

# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НОВЫХ ВИДОВ БЕТОНА В РФ

С самого начала изобретения бетон становится одним из основных строительных материалов, используемых в строительстве. Эжен Фрисинне, изобретая его, дал толчок развитию науки бетоноведения, которая развивается и по сей день. Являясь по истине главным строительным материалом XX века, бетон, а тем более его разновидность — железобетон, благодаря уникальным свойствам занимает лидирующую позицию на строительном рынке и постоянно расширяет свое присутствие в различных видах строительных конструкций. Благодаря своим свойствам он в состоянии заменить во многих конструкциях собой не только дорогой металл, но также и другие материалы.

Например, для производства одной тонны стали необходимо переработать 20 тонн первичных ресурсов, из них 19 тонн — в виде отходов — возвращается в окружающую среду. В свою очередь производство бетона может быть полностью безотходным, а в большинстве случаев служить способом утилизации отходов других отраслей. При этом исследования показали, что некоторые экологически опасные промышленные отходы в бетоне нейтрализуются, что является немаловажным обстоятельством [2].

Во всем мире именно наука о бетоне переживает инновационный импульс. Изначально бетон представлял собой пятикомпонентную систему. Постепенно она превратилась в 6-компонентную: цемент, наполнители (песок и щебень), вода, добавки и воздух. Нам требуется контролировать все параметры, а особенно — две стихии: воздух и воду. За каждым из вышеперечисленных компонентов стоят целые отрасли. Являясь композитом, бетон вобрал и вбирает из каждой из этих отраслей что-то новое и инновационное по мере их развития. Понятно, если отрасли не развиваются, то проигрывает и конечный продукт — бетон.

В настоящее время на строительных площадках мира используется порядка 5 млрд куб. м как товарного бетона, так и железобетона, и данные объемы растут постоянно. В данный момент времени рынок испытывает некоторую стагнацию. Прежде всего это связано с экономическим кризисом. Тем не менее бетон остается лидером

использования, и это связано с его доступностью как материала и наличием целого ряда факторов:

- **хорошие** физико-механические свойства, которые удовлетворяют как конструкционный материал при строительстве самых разнообразных зданий и сооружений — от гражданского назначения до плотин и гидротехнических сооружений;
- **неограниченные** архитектурные возможности, особенно в последнее время, с появлением самоуплотняющихся бетонов и бетонов с новыми видами армирования;
- в качестве сырья для приготовления бетонов могут использоваться материалы вторичного происхождения и рециклинга, также могут использоваться материалы местного, локального производства;
- достаточно **низкая энергоемкость** исходных материалов, что касается как новой технологии производства цемента, так и общей технологии производства в целом;
- **высокие эколого-экономические показатели** производства и применения бетона и железобетона (по сравнению с другими взаимозаменяемыми материалами).

Благодаря всем перечисленным преимуществам именно бетон, с точки зрения долговечности и эксплуатационной надежности, должен заменить нам природный камень, дерево и сталь.



Для этого нужны не только благоприятные условия эксплуатации, но также и правильное использование определенных видов бетонов в соответствующих конструкциях, и тогда бетон будет служить нам вечно.

Вышесказанное доказывает и то, что в прошлом, XX веке, только в России было использовано более 21 млрд куб. м бетона и железобетона. На его производство ушло более 70% всего выпущенного цемента и

30% нерудных строительных материалов. В стоимостном выражении на бетон и железобетон приходится около 60% от стоимости всех применяемых в строительстве материалов. В этой отрасли занято примерно 400 тыс. работников, а доля продукции составляет 2% от общего валового продукта Российской Федерации (вся промышленность стройматериалов — 3%). Таким образом, эффективность функционирования отрасли производства бетона и железобетона в значительной мере определяет уровень всей промышленности стройматериалов [1].

В сегодняшней ситуации налицо отставание данной отрасли, как и страны в целом, от развитых стран на 30 лет. Российское бетоноведение в настоящее время находится на низком, слабом уровне. Только за счет старых данных, знаний наших корифеев и энтузиастов мы имеем многие решения и изобретения. К сожалению, к вопросам производства и изготовления бетона пытаются прикоснуться и некомпетентные люди, действия которых вызывают определенные сомнения, но, тем не менее, даже у них можно найти здоровое зерно, способное послужить прогрессу.

