

УКРАИНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

РОМАНЕНКО Александр Валерьевич

УДК 691.32:625.144.4

**ОСОБОБЫСТРОТВЕРДЕЮЩИЙ БЕСПРОПАРОЧНЫЙ БЕТОН ДЛЯ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛ
БЕЗ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ**

Специальность **05.23.05** – строительные материалы и изделия

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

профессор

Научный руководитель -
доктор технических наук,

Плугин Андрей Аркадьевич,

Харьков – 2012

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	6
ВВЕДЕНИЕ	8
1 АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ УСКОРЕНИЯ ТВЕРДЕНИЯ БЕТОНА	21
1.1 Анализ и обоснование специфических показателей для бетонов железобетонных шпал беспропарочного твердения	21
1.2 Особенности технологии производства железобетонных шпал	24
1.3 Критический анализ существующих способов ускорения твердения бетона	28
1.4 Существующие ограничения на применение химических добавок в производстве железобетонных шпал и обоснование возможности применения некоторых из них для увеличения ранней прочности бетона шпал	29
1.5 Анализ существующих экспериментальных данных о стоимости и кинетике прочности бетона и цементного камня с добавками-ускорителями твердения. Отбор предпочтительных добавок	30
1.6 Анализ существующих экспериментальных данных о влиянии комплексных добавок на раннюю прочность бетона	35
1.7 Критический анализ и развитие представлений об оптимальных структурных характеристиках бетона	39
1.7.1 Анализ данных о влиянии водоцементного отношения В/Ц на раннюю прочность бетона	39
1.7.2 Критический анализ представлений об оптимальных структурных характеристиках бетона на макро-, мезо- и микроуровнях	41
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 1	45
2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	47
2.1 Используемые материалы	46

	205
2.2 Выбор и разработка методов исследований	48
2.2.1 Методы исследования зависимости физико-механических и физических свойств от вида и содержания добавок	48
2.2.2 Физико-химические методы исследований	61
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 2	62
РАЗДЕЛ 3 РАЗВИТИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О КИНЕТИКЕ НАБОРА РАННЕЙ ПРОЧНОСТИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ И БЕТОНА, МЕХАНИЗМЕ ФОРМИРОВАНИЯ ИХ ПЕРВИЧНОЙ СТРУКТУРЫ И СПОСОБАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАННЕЙ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ПРОЧНОСТИ БЕСПРОПАРОЧНОГО БЕТОНА	64
3.1 Развитие представлений о кинетике твердения цементного камня и бетона при невысоких температурах и о первичном каркасе цементного камня	64
3.2 Развитие представлений о единичных контактах, определяющих прочность цементного камня и бетона	66
3.3 Развитие представлений об оптимальном В/Ц для формирования первичного каркаса цементного камня и получения его максимальной прочности	67
3.4 Развитие представлений о механизме действия и выбор добавки-суперпластификатора для формирования первичного каркаса и ранней прочности бетона	77
3.5 Особенности влияния на первичную структуру цементного камня добавки С-3 и поликарбоксилата и окончательный выбор суперпластифицирующей добавки	84
3.6 Развитие представлений о механизме избирательной адсорбции ионов добавки-суперпластификатора и добавки-ускорителя на поверхности цементной частицы	91
3.7 Развитие представлений о механизме действия добавок-ускорителей нитрата, сульфата и хлорида натрия	95

	206
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 3	97
РАЗДЕЛ 4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА ОСОБОБЫСТРОТВЕРДЕЮЩЕГО БЕСПРОПАРОЧНОГО БЕТОНА	101
4.1 Экспериментальная проверка гипотезы и разработка представлений о механизме формирования первичного каркаса цементно-водной системы	101
4.1.1 Механизм формирования первичного каркаса бездобавочной цементно-водной системы	101
4.1.2 Механизм формирования первичного каркаса цементно-водной системы с добавкой-суперпластификатором С-3	117
4.2 Исследование зависимости прочности цементного камня от вида и содержания добавок-ускорителей, окончательный выбор добавки-ускорителя	125
4.3 Определение оптимального количества добавки CaCl_2 в присутствии добавки-суперпластификатора С-3	128
4.4 Исследование влияния добавки С-3 на реологические свойства бетонной смеси и уточнение ее оптимального содержания	130
4.5 Исследование кинетики набора прочности разработанного состава бетона	134
4.6 Испытание разработанного особобыстротвердеющего беспропарочного бетона на сцепление с арматурой	136
4.7 Определение электросопротивления железобетонных шпал из особобыстротвердеющего беспропарочного бетона	138
4.8 Физико-химические исследования цементного камня с добавками - суперпластификатора С-3 и ускорителя твердения CaCl_2	138
4.8.1 Исследование фазового состава бездобавочного и с добавками С-3 и С-3+ CaCl_2 цементного камня методом рентгенофазового анализа	139
4.8.2 Исследование фазового состава бездобавочного и с добавками С-3 и С-3+ CaCl_2 цементного камня методом инфракрасной спектроскопии	154
4.8.3 Исследование микро- и субмикроструктуры бездобавочного и с	154

добавкой С-3+CaCl₂ цементного камня методом сканирующей
электронной микроскопии

ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 4 168

5 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРОВЕРКА И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА БЕТОНА С КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКОЙ 171

5.1 Производственная проверка технологии изготовления
железобетонных шпал по беспропарочной технологии, максимально
приближенной к заводской 171

5.1.1 Отработка технологических параметров приготовления бетонной
смеси для изготовления железобетонных шпал 171

5.1.2 Разработка методики расчета состава бетона для изготовления
беспропарочных железобетонных шпал 172

5.1.3 Разработка методики расчета состава бетона для изготовления
беспропарочных железобетонных шпал 177

5.2 Проверка технологии изготовления опытных шпал в условиях,
приближенных к заводским 180

5.2.1 Проверка качества бетонной смеси 180

5.2.2 Качество поверхности бетона опытной шпалы и испытание ее
бетона на прочность 184

5.2.3 Испытание опытной шпалы на трещиностойкость 186

5.3 Производственная проверка и внедрение результатов исследований 187

5.3.1 Производственная проверка внедрение результатов исследований
при изготовлении железобетонных шпал на заводе 187

