

Проаналізувавши приріст міцності бетону (в порівнянні з основним складом 1) при введенні паливної золи-винесення можна відзначити певну залежність: найінтенсивніший приріст міцності спостерігається на початкових строках тверднення (від 103 до 130% на 3 добу), та в подальшому поступово знижується (від 66 до 105% на 7 добу та від 30 до 45% на 28 добу). При заміні частини піску на крейду тенденція зберігається, але приріст міцності (в порівнянні з основним складом 1) не такий інтенсивний як при введенні паливної золи-винесення. Так на 3 добу приріст міцності знаходиться в межах 75...110%, на 7 добу 46...82%, та на 28 добу 19...46%.

Загальною особливістю бетонних сумішей наведених складів є відсутність збереження рухомості через 2 години. Зберегли рухомість через 1 годину бетонні суміші складів 3-70 (вміст паливної золи-винесення становить 70 кг/м³ бетону) та К-50, К-70 (вміст крейди становить, відповідно 50 та 70 кг/м³ бетону). Зміну рухомості бетонних сумішей запроєктованих складів за часом в нормальних умовах наведено на рис.4 та рис.5.

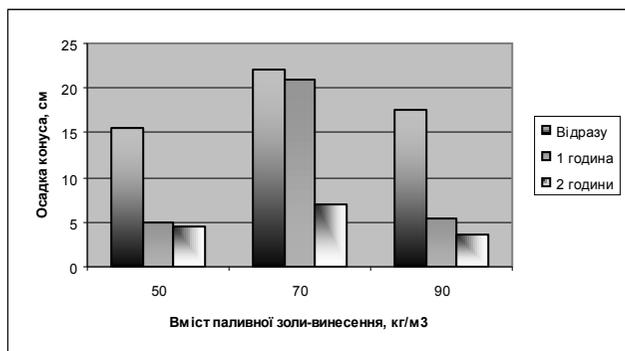


Рис.4 Зміна рухомості бетонних сумішей за часом при заміні частини піску на паливну золу-винесення

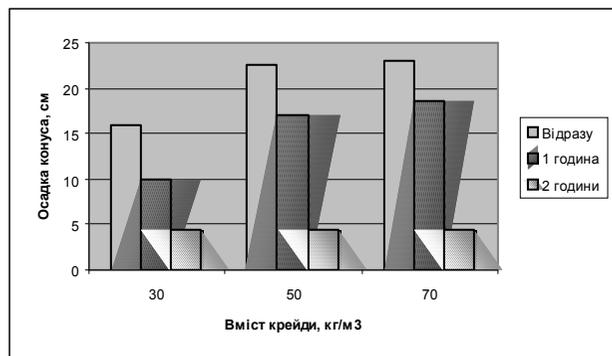


Рис.5 Зміна рухомості бетонних сумішей за часом при заміні частини піску на крейду

ВИСНОВКИ

У відповідності з класифікацією ДСТУ Б В.2.7-65-97 добавка “Комплекс К-15” належить до пластифікуючих добавок І групи (суперпластифікаторів). Оптимальне дозування добавки, згідно вимог ДСТУ Б В.2.7-69-98, знаходиться в межах 0,57% від маси цементу (2,0 л/м³) при стандартних складах бетонної суміші. При цьому відсутній негативний вплив добавки на показники міцності бетону.

При використанні добавки “Комплекс К-15” високі технічні показники товарних бетонних сумішей з вмістом портландцементу 350 кг/м³ (відсутність водовідділення та розшарування, густина бетонної суміші 2385...2460 кг/м³, втрата рухомості бетонної суміші (ОК) від 22...23 см до 4...5см за 2 год) і бетонів (міцність на стиск на 28 добу 45,9...56,3 МПа) можуть бути забезпечені при заміні частини піску на крейду та паливну золу-винесення.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ Б В.2.7-69-98. Добавки для бетонів. Методи визначення ефективності.
2. ДСТУ Б В.2.7-65-97. Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Класифікація.
3. ДСТУ Б В.2.7-43-96. Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови.