Тем не менее, в нашей стране по уровню технических и экономических показателей в ближайшее время именно бетон и железобетон по-прежнему останутся основными конструкционными материалами, занимая приоритетные места в общей структуре мирового производства строительной продукции. Дальнейшее использование бетона и железобетона позволит возводить долговечные, грандиозные и уникальные объекты и сооружения. По мнению специалистов, железобетон сохранит свою лидирующую роль в строительстве и в текущем столетии.

К сожалению, именно к качеству бетона у нас и возникает ряд многочисленных вопросов. По моему субъективному мнению, надо наладить просто правильное производство товарного бетона. В так называемые «жирные», «углеводородные» годы, у нас расплодилось множество бетонных заводов. Качество их продукции можно было постоянно подвергать сомнению, в производстве ими бетоне было трудно найти то щебень, то цемент...

Именно в девяностые годы, когда наша цементная промышленность перешла на рыночные условия, должны были бы упасть

цены, ужесточиться конкуренция, вырасти качество, однако все это стало иметь обратный эффект. В некоторых регионах произошла узурпация рынка, а качество отечественных цементов сильно уступает качеству цементов, производимых в Германии и Финляндии, так сказать, технологически развитых странах.

Принципиально все параметры срока службы и долговечности бетонов закладываются на первом технологическом этапе изготовления. Как подобран состав, соблюдены ли все нормы подготовки и хранения инертных материалов и цемента — все это, в конечном счете, окажет влияние на конечный продукт.

Громкие заявления некоторых собственников о перевооружении оказались фарсом, тут и кризис подоспел. Не хочу сказать, что вообще ничего не делается, но, может, ощущается нехватка инвестиций, может, идут долгие согласования, но мы действительно сильно отстали в данной отрасли. Но некоторые предприниматели верят в светлое будущее и продолжают инвестиции в строительство новых заводов, несмотря на сложную экономическую ситуацию.

В настоящее время в России преобладает энергоемкий «мокрый» способ производства, доля которого в выпуске цементного клинкера составляет 87%, а в производстве цемента — 85,6%. Данный вид производства не позволяет нам производить именно тот новый сегмент бетонов, который будет отвечать всем современным требованиям как высотного, так и простого строительства.

В цементной промышленности США доля «мокрого» производства составляет около 40%, а в Германии, Испании, Италии, Японии и других странах с развитой цементной промышленностью производство осуществляется исключительно энергосберегающим «сухим» способом, при котором удельный расход топлива составляет 100–115 кг у. т. на тонну клинкера, в то время как использование «мокрого» способа на российских предприятиях требует 218,7 кг у. т. на тонну клинкера. Согласитесь, в условиях роста цен на энергоносители и в преддверии вхождения России в ВТО это достаточно актуально.

Ранее цементные предприятия испытывали большие трудности в связи со значительными сезонными колебаниями в объеме поставок цемента потребителям. Благодаря смягчению климата и глобальному потеплению, а также применению современных технологий производства сбыт цемента в осенне-зимний период фактически не сокращается, а, наоборот, в некоторых регионах даже увеличивается, хотя в прежние годы наблюдалось сезонное сокращение потребления в 2–3 раза.

Многие российские производства действительно сильно устарели, из-за постоянного спроса даже они не могут своевре-



менно производить профилактические работы по своевременному ремонту, не говоря о тотальной модернизации.

Ярким примером может служить оставка на профилактические работы завода в г. Пикалево Ленинградской области в летний период (в 2006 г.). Производители бетона фактически задохнулись от нехватки цемента. Крупнейшие предприятия строительной отрасли Петербурга стали отпущать бетон «в час по чайной ложке», объемы резко упали, цены поползли вверх. Активизировались мелкие производители бетонов. Благо, в последнее время рынок стал насыщаться новыми растворными узлами. Но, простите, качество производимых ими бетонов иногда просто не соответствовало не то что визуальному контролю, а просто не входило ни в какие рамки. И возникает вопрос: насколько будут долговечны возведенные конструкции из такого бетона?

Решение этой проблемы требует государственной поддержки. Перспективное развитие цементной промышленности должно планироваться по таким основным направлениям, как:

- техническое перевооружение и реконструкция заводов с целью обновления основных фондов, доведение доли «сухого» способа производства цемента до 80–85%;
- разработка и внедрение высокоэффективных энергосберегающих технологий, удовлетворение потребностей строительного комплекса в ассортименте и строительно-технических свойствах цемента;
- широкое вовлечение в хозяйственный оборот отходов производства смежных отраслей промышленности;
- подготовка и повышение квалификации производственных и научных кадров;
- уменьшение вредных выбросов в атмосферу и улучшение условий труда;

- укрепление экспортного потенциала;
- подготовка предприятий к переходу на использование в качестве топлива угля и содержащих топливо отходов промышленности;
- переоснащение машиностроительной базы страны и организация массового выпуска цементного оборудования нового поколения;
- совершенствование размещения производства цемента по субъектам РФ.