5.3.2 Внедрение результатов исследований при разработке проектов и
капитальном ремонте искусственных сооружений железных дорог 192

5.3.3 Разработка нормативных документов 192

5.3.4 Другие области внедрения результатов исследований 193

5.4 Эффективность разработанных решений и экономический эффект от
их внедрения 193

	208
ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ 5	195
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ	198
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	203
ПРИЛОЖЕНИЯ	217

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

В/Ц	– водоцементное отношение;
ВЗ	– вискозиметр;
ГАК	– гидроалюминат кальция;
ГМСАК	– гидромосульфоалюминат кальция;
ГСГ	– гидросиликатный гель;
ГСК	– гидросиликат кальция;
ГСХАК	– гидросульфохлоралюминат кальция;
ГХАК	– гидрохлоралюминат кальция;
ДЭС	– двойной электрический слой;
ДТА	– дифференциальный термический анализ;
ЗЖБК	– завод железобетонных конструкций;
ЗЖБШ	– завод железобетонных шпал;
ЗСЖБ	– завод спецжелезобетона (Гниваньский);
ОЗЖБШ	– опытный завод железобетонных шпал (Киевский);
ПРИ	– противоионы;
ПОИ	– потенциал определяющие ионы;
СП	– суперпластификатор;
ТВО	– тепловлажностная обработка (пропаривание);
ЦВС	– цементно-водная система;
Ц/В	– цементно-водное отношение;
ЦК	– цементный камень;
ЭГК	– электрогетерогенный контакт;
ЭГомК	– электрогомогенный контакт;
ЭМ	– электронный микроскоп;
ЭМС	– электрономикроскопический снимок;
ЭВМ	– электронно-вычислительная машина.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В 1990–2010-х гг. на железных дорогах Украины переукладка железнодорожных путей с деревянных шпал на железобетонные, начатая в 1960-х гг., продолжается. Динамика изменения протяженности главных путей железных дорог Украины, в том числе на железобетонных шпалах, по данным [1] за 1995–2009 гг. приведена в табл.В.1. На рис.В.1 представлена диаграмма изменения доли главных путей на железобетонных шпалах по годам.

Таблица В.1 Динамика изменения протяженности главных путей железных дорог Украины, в том числе на железобетонных шпалах

Год	Протяженность главных путей, км		Доля путей на железобетонных шпалах, %	Количество железобетонных шпал на главных путях, млн.шт.	Количество укладываемых за год железобетонных шпал, тыс.шт.
	всего	на железобетонных шпалах			
1995	31010	15671,6	50,5	28,836	963
1998	30623,75	17311,25	56,5	31,853	
2000	30366,25	18404,35	60,6	33,864	
2003	29980	20044	66,9	36,881	
2006	29848	21532,5	72,1	39,620	
2009	29700	23000	77,4	42,320	

По данным табл. В.1 построены графики изменения по годам протяженности главных путей железных дорог Украины, в том числе на железобетонных шпалах, экстраполированные на период 1965–2020 гг. (рис. В.2). Как видно из рис. В.2, за 44 года с 1965 по 2009 гг. на железобетонные шпалы переуложено 23000 км главных путей, что составляет около 522,7 км/год. При основной эпюре шпал 1840 шт/км это составляет около 42,3 млн. шпал всего или 963 тыс. шпал в год.

С 1991 г. протяженность главных путей железных дорог Украины сокращается. При сохранении представленной на рис. В.1 динамики изменения протяженности, завершение переукладки главных путей на железобетонные шпалы следует ожидать к 2019 г.

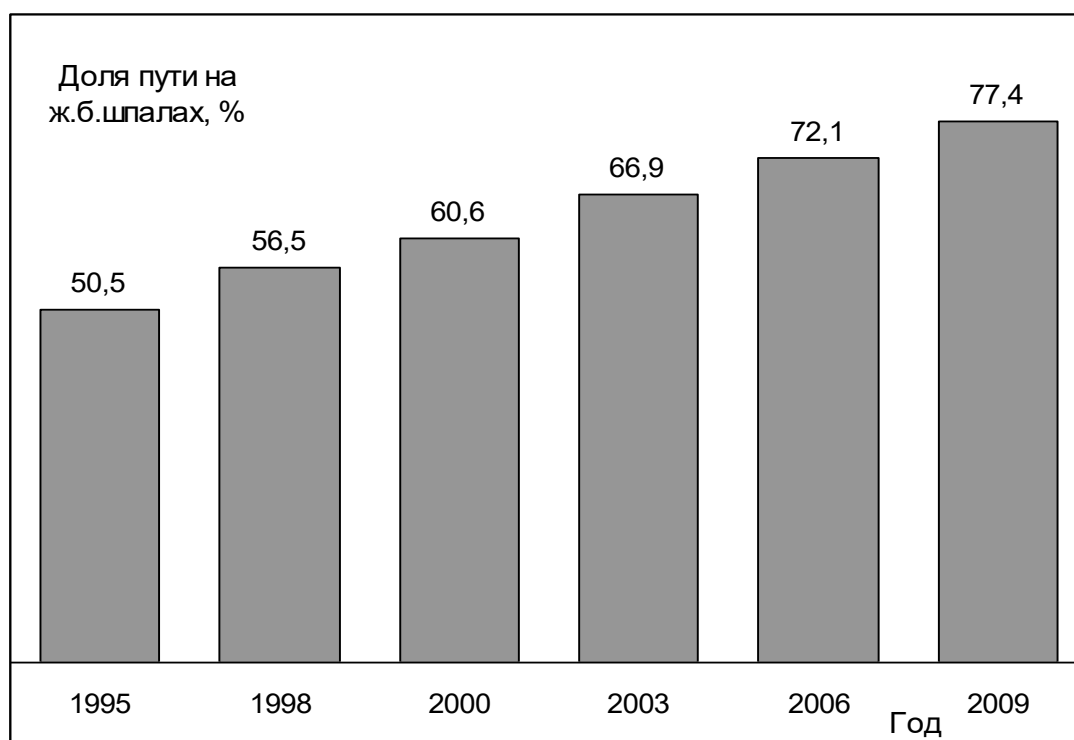


Рис. В.1 Диаграмма изменения по годам доли главных путей на железобетонных шпалах