УДК 691.3

ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ СОВРЕМЕННЫХ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ

Р.Ф. Рунова д.т.н., проф., И.И. Руденко к.т.н., с.н.с., В.В. Троян к.т.н., доц. Киевский национальный университет строительства и архитектуры

История бетонов уходит далеко в глубину веков, о чем свидетельствуют памятники культуры древних цивилизаций. Бетон остается классическим материалом конгломератного типа, вмещающим цементирующую матрицу и заполнители, однако его современные возможности существенно расширились за счет новых данных о развитии физико-химических процессов в твердеющей системе с участием модифицирующих полифункциональных комплексов, управления свойствами цементов в широком диапазоне их составов и раскрытия закономерностей структурообразования на микро-, мезо- и макроуровнях [1]. Разные пути использования таких возможностей определяют разнообразие рецептурных решений для получения заданного продукта. Целью данной работы является анализ результатов экспериментальных исследований по получению высокопрочных бетонов из высокоподвижных смесей и обоснование принципов их проектирования.

1. Принцип водоредуцирования.

Этот принцип является одним из основных при проектировании бетона, поскольку известна положительная технологическая роль воды при получении удобоукладываемых бетонных смесей и отрицательная в части формирования пористости бетона. Его реализация становится возможной за счет высокомолекулярных органических комплексов поверхностно-активного действия с электростатическим и стерическим эффектами [2,3]. Минимальный допустимый водоредуцирующий эффект действия таких химических комплексов может быть рассчитан по формуле [4]:

$$K = [(V_1 - V_2) / V_1] \cdot 100\%,$$

где V_1 – табличная величина расхода воды в 1 м^3 бетона, равная 228 л [5], V_2 – расчетная величина, равная максимально допустимому расходу воды в 1 м^3 бетона с учетом проектной прочности бетона и качества крупного заполнителя.

Расчет показал, что для получения высокопрочных бетонов из высокоподвижных смесей (например, марка П4, класс В60) водоредуцирующий эффект пластифицирующей добавки должен находиться в пределах 18...43%, что может достигаться только продуктами группы суперпластификаторов (СП). При этом необходимо обеспечить В/Ц в пределах расчетных значений, соответствующих заданным показателям прочности бетона. Например, из расчетов следует, что для получения бетона класса В60 необходимо обеспечить В/Ц до 0,31. Экспериментально подтверждено [4], что при использовании высокоэффективных СП группы полиакрилатов (ПА) и поликарбоксилатов (ПК) такой уровень водоредуцирования достигается и позволяет свести до минимума различия в прочности бетона при весьма существенном различии в расходе цемента (рис.1).

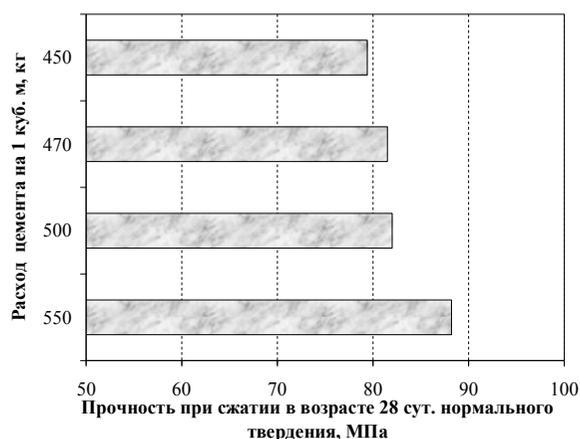


Рис. 1. Влияние расхода цемента ПЦ I-500 в смесях с фиксированным значением В/Ц на прочность пластифицированного бетона.

В обеспечении максимального эффекта водоредуцирования полимеры типа «гребенки» имеют важные преимущества по сравнению с линейными полимерами группы поликарбоксилатов [6]: при увеличении боковых цепей «гребенки» возрастает пластифицирующий эффект, интенсифицируется набор прочности, стабильность суспензии обеспечивается на протяжении большего времени. Учет закономерностей формирования «архитектуры» СП позволяет решать специальные технологические задачи, в том числе повышать эффективность использования цемента при получении высокопрочного цемента [4,7].