Возвращаясь к вопросу развития строительной науки и бетоноведения в частности, хочется сказать о том, что недостаток инвестиций несопоставим, к сожалению, с достижениями в других областях науки и техники. Основным барьером инноваций в строительстве являются слишком высокие риски вложений в строительную науку и технологии. Данная проблема актуальна не только для России. По некоторым данным (Ф. Ятымич, США), среднемировые расходы на исследования и разработки составляют (в процентах от продаж в этих областях).

Данные таблицы подтверждают закономерность заметного отставания достижений в строительстве от разительных, буквально, революционных достижений во многих других областях, например, биотехнологии, нанотехнологии, информационной технологии и т. д. Эти данные являются усредненными, и развитие западной науки, конечно, находится на другом уровне. Но не может вызывать удивление и тот факт, что современное сверхвысокое и сверхдорогое здание или мост с невиданным доселе пролетом, от нормального функционирования которых зачастую зависит жизнь огромного количества людей, в ходе строительства и эксплуатации управляются сравнительно примитивными единичными системами контроля и мониторинга, стоимость которых несопоставима мала по сравнению со стоимостью контролируемых ими объектов и жизней людей, а современный автомобиль, который обеспечивает комфортную и безопасную жизнь всего одного или нескольких человек, напичкан управляющими системами, стоимость которых сопоставима со стоимостью самого автомобиля.

Поэтому, несомненно, говоря о сроке службы конструкций из железобетона, нельзя не упомянуть о сложности и многогранности проблемы, которая, по мнению некоторых известных зарубежных специалистов, зачастую решается не совсем

Область народного хозяйства	Расходы на исследования и разработки
Строительство	0,2–0,4
Химия	4,7
Автомобилестроение	3,8
Полупроводники	15,5
Компьютеры и офисное оборудование	4,6
Вся промышленность в целом	3,5–4,3



корректно. В данном материале я сконцентрировался на проблеме производства цементного вяжущего. Но многие западные ученые (такие, как С. Ростам из Дани) полагают, что поиск путей по продлению срока службы железобетона только исследованием и усовершенствованием свойств бетона и арматурной стали мало продуктивен, хотя и представляет определенный интерес. Проблему следует решать комплексно. Усовершенствование свойств обоих материалов и их оптимизация должны осуществляться с учетом их свойств в динамике и с учетом существа происходящих в конструкции процессов под воздействием окружающей среды.

Многие научные центры России в настоящее время занимаются вопросами бетоноведения. В Санкт-Петербурге ГАСУ и ПГУПС, в последнее время к ним подключился СПб ГПУ. Выпускники данных вузов с успехом работают на многих предприятиях отрасли, в тесном контакте осваивая новые разновидности бетонов.

В нашей стране одной из таких перспективных разработок можно назвать СУБ (самоуплотняющийся бетон) или High Perfomance Concrete, хотя на Западе за последние 15–20 лет специалисты-бетоноведы посвятили ему большой объем работ. Обратиться к развитию этой тематики пришлось прежде всего из-за вопросов высотного строительства, так называемых бетонов высокой технологии (High Perfomance Concrete), отличающихся высокой плотностью и низкой проницаемостью. Их применение принесло заметный эффект в повышении долговечности бетона, однако в плане защиты от коррозии у таких бетонов выявился другой недостаток — уменьшение количества гидроокислов кальция, которые связываются пуццолановыми добавками.

Применение современных, самоуплотняющихся бетонов, которые помимо своей основной роли защиты арматуры от коррозии играют и определенную экологическую роль защиты работающего персонала и окружающих от вибрации, а окружающей среды — от шума и пыли. Благодаря своим свойствам исключается применение на строительной площадке глубинных вибраторов и опалубочных виброблоков.

Однако в обоих случаях рецептура бетонов существенно усложняется, и для изготовления долговечных конструкций без изъянов требуются более совершенная техника и квалифицированные кадры. Но при этом возрастает вероятность технологических ошибок с непредсказуемыми последствиями. И в этом случае роль качества цемента играет не последнюю роль.

Кроме того, одним из основных предназначений бетона является защита арматуры от коррозии, поэтому непроницаемый

и долговечный бетон целесообразно применять, с технической и экономической точек зрения, только в защитном слое бетона.

