ЖЕЛЕЗОБЕТОН КАК ФАКТОР ГЛОБАЛИЗАЦИИ

А.Н. ДАВИДЮК, доктор техн. наук, директор, Ю.С. ВОЛКОВ, канд. техн. наук, ученый секретарь, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева

По мнению авторов, в современных условиях возрастает глобальная роль, которую бетону предстоит сыграть в качестве экологического компенсатора многих издержек нынешнего технического прогресса. Именно и только для производства бетона могут в широких масштабах использоваться крупнотоннажные промышленные отходы энергетики, металлургии и других отраслей. Преимущественное применение железобетона в конструкциях зданий является одним из способов смягчения негативного воздействия глобального потепления климата на планете.

Глобализация – это мировой процесс комплексной интеграции, взаимодополнения и взаимодействия национальных образований, обладающих различными ценностями экономического, технического и социального характера. В технике это выражается в слиянии нововведений и новых технологий в единый комплекс технических знаний и технологических решений с учетом региональных особенностей. Чем больше стран вовлечено в этот процесс, тем выше уровень глобализации.

По влиянию на развитие мировой цивилизации изобретение железобетона в середине XIX века смело можно поставить в один ряд с открытием электричества или появлением авиации. В настоящее время эти достижения стали, как и железобетон, наиболее очевидными факторами мировой техноглобализации. За последнее двадцатилетие к ним прибавились информационные технологии.

На земном шаре после воды бетон как материальная субстанция стоит на втором месте по объемам использования его человечеством – примерно полторы тонны на человека в год. Бетон вносит существенный, если не решающий вклад в создание материальной основы среды обитания современной цивилизации. Без бетона мир был бы совершенно другим.

Роль бетона и железобетона как фактора глобализации находит отражение и в широком интернациональном сотрудничестве. В мире созданы и эффективно работают целый ряд организаций, таких как Международная федерация по железобетону (fib), Европейская ассоциация по бетонным дорогам (EUPAVE), Европейская ассоциация по готовым бетонным смесям (ERMCO), Европейская ассоциация по сборному железобетону (BIBM), Международный союз лабораторий по испытанию материалов (RILEM), Американский институт бетона (ACI), имеющий региональные отделения в более чем 120 странах, Международная организация по стандартизации (ISO), где вопросы стандартизации в области бетона ведет технический комитет ТС71 в составе 8 рабочих групп, и др. Эти организации имеют в своем составе десятки технических комитетов, регулярно проводят конгрессы и симпозиумы, где происходит интенсивный обмен информацией между участниками.

Известно, что на смену безграничному «техническому прогрессу» в настоящее время выдвигается концепция устойчивого развития современной цивилизации, учитывающая интересы грядущих поколений. Правда, отдельные скептики утверждают, что эта концепция появилась слишком поздно и экосистема земного шара нарушена уже необратимо (см., например, концептуальный доклад профессора В.А. Ильичёва на годичной сессии РААСН в апреле 2013 г. в Волгограде). Тем более возрастает глобальная роль, которую бетону предстоит сыграть в качестве экологического компенсатора многих издержек нынешнего технического прогресса. Именно и только для производства бетона могут в широких масштабах использоваться крупнотоннажные промышленные отходы энергетики, металлургии и других отраслей. Преимущественное применение железобетона в конструкциях зданий является одним из способов смягчения негативного воздействия глобального потепления климата на планете.

По этой проблеме в Европейском парламенте состоялись даже специальные слушания. На здания в Европе приходится 40% потребления всей вырабатываемой энергии (промышленность потребляет 28%). Массив железобетонных конструкций существенно увеличивает тепловую инерцию зданий. Результатом является снижение потребления энергии на отопление зданий зимой и на их охлаждение летом.

Критерии в рамках концепции устойчивого развития, которым должны отвечать применяемые строительные материалы, могут быть представлены следующим образом:

- при их производстве – минимальное изъятие природных ресурсов и максимальное использование попутных продуктов (отходов) других отраслей;
- повышенная прочность и высокая долговечность;
- сочетаемость с другими видами строительных материалов (композитность);
- рециклирование (перерабатываемость) для строительных или иных нужд;
- высокие эстетические и архитектурные качества;
- безопасность для окружающей среды на стадии производства и эксплуатации.

Этим критериям в наибольшей степени соответствует железобетон.

По уровню технических и экономических показателей железобетон является основным конструкционным материалом современности, лидируя в общей структуре мирово-

го производства строительной продукции. Он фактически является безальтернативным материалом для применения в жилищном, гражданском и других видах строительства. Использование железобетона открыло новую эру в строительстве зданий – как серийного применения, так и уникальных. Благодаря своим свойствам железобетон успешно вытесняет металл даже из таких отраслей, как высотное строительство и мостостроение.