2. Активность цементной системы

С учетом известных пределов изменения значений водоредуцирующего эффекта СП различной химической природы при разработке высокопрочных бетонов рекомендуется [5] высокоактивный бездобавочный цемент ПЦ I-500 с его расходом 600 кг/м^3 и СП любой природы, 550 кг/м^3 с эффективными СП полиакрилатной и поликарбоксилатной природы для бетонов на рядовом щебне, 500 кг/м^3 с такими же СП при высококачественном щебне.

Нашими исследованиями получены высокопрочные бетоны классов В50 – 60 с использованием менее активного цемента с добавкой шлака ПЦШ/А-Ш-400 при условии обеспечения водоредуцирующего эффекта до значений В/Ц в пределах 0,27...0,33 (рис.2).

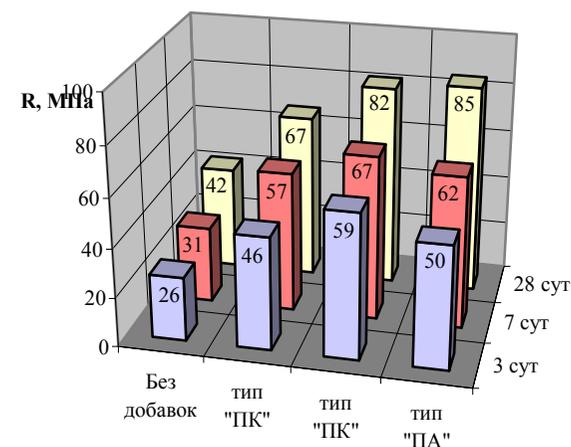


Рис. 2. Прочность бетона на основе ПЦ Ш/АШ-400 и СП разных типов.

Замедленный набор ранней прочности бетона на цемент пониженной активности (рис.3) требует дополнительных технологических мер, в том числе введения в модифицирующий комплекс интенсификатора твердения.

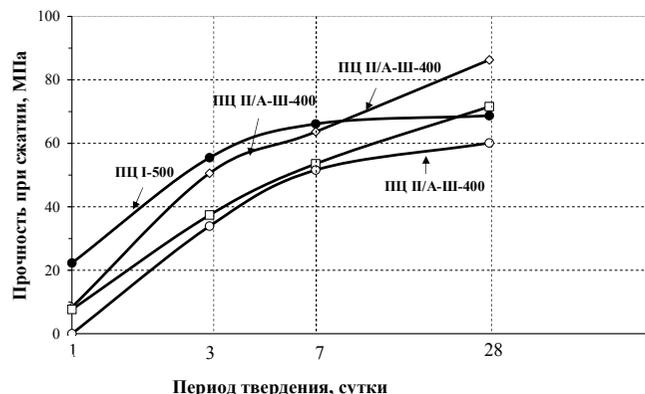


Рис. 3. Кинетика набора прочности бетона на основе цемента ПЦ II/AIII-400 и ПЦ I-500, модифицированных СП типа «ПА» (на примере “Dynamon SR3”, фирма “Mapei”).

Однако, цементная система типа ПЦ II имеет определенное преимущество при использовании в составе товарной бетонной смеси («транспортного» бетона) - она способствует более продолжительной сохранности удобоукладываемости бетонной смеси, модифицированной, несомненно, высокоэффективными СП (рис.4).

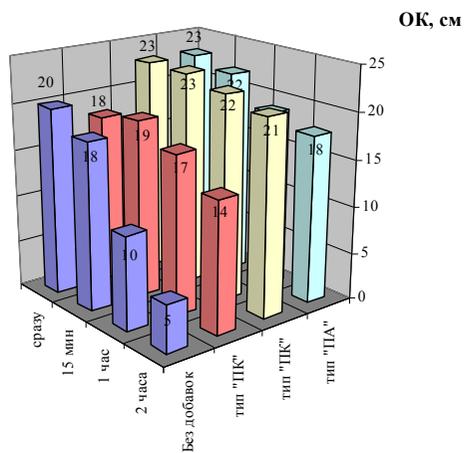


Рис. 4. Изменение удобоукладываемости товарных бетонных смесей при использовании цемента ПЦ II/A-III-400 и СП разных типов.