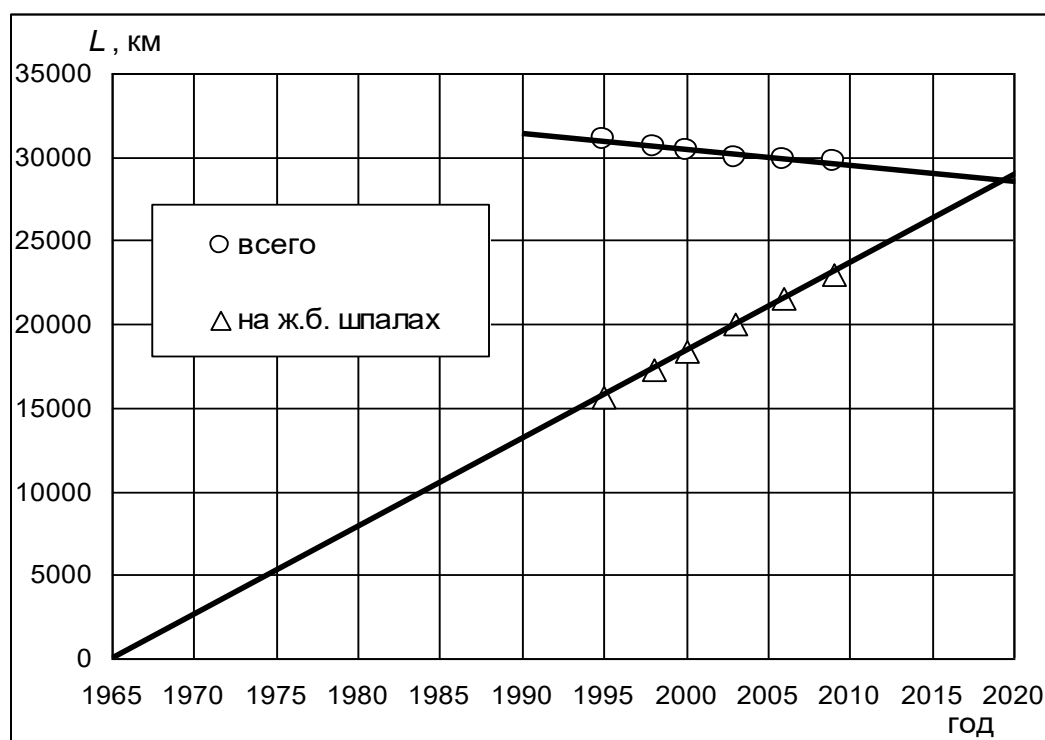


Рис. В.1 Изменение по годам протяженности L , км, главных путей железных дорог Украины, в том числе на железобетонных шпалах

Однако уменьшения потребности в новых железобетонных шпалах не произойдет, поскольку они будут расходоваться на замену теперь уже не

деревянных, а отработавших свой срок железобетонных шпал. Замена шпал вместе со всей рельсошпальной решеткой производится при модернизации пути, назначаемой в зависимости от его категории после пропуска до 800 млн. т. брутто-км или через 25–30 лет эксплуатации [2].

Таким образом, в целом по Украине потребность в новых железобетонных шпалах составляет около 963 тыс.шт. в год. Железобетонные шпалы в Украине выпускаются следующими предприятиями: Гниванским ЗСЖБ (Винницкая обл.); Запорожским ЗЖБШ (в 2000-х гг. перепрофилирован из ЗЖБК, производит только шпалы СБ-3); Киевским ОЗЖБШ (в настоящее время производит только шпалы трамвайных путей); Коростеньским ЗЖБШ (Житомирская обл.); Кременчугским ЗЖБШ (Полтавская обл., в настоящее время поставляет шпалы преимущественно на промышленные предприятия Украины и в Россию); Староконстантиновским ЗЖБШ (Хмельницкая обл.).

На металлических мостах деревянные поперечины (мостовые брусья) синхронно со шпалами заменяют железобетонными плитами безбалластного мостового полотна, выпускаемыми Староконстантиновским ЗЖБШ. До 1990-х гг. плиты БМП выпускались также Киевским ОЗЖБШ.

Предварительно напряженные железобетонные шпалы производят по агрегатно-поточной технологии, передачу предварительного напряжения арматуры производят через 8–10 часов после формования, передаточную прочность обеспечивают за счет интенсивной тепловлажностной обработки. Тепловлажностная обработка обеспечивается паром, вырабатываемым газовыми котельными.

Учитывая дороговизну газа, сокращение длительности пропарки до 3-х часов и менее или даже совсем ее полное устранение без ухудшения свойств железобетонных шпал представляет собой актуальную задачу.

Решение этой задачи становится возможным в связи с разработкой на кафедре строительных материалов, конструкций и сооружений УкрГАЗТ бетонов с принципиально новыми техническими характеристиками [3–6] –

минимальной быстронатекающей ползучестью, безосадочностью ($OK=0$), высокой виброрастекаемостью бетонной смеси. Эти характеристики обеспечивают минимальные потери предварительного напряжения арматуры при его передаче с формы на бетон, увеличение трещиностойкости шпал при их стандартном испытании на прессе, значительное (в несколько раз) уменьшение продолжительности вибрационного уплотнения.

Достижение таких технических характеристик осуществляется путем обеспечения оптимального состава бетона, в котором обеспечены оптимальные значения коэффициентов раздвижки зерен крупного и мелкого заполнителя ($\alpha_{\text{опт}}$, $\mu_{\text{опт}}$) и $(B/C)_{\text{опт}}$ и с введением добавки-суперпластификатора в оптимальном количестве $(СП)_{\text{опт}}$.

Эффективность таких составов бетона с оптимальными коэффициентами раздвижки зерен щебня и песка $\alpha_{\text{опт}}$, $\mu_{\text{опт}}$ для изготовления железобетонных шпал была подтверждена в бывшем СССР на Вишневском и Актюбинском заводах ЖБШ в 1983, 1984 гг. Затем эти составы прошли успешные испытания на Киевском ОЗЖБШ, Коростеньском и Кременчугском ЗЖБШ.