Построенные здания и сооружения, объекты инфраструктуры составляют более 60% накопленного национального богатства (или, как иногда говорят – основных фондов) России. Не менее 2/3 этих фондов приходится на здания и сооружения из бетона и железобетона, построенные во второй половине прошлого века. В стоимостном выражении это сотни триллионов рублей.

Говоря о бетоне как о строительном гаранте безопасности среды обитания человека, следует отметить высокую сейсмостойкость железобетонных зданий с несущими стенами из железобетонных панелей, как сборных, так и монолитных, что подтвердил опыт крупных землетрясений последнего десятилетия.

Следует упомянуть о случаях экстремального воздействия на железобетонные конструкции, когда железобетон доказал свои высокие строительно-технические свойства.

При аварии на Чернобыльской атомной электростанции, произошедшей в апреле 1986 г., в отдельных зонах реактора температура достигала 2600°С. Непосредственно на железобетонные конструкции перекрытия под реактором воздействовала температура 1600°С. При этих температурах бетон в верхней зоне расплавился, но после охлаждения и затвердевания расплава перекрытие могло нести 50% расчетной нагрузки. Воздействие радиации вообще не повлияло на прочность бетона.

Другой случай – это пожар на железобетонной телевизионной башне в Москве, произошедший в августе 2000 г., когда огонь вызвал достаточно серьезное воздействие на железобетонный ствол башни. Башня имеет общую высоту 550 м, из них 386 м нижней части ствола выполнены в железобетоне, а верхняя мачта – в металле. Пожар начался в стальной части башни на отметке 430 м из-за короткого замыкания. Загорелась изоляция кабелей, горящий расплав которой стекал вниз, поджигая все новые и новые участки изоляции. Общий путь огня вниз превысил 300 м. Пожар длился более 20 часов. Несмотря на то что 70% внутренних напряженных канатов разрушилась из-за разупрочнения стали от воздействия температуры, железобетонный ствол башни остался цел.

Можно уверенно утверждать, что если бы каркас зданий Всемирного торгового центра в Нью-Йорке был выполнен из железобетона, их обрушения в результате теракта и последовавшего пожара 11 сентября 2001 г. не произошло бы. Железобетон намного лучше сопротивляется воздействию огня, поскольку его удельная теплопроводность в 40 раз ниже аналогичного показателя у стали.

Примечательно, что новый комплекс небоскребов Всемирного торгового центра на месте разрушенных, в т.ч. и главное здание высотой 540 м, выполнено с несущим железобетонным ядром. Здание намечено ввести в эксплуатацию в 2014 г.

Из железобетона возводятся промышленные и жилые здания, объекты соцкультбыта, плотины, энергетические комплексы, телебашни и т.д. Самая высокая в мире телебашня построена из железобетона. Самые высокие здания на всех континентах построены с применением монолитного железобетона, в т.ч. мировой рекордсмен – небоскреб «Бурдж Халифа» в Дубае, высота которого 828 м. При строительстве небоскреба бетонная смесь была подана насосами на высоту более 600 метров, что также является мировым рекордом. В настоящее время строится небоскреб еще более высокий. Так что железобетонщикам в части технических достижений есть чем гордиться.

Обширной областью применения железобетона являются инженерные сооружения – градирни, трубы, резервуары, защитные оболочки АЭС и т.д.

Современные градирни представляют собой внушительные сооружения высотой до 200 м при диаметре основания 120 м. Резервуары для хранения воды, сжиженного газа и т.д. могут достигать объема в несколько сот тысяч кубометров.

Современные позиции железобетона по видам строительства представлены в таблице.

Таблица

Вид строительства	Позиция
Несущие и ограждающие конструкции зданий различного назначения	Доминирующая
Высотные здания	Прогрессирующая
Дороги	Доминирующая
Мосты автодорожные	Доминирующая
Тоннели	Доминирующая
Дамбы, плотины	Доминирующая
Инженерные сети	Доминирующая
Подземное строительство	Доминирующая
Градирни, объекты энергетики, защитные сооружения	Доминирующая

Американский архитектор голландского происхождения Людвиг Мис ван дер Роэ говорил: «архитектура начинается тогда, когда вы тщательно соедините два кирпича вместе». Кирпичи он упомянул не случайно, его отец был каменщиком. Корифей архитектуры имел в виду, что архитектура начинается со строительного материала. В наши дни кирпич уступил место бетону, горячим сторонником применения которого, был другой корифей архитектуры – Ле Корбюзье. Не будь бетона, нынешним архитекторам в буквальном смысле не из чего было бы строить.