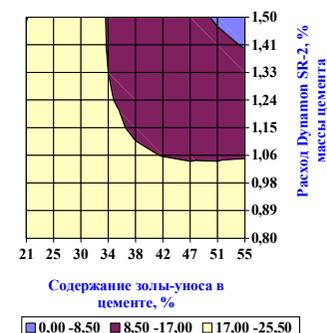
Приведенные результаты и их сопоставление с известными представлениями о роли цементного теста позволяют заключить, что рациональные решения по

минимизации расхода цемента в бетоне – как одной из концептуальных основ разработки высокопрочных бетонов – могут быть связанными с качественным изменением этого фактора [8]. Состав такого теста подлежит регулировке как за счет активной минеральной добавки в направлении уменьшения клинкерной составляющей, так и природы водоредуцирующей добавки из группы СП [9]. В качестве примера могут служить данные о прочности бетона, полученного на золосодержащем цементе при его расходе 350 кг/м^3 (рис.5) с обеспечением ранней прочности в пределах 25 МПа и проектной 45МПа [10]. Это направление бетоноведения широко развивается во всем мире и имеет свои региональные и концептуальные различия.

Следует отметить, что одной из основ разработки высокопрочного бетона гарантированного качества является стабильность активности цемента. Регулировка рецептуры высокопрочного бетона в таких случаях весьма затруднительна.

В целом можно считать, что разработка высокопрочных бетонов из высокоподвижных смесей подчинена задаче минимизации расхода цемента и не лимитируется обязательным использованием бездобавочного цемента максимальной активности, особенно с учетом требований долговечности бетона.

а) 3 сут.



б) 28 сут.

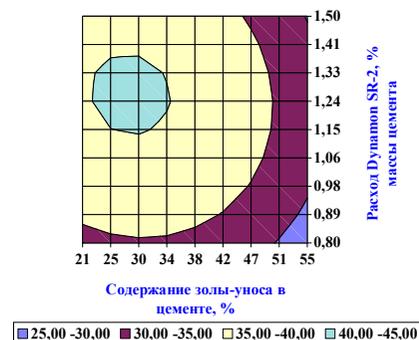


Рис. 5. Проекция поверхностей отклика зависимости прочности бетона при сжатии от типа и расхода СП при варьировании содержания золы-уноса в составе цемента.

3. Управление зерновым составом заполнителя

В соответствии с известными рекомендациями [5] для высокопрочных бетонов необходим особовысококачественный щебень из незатронутых выветриванием изверженных пород с прочностью, вдвое превышающей марку бетона, хотя ДСТУ Б В.2.7-43-96 допускает для бетонов класса В 45 и выше применение щебня марки по прочности 1200. В качестве мелкого заполнителя предпочтителен кварцевый песок, модуль крупности которого должен быть не менее 2,1. С учетом реалистичности рынка сырья за основу управления зерновым составом заполнителя принят принцип соотношения фракций заполнителя, которое обеспечивает формирование структуры бетона, близкой к оптимальной по критерию прочности за счет «попадания» состава многофракционного заполнителя в соответствующие области на «ситовых кривых» [11] (рис. 6). Эти области составов заполнителя определяют особенности структуры бетона, получаемого при их использовании. Так, при использовании днепровского песка и двух фракций щебня 5 – 10 и 10 – 20 мм обобщающая кривая зернового состава заполнителя попадает в неблагоприятную область (4), что определяется высоким содержанием мелких фракций в песке. Для перемещения кривой зернового состава заполнителя в благоприятную область (3) часть песка заменена недостающей фракцией 2,5 – 5,0 мм в виде гранитного отсева в количестве от 20 до 40% от массы песка.

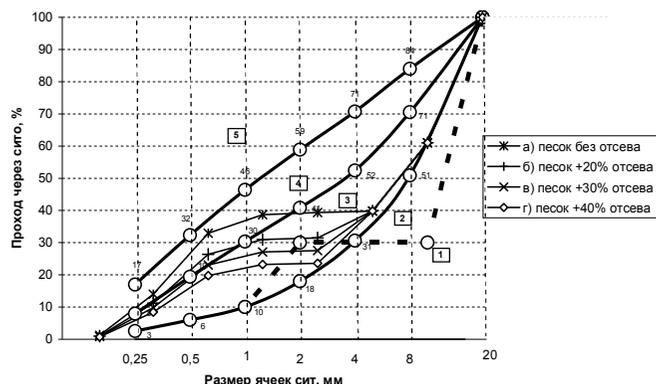


Рис. 6. Ситовые кривые МФЗ для тяжелого бетона с наибольшим размером зерна 20 мм. Цифры в квадратах - области составов МФЗ.