Необходимо также учесть, что особенностью применения добавок-ускорителей для железобетонных шпал является то, что, согласно СНиП 2.03.11 [7] и заменившего его ГОСТ 31384 [8] в состав бетона не допускается введение хлористых солей для железобетонных конструкций с напрягаемой арматурой и подвергающихся электрокоррозии. Второе требование можно трактовать как запрет на применение химических добавок, снижающих электрическое сопротивление бетона, для конструкций на электрифицированных постоянным током участках железнодорожного пути. В то же время практически все добавки-ускорители являются хорошо растворимыми электролитами, увеличивающими электропроводность воды, бетонной смеси и, вероятно, бетона. Это явилось основной причиной того, что добавки-ускорители практически никогда не применялись для изготовления железобетонных шпал.

Появившиеся в последние года данные о применении комплексных химических добавок для изготовления железобетонных шпал по беспропарочной технологии требуют критического анализа и не могут быть приняты без соответствующих исследований с контролем удельных электропроводности и электрического сопротивления железобетонных шпал. Следовательно, важнейшими показателями качества бетона с добавками-ускорителями для железобетонных шпал и плит БМП являются удельное сопротивление ρ и удельная электропроводность g .

Поэтому для исследований приняты составы бетона с оптимальными значениями структурных характеристик – коэффициентов раздвижки крупного и мелкого заполнителя ($\alpha_{\text{опт}}$ и $\mu_{\text{опт}}$) и водоцементного отношения $(В/Ц)_{\text{опт}}$ с добавками - суперпластификаторами в оптимальном количестве $(СП)_{\text{опт}}$. Главными контролируемыми показателями бетонных смесей, бетона и железобетонных шпал при этом будут виброрастекаемость $ВР$ и удельное электрическое сопротивление ρ (удельная электропроводность g) бетона, трещиностойкость (испытательная нагрузка P) и электрическое сопротивление R железобетонных шпал.

В связи с изложенным, тема диссертации, посвященная развитию теоретических основ применения комплексных добавок - суперпластификаторов и укорителей твердения, является актуальной.

Актуальность и значимость темы усиливается также в свете того, что производство железобетонных конструкций железнодорожного транспорта – шпал, плит безбалластного мостового полотна, опор контактной сети и т.п. осуществляется в Украине по очень энергоемкой технологии, обусловленной применением их тепловлажностной обработки паром, который производится газовыми котельными. Учитывая подорожание энергоресурсов, в частности газа, которое происходит в последнее время, отказ от тепловлажностной обработки или ее значительное сокращение является очень актуальной задачей. Актуальность такой задачи повышается необходимостью обеспечения производства железобетонных шпал и других конструкций для

прокладывания через территорию Украины международных транспортных коридоров со скоростным движением в условиях ограниченных финансовых возможностей, т.е. необходимостью снижения себестоимости шпал и других конструкций.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Работа выполнена на кафедре «Строительные материалы, конструкции и сооружения» Украинской государственной академии железнодорожного транспорта в составе госбюджетной научно-исследовательской темы УкрГАЗТ по плану НИОКР Министерства транспорта и связи (с 2011 г. Министерства инфраструктуры) Украины:

- №ГР 0110U002128 (6/2-2010Б) «Розробка теоретичних основ та експериментальні дослідження впливу струмів витоку та блукаючих струмів на бетон та розчин бетонних, залізобетонних та кам'яних конструкцій» [9], а также хозяйственных тем по планам НИОКР Укрзалізниці:
- № 5/07ЦТех-779/07ЦЮ (6/7-2007) «Проведення досліджень та розробка рекомендацій по застосуванню пластифікаторів та прискорювачів твердіння при виготовленні залізобетонних шпал та плит безбаластного мостового полотна» [10];
- №21/08-ЦТех-0281/08-ЦЮ (6/11-2008) «Проведення досліджень та нормування електричного опору бетону і залізобетонних шпал та розробка методики і засобів вимірювань для їх контролю» [11];
- №30/08-ЦТех-0326/08-ЦЮ (6/12-2008) «Дослідження причин виникнення тріщин у плитах безбаластного мостового полотна і розробка методичних рекомендацій із забезпечення їх тріщиностійкості» [12];
- №31/10-ЦТех/165/10-ЦЮ (60/3-2010) «Проведення досліджень корозії елементів верхньої будови колії в залізничних тунелях, визначення їх термінів експлуатації та розробка заходів щодо їх захисту від корозії» [13];
- №31/11-ЦТех/81/2011-ЦЮ (60/3-2011) «Розробка та випробування нових конструктивних рішень захисту від електрокорозії конструкцій шляхопроводів, на яких закріплена контактна мережа» [14];

- №25/11-ЦТех-75/2011-ЦЮ (60/2-2011) «Проведення досліджень і розробка рекомендацій із захисту та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць» [15].

Цель работы – разработка бетона оптимального состава для изготовления железобетонных шпал без тепловлажностной обработки или по ее минимальному режиму.

Объект исследования – цементный камень, бетон, железобетонные шпалы для железнодорожного пути.

Предмет исследования: процесс твердения цемента и бетона с добавками - суперпластификаторами и ускорителями твердения; свойства цементного камня, бетона и железобетонных шпал – прочность в ранние сроки твердения, передаточная прочность, сопротивление бетона проскальзыванию арматуры, трещиностойкость шпал, электрическое сопротивление бетона и шпал и т.д.

Научная гипотеза: сокращение режима тепловлажностной обработки или полный отказ от нее при производстве железобетонных шпал могут быть обеспечены за счет применения бетона оптимального состава с оптимальными значениями коэффициентов раздвижки зерен крупного заполнителя $\alpha_{\text{опт}}$ и мелкого заполнителя $\mu_{\text{опт}}$ и водоцементного отношения $(\text{В/Ц})_{\text{опт}}$, а также введения оптимального количества комплексной добавки - суперпластификатора и ускорителя твердения. При этом оптимальное количество добавки - суперпластификатора должно обеспечить оптимальное значение водоцементного отношения $(\text{В/Ц})_{\text{опт}}$ при требуемой удобоукладываемости, а ускорителем твердения должна быть добавка - электролит 2 класса 3 группы по В.Б. Ратинову, оптимальное количество которой должно обеспечить ускорение твердения бетона без снижения его электрического сопротивления за счет связывания электролита в малорастворимых продуктах гидратации.