Материальное обеспечение строительства напрямую зависит от производства строительных материалов. Мировые объемы производства стройматериалов, млн т: дерево – 4000, пластмассы и резина – 300, сталь – 1400, гипс – 250, известь – 130, стекло – 120, цемент – 3500, бетон – 21000.

Эти цифры были озвучены на Международной конференции «Актуальные проблемы применения Еврокодов и национальных стандартов в строительстве на территории РФ и стран ЕС», которая состоялась в МГСУ в ноябре 2012 г.

Из приведенных данных (завышенных, на наш взгляд, в части цемента и бетона) видно, что объемы применения железобетона более чем вдвое превышают объемы применения всех остальных строительных материалов, вместе взятых. Качественная картина сомнений не вызывает. Одним из важнейших показателей экологичности производства стройматериалов является энергетический. Расход энергии на производство некоторых строительных материалов, в МДж/т, по немецким данным составляет: портландцемент – 4000-5000; кирпич – 2600; железобетон класса В25 – 2000; строительная сталь – 32000.

Общий объем ежегодного производства бетона и железобетона в мире, по разным оценкам, составляет 5-10 млрд куб. м (верна скорее меньшая цифра). О масштабах производства бетона можно судить по такому показателю: ежедневно в мире совершается 6,4 млн ездок автобетоновозов, или 1,7 млрд ездок в год. Стоимость транспортировки бетона может быть значительной и в Европе составляет до 30% общей стоимости материала. Только в Европе ежегодно применяется более 1 млн т химических добавок, (данные Европейской ассоциации по товарному бетону – ERMCO).

Наиболее крупными производителями бетона для монолитного строительства (товарного бетона) являются: Китай примерно 500 млн куб. м, США – 260 млн куб. м в 2012 г. (до кризиса – 460 млн куб. м в 2006 г.), Индия – 200 млн куб. м, Южная Америка – 150 млн куб. м, страны ЕС – 190 млн куб. м (300 млн. куб. м в 2006 г.). Сейчас Турция с 90 млн куб. м – лидер европейской бетонной индустрии. Для сравнения: Испания производит 40 млн куб. м, Франция – 35 млн куб. м.

В России на производство сборного и монолитного железобетона расходуется более 70% всего выпускаемого цемента и 30% нерудных строительных материалов, в

стоимостном выражении всего на бетон и железобетон приходится около 60% от стоимости всех применяемых в строительстве материалов. Таким образом, эффективность функционирования отрасли производства бетона и железобетона в значительной мере определяет уровень всей строительной промышленности.

Свидетельством технического прогресса в технологии бетона является все более высокая прочность получаемых бетонов. Динамика роста максимальной прочности бетона при сжатии за последние 70 лет такова: 1940 г. – до 40 МПа; 1950 г. – 50-55; 1960 г. – 50-60; 1970 г. – 60-70; 1980 г. – 80-90; 1990 г. – 100-120; после 2000 г. – 130-145, 2010 г. – 200 МПа. Следует подчеркнуть, что рост значений максимально достигаемых прочностей бетонов на плотных заполнителях за указанный период существенно опережал рост активности товарных цементов, что было результатом разработки и применения химических добавок. Несмотря на достигнутые рекордные показатели, промышленность ориентирована на производство бетона средних классов по прочности на сжатие. Так, в Европе 85% от всего изготавливаемого бетона по прочности на сжатие составляют классы до В35, в Японии – 87%, в США – 90%.

Построенные здания устаревают, требуют проведения ремонтных работ, а морально и физически устаревшие – вывода из эксплуатации. В России свыше трети протяженности автомобильных дорог федерального значения и мостовых сооружений на них требуют увеличения прочностных характеристик из-за ускоренной деградации дорожных конструкций и снижения сроков службы между ремонтами, 19% мостовых сооружений на сети автомобильных дорог федерального значения находятся в неудовлетворительном состоянии. Доля затрат на эти цели в развитых странах в расчете от объема нового строительства составляет от 30 до 50%. Отсюда вытекает важная задача создания новых долговечных материалов и разработки надежных, высокопроизводительных способов ремонта железобетонных конструкций.

Бетон при правильном проектировании его состава может быть весьма долговечным. Уникальный эксперимент по проверке морозостойкости бетона был поставлен при строительстве Кислогубской приливной электростанции

на Кольском полуострове. Станция пущена в эксплуатацию в 1963 г. Состав бетона для строительства станции изначально по критерию морозостойкости был рассчитан на 1000 циклов замораживания-оттаивания. За 50 лет бетон, по подсчетам, выдержал 20 тыс. циклов. Отрицательные температуры в отдельные годы за этот период временами достигали -40°С. При начальной прочности 40 МПа бетон через 50 лет имел прочность 69 МПа.