Примером положительных результатов такого приема являются данные рис.7, которыми показана целесообразность трехфракционного состава заполнителя. Получен высокопрочный бетон на рядовых заполнителях при условии максимально плотной упаковки их зерен за счет рационально подобранного соотношения фракций.

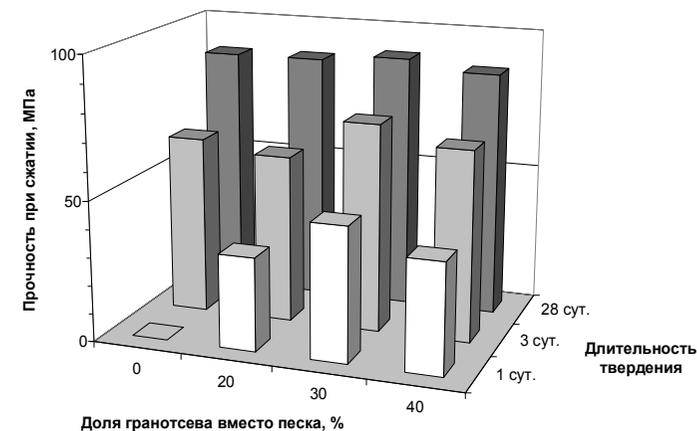


Рис. 7. Влияние полифракционности заполнителя на прочность бетона при сжатии.

О максимальном вкладе роли полифракционности заполнителя в формирование прочности бетона из высокопластичной смеси П4 с В/Ц до 0,37 свидетельствуют данные рис. 8, полученные при разных расходах цемента.

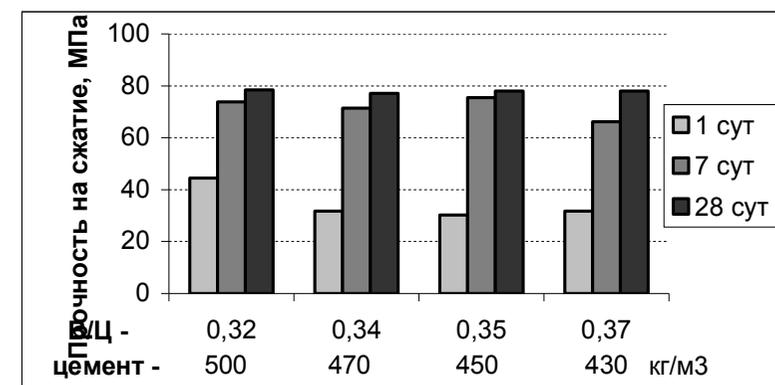


Рис. 8. Прочность бетона на основе ПЦ I-500 и МФЗ запроектированного состава

Местоположение кривой отсева в благоприятной области (3) не предполагает одновариантного рецептурного решения с учетом требований не только к прочности бетона, но и удобоукладываемости смеси, ее сохранности во времени, отсутствию расслоения и требует корректировки с учетом остальных факторов влияния. Вместе с тем такая концепция может