Задачи исследований: - осуществить критический анализ существующих способов ускорения твердения бетона, представлений об

оптимальных структурных характеристиках бетона на макро-, мезо- и микроуровнях с позиции получения его ранней прочности, отобрать предпочтительные добавки-суперпластификаторы и ускорители твердения для детальных исследований;

- разработать методики исследования реологических и структурных характеристик на ранней стадии беспропарочного твердения цементно-водных составов и бетонов;

- развить новые теоретические представления с соответствующими физико-математическими моделями и схемами о кинетике твердения цементного камня и бетона при невысоких температурах, механизмах формирования ранней структуры и прочности бетона, механизмах действия добавок-суперпластификаторов и ускорителей твердения в бетонах из жестких бетонных смесей на основе коллоидной химии и физико-химической механики дисперсных систем и материалов;

- выполнить комплексные лабораторные исследования, в т.ч. физико-химические, подтверждающие или уточняющие научную гипотезу и указанные теоретические представления, и на этой основе выбрать окончательно комплекс добавок и оптимальный состав бетона;

- выполнить производственную проверку технологии и отработку технологических параметров приготовления бетонной смеси для изготовления железобетонных шпал без пропаривания в условиях, максимально приближенных к заводским, с проверкой качества бетонной смеси, бетона и шпал, а также производственную проверку и внедрение результатов исследований при изготовлении железобетонных шпал на заводах, при капитальном ремонте искусственных сооружений железных дорог, при разработке отраслевых нормативных и инструктивных документов.

Методы исследований: для выполнения задач исследований и доказательства научной гипотезы осуществлен выбор известных, в т.ч. стандартных, и разработка оригинальных методов исследований.

Реологические характеристики цементно-водной суспензии оценивали по ее условной вязкости – времени ее вытекания из вискозиметра ВЗ-1 по ГОСТ 8420 и расплыву конуса по ГОСТ 310.4, а бетонной смеси – по ее виброрастекаемости. Виброрастекаемость бетонной смеси определяли как жесткость по упрощенному способу проф. Б.Г. Скрамтаева. Прочность цементного камня и бетона определяли в соответствии с ГОСТ 310.4 и ГОСТ 10180. Трещиностойкость железобетонных шпал определяли стандартным методом по ДСТУ Б В.2.6-57. Физико-химические исследования цементного камня выполняли в составе рентгенофазового анализа (с помощью модернизированного рентгеновского дифрактометра ДРОН-3 и программного обеспечения DifWin1), инфракрасной спектроскопии (с помощью ИК-Фурье-спектрометра Bruker Alpha и программного обеспечения OPUS), сканирующей электронной микроскопии (с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-840).

Автором диссертации разработаны следующие оригинальные методы исследований: методика исследования зависимости прочности цементного камня и бетона от вида и содержания добавок; методика определения сопротивления бетона проскальзыванию арматурной проволоки; методика измерения электрического сопротивления железобетонных шпал. С участием автора диссертации разработаны следующие оригинальные методы исследований: методика определения электрического сопротивления и электропроводности бетона; методика исследования влияния химических добавок на электрическое сопротивление и электропроводность бетона и железобетонных шпал.

Научная новизна полученных результатов:

1. Теоретические представления и схемы строения первичного каркаса бездобавочного и с добавкой-суперпластификатором цементного камня. В бездобавочном цементном камне первичный каркас формируется за счет прочных электрогетерогенных контактов между первичными блоками этtringита на поверхности C_3A и глобулами реакционного слоя на

поверхности C_3S . Первичный каркас цементного камня с добавкой С-3 формируется за счет блоков первичного портландита на поверхности C_3S и завершается при накоплении между ними в достаточном количестве глобул гидросиликатного геля, образующих с блоками прочные электрогетерогенные контакты.

2. Доказательство того, что для достижения ранней прочности бетона и формирования первичного прочного каркаса наиболее приемлемой по избирательной адсорбции на C_3A и способности встраиваться в первичный каркас без деформаций и нарушений структуры является сульфонафталинформальдегидная добавка-суперпластификатор типа С-3. Незначительная прочность первичного каркаса бездобавочного цементного камня обусловлена малым содержанием C_3A на поверхности цемента, а намного большая прочность первичного каркаса ЦВС с добавкой С-3 обусловлена намного большим содержанием C_3S на поверхности цемента.

3. Вывод о том, что в цементном камне особобыстротвердеющего бетона добавка С-3 выполняет не суперпластифицирующую и редуцирующую функции, а структурообразующую (легко встраивается в общую структуру), а хлорид кальция $CaCl_2$ - не ускоряющую, а также структурообразующую (упрочняет электрогетерогенный контакт).

4. Разработанный состав особобыстротвердеющего беспропарочного бетона с оптимальными коэффициентами раздвижки зерен щебня α_{OPT} , песка μ_{OPT} , водоцементного отношения $(В/Ц)_{OPT} \approx 0,32$, добавки С-3 = 0,45 % и $CaCl_2 = 1$ %, обеспечивающий получение требуемой передаточной прочности бетона через 12-16 час при температуре до $30^0 C$.

5. Полученные рентгенограммы, ИКС и электронномикроскопические снимки цементного камня через 12 час беспропарочного твердения, результаты их интерпретации.

Практическая значимость полученных результатов. По результатам теоретических и экспериментальных исследований разработаны: с учетом результатов исследований при личном участии соискателя инструктивные

документы Укрзалізниці (Приложение А): «Рекомендації із забезпечення тріщиностійкості плит безбаластного мостового полотна ЦП 0224» [16]; «Рекомендації із захисту від корозії елементів верхньої будови колії в залізничних тунелях» [17]; «Рекомендації із захисту від електрокорозії конструкцій шляхопроводів, на яких закріплена контактна мережа» [18]; «Рекомендації із захисту та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць» [19].