В последние годы человечество является свидетелем все более частого проявления стихийных бедствий – землетрясений, ураганов, наводнений. Железобетон – это единственный материал, применение которого позволяет если не полностью избежать неблагоприятных проявлений стихии, то, по крайней мере, значительно уменьшить их последствия.

Исключительную роль играет железобетон в охране окружающей среды. Среди многих строительных материалов, дружественных по отношению к окружающей среде, железобетон абсолютный лидер. Производство бетона практически не загрязняет окружающую среду и по энергоемкости намного более эффективно, чем производство кирпича или стали. Этот материал является основным для строительства не только зданий, но и объектов инфраструктуры, наиболее гармонично сочетающихся с природой, – это дороги, мосты, акведуки, каналы и другие гидротехнические сооружения. Железобетон – основной материал для возведения природоохранных сооружений: шумовых экранов, аэротенков, берегоукреплений, отстойников и т.д., в т.ч. для хранения радиоактивных, взрывчатых и ядовитых веществ.

Концепция защиты окружающей среды в настоящее время основное внимание уделяет снижению выбросов токсичных веществ, повышению уровня очистки промышленных выбросов, анализу воздействия различных веществ на экосистему. В структуре антропогенного воздействия человека на окружающую среду накопление крупнотоннажных промышленных отходов, прежде всего зол и шлаков, анализируется недостаточно. Между тем именно в производстве строительных материалов могут в широких масштабах использоваться крупнотоннажные отходы энергетики, металлургии и других отраслей. Было доказано, что введение в бетоны 100-200 кг/куб. м отходов позволяет экономить от 20 до 100 кг/куб.м цемента, шлаковый песок может заменить природный песок, шлаковый щебень – крупный заполнитель (его часть или полностью). Применение зол улучшает формовочные свойства бетонных смесей и качество поверхностей изделий, снижает плотность и теплопроводность всех видов бетонов, что особенно важно для легких и ячеистых бетонов.

Современный бетон изготавливается с применением целого ряда химических ингредиентов. В Нидерландах в 2011-2012 годах проведены обширные исследования эмиссии потенциально вредных веществ из бетона в окружающую среду, в воздух, в грунт, в поверхностные и подземные воды. Был сделан вывод, что ни по одному показателю эмиссия вредных веществ из бетона, приготовленного из составляющих материалов (цемент, заполнители, химические и минеральные добавки, фибра, вода), соответствующих требованиям евростандартов на них, не превышает допустимых санитарных уровней.

Экологическая сертификация бетоносмесительных узлов в США ведется согласно требованиям, изложенным в ряде административных актов, в т.ч. в стандарте Американского института бетона ACI 301. Такой сертификат имеют на сегодняшний день 2500 заводов, т.е. более 50% общего их числа. Сертифицировано также более 20 тыс. автобетоновозов (45%).

При сносе объектов в мире ежегодно образуются десятки миллионов тонн бетонного лома. Помимо традиционного возможно использование разрушенного бетона для всякого рода подсыпок в основание дорог и т.д. При определенных условиях (уровень ответственности сооружения, среда эксплуатации, требования к бетону) щебень из дробленого бетона может применяться для изготовления нового бетона в объеме до 50% от общего объема крупного заполнителя.

Таким образом, по уровню технических и экономических показателей железобетон является основным конструкционным материалом современности, лидируя в общей структуре мирового производства строительной продукции. Он фактически является безальтернативным материалом для применения в жилищном, гражданском, дорожном, промышленном и других видах строительства.

Дальнейшее развитие современной цивилизации невозможно представить без железобетона. Более того, качество этого развития, например, обеспечение российского населения жильем, строительство городов как таковых, в значительной мере зависит от развития производства основного строительного материала современности – железобетона. Прогресс в области строительства может осуществляться только через применение инноваций – или новых знаний, которые являются результатами научных исследований. Иного пути попросту не существует. Правительство России ставит задачу ввести в 2020 г. 140 млн кв. м жилплощади вместо нынешних 66 млн кв. м. Иными словами, прирост строительства жилья должен составить 76 млн куб. м, или более 10 млн куб. м в год. Эта амбициозная цель может быть реализована только через широкое применение новых технологий, прежде всего в области сборного и монолитного строительства из железобетона.

Любые стратегии развития Российской Федерации, повышение качества и уровня жизни людей, удвоение ВВП, национальные программы, в первую очередь «Жилище» – не реализуемы, если не будут содержать в качестве главного вектора научно-технический прогресс в строительном секторе через развитие научно-исследовательских работ в области главного строительного материала – бетона и железобетона.

Статья была представлена на III Международной конференции по бетону и железобетону в Москве в мае 2014 г.