рассматриваться как основа управления макроструктурой высокофункциональных бетонов, в том числе при расширении диапазона фракций за счет использования золы-уноса, известняков, метакаолина и других минеральных веществ.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Разработка современных высокопрочных бетонов основывается на условии обеспечения их высокой технологичности при укладке, что предполагает получение высокопластичных бетонных смесей. В таком случае основой разработки является эффективность водоредуцирования и максимальной пластификации за счет высокомолекулярных органических комплексов соответствующей химической природы.
2. Минимизация расхода цемента при проектировании высокопрочного бетона может быть обусловлена как его высокой активностью, так и составом, включая присутствие активных минеральных добавок.
3. Основой получения максимально плотной макроструктуры бетона является многофракционный наполнитель, моделирование зернового состава которого рационально осуществлять путем формирования соответствующих областей на кривых распада.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Рунова Р.Ф., Гоц В.И. та ін. Конструкційні матеріали нового покоління та технології їх впровадження у будівництво. – К., УВПК «ЕксОб», 2008. – 360 с.
2. Бетон на рубеже третьего тысячелетия: Материалы 1-й Всерос. конф. по проблемам бетона и железобетона. Кн.1,2,3. Москва, 2001 г.
3. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. Москва, 1998.-768 с.
4. Рунова Р.Ф., Руденко И.И., Троян В.В. Роль добавок в уменьшении клинкерной составляющей при производстве товарных бетонных смесей// М-лы 10-й Межд. научно-практ. конф. «Дни современного бетона». – Запорожье: «Планета», 2008. – с. 45 – 59.
5. Руководство по подбору составов тяжелого бетона /НИИ бетона и железобетона Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1979. – 103 с.
6. Spiratos N., Page M., Mailvaganam N., Malhotra V.M., Jolicoeur C. Superplasticizers for concrete: Fundamentals, Technology, and Practice. Copyright © 2003 by Supplementary Cementing Materials for Sustainable Development Inc., Ottawa, Canada, K1Y 2B3.
7. Троян В.В. Молекулярная структура суперпластификаторов как фактор, определяющий функциональность бетонов // М-лы 10-й Межд. научно-практ. конф. «Дни современного бетона». – Запорожье: «Планета», 2008. – с. 162 – 179.
8. Рунова Р.Ф., Руденко И.И., Гоц В.И., Шилюк П.С. Снижение расхода цемента как путь обеспечения долговечности бетона // Міжвідомчий

- наук.-техн.зб. „Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону”. – Київ, НДІБК. - Т. 2. - 2005. - С. 42-50.
9. Шилюк П.С., Гоц В.И., Рунова Р.Ф., Руденко И.И. Полі функціональні добавки на основі поліакрилатів у пуцоланових цементах // Будівництво України. – 2004. -№7. - С.28-32.
 10. Шилюк П.С., Гоц В.И., Рунова Р.Ф., Руденко И.И. Використання пластифікованих пуцоланових цементів у товарних бетонних сумішах // Будівництво України. – 2004. - №8. - С.23-27.
 11. Рунова Р.Ф., Руденко И.И., Троян В.В. Анализ факторов, определяющих свойства товарных бетонных смесей// Материалы 1-й Международной научно-практической конференции «ТОВАРНЫЙ БЕТОН — НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ».- Харьков 2008.

УДК 624.012.44/45

РАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПЛОСКОГО СБОРНО-МОНОЛИТНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ

Н.В.Савицкий, д.т.н., К.В. Баташева, к.т.н., доцент, Е.Л. Токарь, аспирант, Т.Д. Никифорова, к.т.н., доцент, А.Н. Зинкевич, к.т.н., О.Г. Зинкевич, м.н.с., Днепропетровская государственная академия строительства и архитектуры, г. Днепропетровск

Актуальность и проблемы. Основным направлением экономического и социального развития является капитальное строительство. Задача капитального строительства заключается в создании и ускоренном обновлении основных фондов народного хозяйства, предназначенных для развития общественного производства и решения социальных вопросов, в кардинальном повышении эффективности строительного производства на основе научно-технического прогресса. Научно-технические достижения в значительной мере реализуются в процессе проектирования объектов строительства. Поэтому важным условием ускорения научно-технического прогресса является использование современных приемов проектного и строительного дела.

Последние годы характеризуются бурным ростом населения городов. Отсюда возникает потребность в увеличении объема строительства жилых и общественных зданий. Перед градостроителями стоит проблема: как развивать наши города — ввысь или вширь? В настоящее время во всех развитых странах наметилась тенденция к росту этажности жилых и общественных зданий. Это вызвано стремлением ограничить территорию города и сократить протяженность коммуникаций и проездов.

Основной материал. Исследования показывают, что железобетон на долгие годы останется основным материалом в строительстве. Это объясняется практически неограниченными ресурсами для изготовления вяжущих и наполнителей, относительно небольшим расходом стальной арматуры, высокими конструкционными и эксплуатационными качествами железобетона.