Указанные разработки внедрены (Приложение Б) и прошли эксплуатационную проверку: при отработке беспарочной технологии производства железобетонных шпал на предприятии ТД «Украина Промресурс»; при разработке проектов и капитальном ремонте водопропускных труб (Приложение В) на 111 км участка Харьков – Купянск [20], 365 км участка Основа – м. Букино [21], 19 км участка Харьков – Люботин ЮЖД [22], стоек железобетонного путепровода №26 на перегоне Сартана-Северная ОАО «МК «Азовсталь»» [23]; при разработке проектов: переустройства железобетонного моста в трубу на 6 км участка Гребениковка – Низы [24], усиления существующих конструкций автодорожного путепровода на ст. Лозовая ЮЖД [25]; при разработке проектных решений капитального ремонта зданий вокзала и поста ЭЦ ст. Кисловка [26; 27], поста ЭЦ ст. Кагамлыцкая [28] и служебно-технического здания ст. Череднички Южной железной дороги [29].

Экономический эффект от внедрения оптимального состава бетона с оптимальной дозировкой комплексной добавки - суперпластификатора нафталинформальдегидного типа СП-1 и ускорителя твердения хлорида кальция обусловлен изготовлением шпал без тепловлажностной обработки.

Экономический эффект от внедрения составов бетона при ремонте искусственных сооружений результатов исследований обусловлен восстановлением эксплуатационных свойств поврежденных конструкций вместо их полной замены.

Суммарный подтвержденный экономический эффект от внедрения

результатов исследований соискателя составил 1206,402 тыс. грн (Приложение Б). Социальный эффект от внедрения заключается в повышении безопасности движения поездов на участках с отремонтированными сооружениями.

Материалы диссертации используются в УкрГАЖТе в учебном процессе при подготовке бакалавров, специалистов и магистров по специальностям «Железнодорожные сооружения и путевое хозяйство» (специализация «Техническая эксплуатация сооружений железнодорожного транспорта») и «Промышленное и гражданское строительство» (специализация «Содержание и реконструкция зданий железнодорожного транспорта»): в лекционных курсах, на лабораторных и практических занятиях, в курсовом и дипломном проектировании.

Личный вклад соискателя. Критический анализ существующих представлений по изучаемым вопросам, обобщение данных об особенностях технологии изготовления железобетонных шпал и плит бесбалластного мостового полотна на предприятиях Украины, экспериментальные исследования и анализ большей части их результатов, расчеты по разработанным уравнениям и формулам, эксплуатационная проверка результатов внедрения выполнены автором лично. Разработка научной гипотезы и новых научных положений выполнены совместно с научным руководителем, внедрение результатов исследований – совместно с соавторами публикаций, которым автор выражает искреннюю благодарность.

Апробация результатов диссертации проведена на 3-й Всеукраинской научно-технической конференции «Сучасні технології бетону», Киев, 19–22 мая 2009 г., 3-й Международной конференции по строительным материалам, конструкциям и сооружениям «Проблемы надежности и долговечности инженерных сооружений и зданий на железнодорожном транспорте», Харьков, 12–13 апреля 2011 г., 69–74 Международных научно-технических конференциях кафедр УкрГАЖТ и специалистов железнодорожного транспорта и предприятий (2007–2012 гг.).

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 9 научных работах, из них 7 статей в сборниках научных трудов, входящих в перечень рекомендуемого ГАК МОН молодежи и спорта Украины [30–36], дополнительно - 1 статья в научно-техническом журнале[37], 1 патенте Украины на полезную модель [38](Приложение Г).

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 разделов, основных выводов, списка литературы из 135 наименований на 14 страницах; содержит 120 страниц основного текста, 109 рисунков, 29 таблицы, 4 приложение; полный объем – 241 страниц.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Костюк М.Д. Будівництво та реконструкція залізничної мережі України для збільшення пропускної спроможності та запровадження швидкісного руху поїздів [Текст] / М.Д.Костюк, В.В.Козак, В.О.Яковлев та ін. – К.: ІЕЗ ім. Є.О.Патона, 2010. – 216 с.

2. ЦП 0113 Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-копійних робіт на залізницях України / ЦП УЗ.- Київ, 2004.- 40 с.

3. А.с.1787972 SU Способ определения состава бетонной смеси: / А.Н.Плугин, О.А. Калинин, А.И.Бирюков, Ю.П.Либенко, А.И.Моисеев, Ю.М.Скородумов.- Заявл. 26.06.1990.- Опубл. 15.01.1993.- Бюл.№2.

4. Пат.62613 UA Спосіб визначення складу високоміцного, тріщиностійкого і водонепроникного бетону. МПК 7С04В28/12 / А.М.Плугін, О.А.Калінін, С.В.Мірошніченко, А.А.Плугін, С.М.Кудренко, В.А.Лютій, А.В.Никитинський, І.В.Подтележнікова, Г.О.Линник, М.Д.Костюк, В.О.Яковлєв.- Заявл.15.04.2003.- №2003043396.- Опубл. 15.06.2005.- Бюл.№6.

5. Пат.71122 UA Спосіб визначення складу важкого бетону з мінеральним наповнювачем. МПК G01N33/38, С04В28/00 / А.М.Плугін, О.А.Калінін, С.В.Мірошніченко, А.А.Плугін, Арт.М.Плугін, С.М.Кудренко, І.В.Подтележнікова, О.С.Герасименко, В.А.Лютій, А.В.Никитинський.- Заявл. 21.08.2003.- №2003087901.- Опубл.15.06.2006.- Бюл.№6.

6. Пат.71208 UA Суперпластифікована цементно-водяна суспензія СПЦВС для цементації гірських порід і будівельних конструкцій. МПК 7С04В28/12 / А.М.Плугін, Арт.М.Плугін, О.А.Калінін, С.В.Мірошніченко, А.А.Плугін, Д.В.Шумик, Д.А.Плугін, А.В.Никитинський, В.А.Лютій, М.Д.Костюк.- Заявл.02.12.2003.- №20031210920.- Опубл.25.02.2008.- Бюл.№4.

7. СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии / Госстрой СРСР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 48 с.

8. ГОСТ 31384-2008 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования / МНТКС.- Москва, 2009.- 65 с.