Подытоживая все вышесказанное, в общем случае проектные концепции по долговечности могут быть предписывающего и эксплуатационного характера. Первые основаны на спецификациях материалов (технических условиях), вторые — на количественных прогнозах по долговечности, полученных из натуральных испытаний и измеренных фактических характеристик материалов.

В Европе действующий стандарт на бетон EN 206 и переработанный на его основе немецкий стандарт DIN 1045-1 имеют предписывающий характер. Проектирование на долговечность заключается в правильном определении класса или области применения и правильном подборе материалов, соответствующих этим требованиям (толщина защитного слоя и обработка бетона). В редких случаях для индивидуальных проектов, требуется доказательство морозостойкости бетона в присутствии солей-антиобледенителей, иногда подтверждения его водо- или газонепроницаемости. Рядом европейских стран разработаны свои эксплуатационные характеристики, используемые в дополнение к требованиям, изложенным в EN 206.

У нас и во многих странах для повышения долговечности железобетонных конструкций применяют некоторые дополнительные меры, в том числе вторичную защиту бетона, ингибиторы коррозии, катодную защиту, коррозионно-стойкие и нержавеющие стали, неметаллическую арматуру и т. д.

В РФ в качестве первоочередных мер требуется наладить выпуск обыкновенного, но качественного товарного бетона. Вилка, в которой действуют производители, должна быть сужена до уровня стандартов. Именно обыкновенный товарный бетон будет основным строительным материалом, и его доля в общей массе производства будет составлять 70–80%.

В качестве перспективного направления и, наверное, как обязательного для увеличения долговечности бетонов следует применять волокна (фибру). Именно за счет применения волокон можно увеличить трещиностойкость и надежность бетонных конструкций. Данные волокна могут быть как из базальта, полипропилена, хлопка, так и из других материалов. Несомненно, в качестве конструкционной в бетоне будет применяться стальная стержневая арматура, но с определенной долей вероятности — в разного рода плоскостных конструкциях. В частности, в полах, дорогах и перекрытиях вместе или без арматуры может быть использована стальная фибра.

Последние исследования и ряд работ убедительно подтвердили эту теорию прак-

тикой. В дальнейшем и в этом направлении должны вестись разработки. Благо, база уже подготовлена. Выпущен ряд РТМ для каждого из производителей на территории РФ: это ВСН 56-97, РТМ-17-01-2002, РТМ-17-02-2003, РТМ-17-03-2005, ВНП-001-01 Банка России. Данная нормативная база позволяет проектировать и применять строительные конструкции из сталефибробетона и стеклофибробетона. Также выпущен и Свод правил (СП). Но на фибру других видов, выпускаемую по другим техническим условиям, СП 52-104-2006 не распространяется. Это относится и к зарубежной фибре, и аналогам из ближнего зарубежья. Дальнейшим расширением нормативной базы применения сталефибробетона являются разрабатываемые НИИЖБ временные нормы и правила проектирования многофункциональных зданий и зданий-комплексов в Москве (МГСН 4.19) и временные рекомендации по технологии и организации строительства многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в Москве (МДС 12-23).

Указанные временные нормы впервые содержат положения о применении сталефибробетона в элементах и узлах конструкций каркаса и ограждения зданий.

Нормы МДС 12-23 (по технологии) содержат конкретные указания по оптимальной технологии заводского изготовления и применения сталефибробетона (в том числе по составам, режимам укладки и уплотнения, и проч.).

Не отстают и дорожники, и мостовики. Ведь они в числе основных заказчиков бетона. На сегодняшний день они применяют также много и сталефибробетона — как в плитах покрытий мостов, так и в других конструкциях.

Совершенно не разработанным полем является приготовление составов для торкрет-бетонов. Их использование в нашей стране сведено к минимуму.

Также перспективным является и развитие технологии литых бетонов.

Именно СУБы и литые бетоны будут серийно использоваться в ближайшее время и станут превалировать на строительных площадках РФ.

**И. А. ВОЙЛОКОВ,**  
доцент кафедры ТОЭС, СПбГПУ

#### Литература

1. Звездов А. И. «Железобетон в современном строительстве».
2. Звездов А. И. «Основной строительный материал настоящего и будущего».
3. Войлоков И. А. «Фибробетон — история вопроса. Нормативная база, проблемы и решения» // «Алитинформ», №2/2009.
4. Войлоков И. А. «Долговечность бетонных и железобетонных конструкций: пути решения проблем цементной отрасли»; экспозиция 5/Б (71), 2008 г.