°C. ППВ обеспечивает безопасный выход перегретого пара через капилляры на поверхность, когда плавится полипропилен при температуре 160-170°C, и в настоящее время ППВ вводится в спецификации бетона для туннелей и других областей применения, где взрывное откалывание может угрожать жизни.

Исследование и совершенствование этой и других указанных характеристик подтверждает, что ППВ продолжает оставаться неотъемлемой частью бетонного

строительства.