9. Розробка теоретичних основ та експериментальні дослідження впливу струмів витоку та блукаючих струмів на бетон та розчин бетонних, залізобетонних та кам'яних конструкцій: Звіт з НДР / УкрДАЗТ. – Харків, 2011. – д/т №6/2-2010Б. – №ДР 0110U002128.

10. Проведення досліджень та розробка рекомендацій по застосуванню пластифікаторів та прискорювачів твердіння при виготовленні залізобетонних шпал та плит безбаластного мостового полотна: Звіт з НДР / УкрДАЗТ. – Харків, 2007. – г/д №5/07ЦТех-779/07ЦЮ (6/7-2007). –

11. Проведення досліджень та нормування електричного опору бетону і залізобетонних шпал та розробка методики і засобів вимірювань для їх контролю: Звіт з НДР / УкрДАЗТ: Харків, 2007. – г/д №21/08-ЦТех-0281/08-ЦЮ (6/11-08). – Етап 1. – 85 с.; Етап 2. – 62 с.; Етап 3. – 119 с.

12. Дослідження причин виникнення тріщин у плитах безбаластного мостового полотна і розробка методичних рекомендацій із забезпечення їх тріщиностійкості: Звіт з НДР / УкрДАЗТ. – Харків, 2008. – г/д №30/08-ЦТех-0326/08-ЦЮ (6/12-2008). – Етап 1. – 126 с.; Етап 2. – 75 с.

13. Проведення досліджень корозії елементів верхньої будови колії в залізничних тунелях, визначення їх термінів експлуатації та розробка заходів щодо їх захисту від корозії: Звіт з НДР / УкрДАЗТ. – Харків, 2011. – г/д №31/10-ЦТех/165/10-ЦЮ (6/3-2010). – Етап 1. – 108 с.; Етап 2. – 204 с.; Етап 3. – 69 с.

14. Розробка та випробування нових конструктивних рішень захисту від електрокорозії конструкцій шляхопроводів, на яких закріплена контактна мережа: Звіт з НДР / УкрДАЗТ. – Харків, 2011. – г/д №31/11-ЦТех/81/2011-ЦЮ (6/2-2010). – Етап 1. – 45 с.; Етап 2. – 193 с.

15. Проведення досліджень і розробка рекомендацій із захисту та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць: Звіт з НДР / УкрДАЗТ. – Харків, 2010. – г/д №25/11-ЦТех-75/2011-ЦЮ (6/2-2011). – Етап 1. – 63 с.; Етап 2. – 145 с.

16. ЦП 0224 Рекомендації із забезпечення тріщиностійкості плит без баластного мостового полотна / А.А.Плугін, А.М.Плугін, С.В.Мірошніченко, О.А.Калінін, Д.А.Плугін, В.А.Лютій, Г.О.Линник, О.В.Романенко, О.А.Забіяка, І.Г.Корнієнко, О.С.Борзяк.- Київ, ЦП УЗ, 2010.- 42 с.

17. Рекомендації із захисту від корозії елементів верхньої будови колії в залізничних тунелях / УкрДАЗТ; ЦП УЗ. – Затв. 20.12.2010. – Харків, 2010. – 32 с.

18. Рекомендації із захисту від електрокорозії конструкцій шляхопроводів, на яких закріплена контактна мережа / УкрДАЗТ; ЦП УЗ. – Затв. 20.12.2011. – Харків, 2011. – 29 с.

19. Рекомендації із захисту та підсилення конструкцій пасажирських платформ на електрифікованих ділянках залізниць / УкрДАЗТ; ЦБМЕС УЗ. – Затв. 20.12.2011. – Харків, 2011. – 26 с.

20. Капітальний ремонт водопропускної труби на 111 км ділянки Харків-Куп'янськ: Робочий проект. Виконавча документація / СУНЦЗТ ХарДАЗТ.– Харків, 2007. – г/д П/П-062975/НЮ від 25.12.2006; П/П-07587/НЮ від 23.03.2007

21. Капітальний ремонт водопропускної труби на 365 км ділянки Основа – Букіне: Робочий проект. Виконавча документація / СУНЦЗТ ХарДАЗТ.– Харків, 2007. – г/д П/П-062974/НЮ від 25.12.2006; П/П-07586/НЮ від 23.03.2007. Здесь нужно дать ссылку на Возненко

22. Капітальний ремонт водопропускної труби на 19 км ділянки Харків – Люботин: Робочий проект. Виконавча документація / УкрДАЗТ. – Харків, 2007. – г/д П/П-071913/НЮ від 16.06.2007.

23. Експериментальний ремонт дослідної ділянки залізобетонного шляхопроводу №26 на перегоні ст. Сартана – ст. Сортувальна: Креслення, технол. схеми, склади рем. матер., кошт. док. за / УкрДАЗТ.- Харків, 2007. – г/д №6/10-07.

24. Перевлаштування залізобетонного моста на 6 км (ПКЗ) на трубу ділянки Гребениківка – Низи Південної залізниці: Робочий проект / УкрДАЗТ. – Харків, 2009. – г/д П/П-091024/НЮ від 01.07.2009

25. Підсилення існуючих залізобетонних конструкцій автодорожнього шляхопроводу через залізничні колії станції Лозова на 928 км ділянки

Харків – Лозова: Робочий проект / УкрДАЗТ. – Харків, 2010. – г/д П-05-06/1987 (6/1-2010).

26. Звіт з обстеження і розробки передпроектних рішень будівлі вокзалу ст. Кислівка Південної залізниці / УкрДАЗТ. – Харків, 2010. – г/д №84 (60/4) від 22.10.2010. – 49 с.

27. Звіт з обстеження і розробки передпроектних рішень будівлі поста ЕЦ ст. Кислівка Південної залізниці / УкрДАЗТ. – Харків, 2010. – г/д №85 (60/5) від 22.10.2010. – 51 с.

28. Обстеження і розробка проектних рішень капітального ремонту будівлі посту ЕЦ ст. Кагамлицька Південної залізниці / УкрДАЗТ. – Харків, 2011. – г/д 6/16-2010 від 12.08.2011. – 69 с.

29. Обстеження і розробка проектних рішень капітального ремонту службово-технічної будівлі ст. Череднички Південної залізниці / УкрДАЗТ. – Харків, 2011. – г/д 6/17-2011 від 12.08.2011. – 28 с.

30. Плугин А.Н. Механизм электрокоррозии бетонных конструкций пульсирующим однонаправленным блуждающим током или током утечки / А.Н.Плугин, А.А.Плугин, С.В.Мирошниченко, О.С.Борзяк, А.В.Романенко // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА; ХОТВ АБУ, 2007. – Вип.42. – С.106–111.

31. Плугін А.А. Дослідження можливості виробництва залізобетонних шпал за безпропарувальною технологією / А.А.Плугін, А.М.Плугін, О.В.Романенко, В.О.Яковлев, О.С.Борзяк, О.А.Плугін, О.А.Дудін // Удосконалення конструкції залізничної колії та системи ведення колійного господарства: Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – Вип.91. – С.211–224.

30. Романенко О.В. Розробка комплексної добавки для виробництва залізобетонних шпал без тепловологісної обробки / О.В.Романенко, Д.П.Войтко, О.Б.Ружицький, С.О.Пилипенко // Зб.наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2008.- Вип.103. – С.235–243.

33. Плу́гин А.А. Бетоны и растворы для восстановления эксплуатационных свойств транспортных сооружений / А.А.Плу́гин, А.Н.Плу́гин, О.А.Калинин, А.В.Романенко, А.А.Забияка // Будівельні конструкції: Міжвідомчий наук.-техн.збірник наук.праць. – К.: ДП НДІБК, 2009. – Вип.72. – С.357–370.

34. Плу́гин А.А. Обґрунтування скорочення енерговитрат при тепловологісній обробці залізобетонних шпал / А.А.Плу́гин, О.В.Романенко, В.О.Яковлєв // Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті: Зб.наук.праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип.109. – С.38–56.

35. Романенко О.В. Уточнення оптимальної витрати добавки суперпластифікатора при виробництві залізобетонних шпал без тепловологісної обробки / О.В.Романенко, А.А.Плу́гин, В.О.Яковлєв // Зб.наук.праць УкрДАЗТ.- Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип.115. – С.97–103.

36. Романенко О.В. Фізико-хімічні дослідження цементного каменю з добавками суперпластифікатора та прискорювача твердіння / О.В.Романенко // Зб.наук. праць УкрДАЗТ. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип.130. – С.40–49.

37. А.В. Романенко Развитие теоретических представлений о ранней прочности цементного камня и бетона и механизме формирования их первичной структуры / А.В. Романенко, А.А. Плу́гин, А.Н. Плу́гин, О.А. Калинин, Ал.А. Плу́гин // «Восточно-Европейский журнал передовых технологий»// научный журнал. - Харьков: Технологический центр, 2012. - № 5/10 (59). 2012, стр.28

38. Особливошвидкотверднучий безпропарювальний бетон: Заявка на видачу патенту на винахід / УкрДАЗТ; А.А.Плу́гин, А.М.Плу́гин, О.В.Романенко, О.А.Плу́гин, О.А.Калінін, Д.А.Плу́гин, С.В.Мірошніченко. – Заявл.2011.

39. Железобетонные шпалы для рельсового пути / А.Ф.Золотарский, Б.А.Евдокимов, Н.М.Исаев и др.; под ред.А.Ф.Золотарского.- М.: Транспорт, 1980.- 270 с.

40. Иванов Г.С. Эксплуатационная надежность и совершенствование технологии изготовления железобетонных шпал. – М.: Транспорт, 1974. – 160 с.

41. Даниленко Е.І. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України ЦП 0138 [Текст] / Е.І.Даніленко, В.О.Яковлев, А.М.Орловський та ін. – К.: Транспорт України, 2006. – 336 с.

42. ДСТУ Б В.2.6-57:2008. Конструкції будинків і споруд. Шпали залізобетонні попередньо напружені для залізниць колії 1520 мм. Технічні умови

43. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии / Госстрой СССР.- М.: ГУП ЦПП, 1996.- 56 с.

44. ГОСТ 31384-2008 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования / МНТКС.- Москва, 2009.- 65 с.

45. Исследования основных производственных факторов, определяющих расходы цемента при изготовлении железобетонных конструкций: Отчет о НИР / А.Н.Плугин, О.А.Калинин, А.А.Плугин и др. – Харьков, 1998. – 40 с.

46. Рекомендації з виготовлення залізобетонних шпал у відповідності до ТУ У 01116472.021-97 (для Київського експериментального заводу залізобетонних шпал) / А.М.Плугін, О.А.Калінін, А.А.Плугін та ін. – Харків: ХарДАЗТ, 2000. – 58 с.

47. Рекомендації з удосконалення технології виробництва залізобетонних шпал у відповідності з ТУ У 01116472.021 (для Коростенського заводу залізобетонних шпал) / А.М.Плугін, О.А.Калінін, А.А.Плугін та ін. – Харків: ХарДАЗТ, 2001. – 123 с.

48. Заключення щодо відповідності вимогам ТУ У 01116472.021 шпал залізобетонних попередньо напружених із зменшеною кількістю арматури для залізниць колії 1520 мм, що виробляються ЗАТ Кременчуцький ЗЗБШ-2 / А.М.Плугін, О.А.Калінін, А.А.Плугін та ін. – Харків: ХарДАЗТ, 2001. – 45 с.

49. Дослідження причин виникнення тріщин у плитах безбаластного мостового полотна і розробка методичних рекомендацій із забезпечення їх тріщиностійкості. Етап 2 Обстеження технології виготовлення, натурних досліджень плит БМП при експлуатації і теоретичних досліджень механізму тріщиноутворення в плитах БМП: Звіт з НДР / УкрДАЗТ. – №30/08-ЦТех-0326/08-ЦЮ від 06.05.2008 (6/12-2008). – Харків, 2008. – 126 с.

50. Баженов Ю.М., Комар А.Г. Технология бетонных и железобетонных изделий.- М.: Стройиздат, 1984.- 672 с.

51. Руководство по технологии формирования железобетонных изделий / НИИЖБ.- М.: Стройиздат, 1977.- 96 с.

52. Лютый В.А. Повторяющаяся быстронатекающая ползучесть бутовой кладки мостовых опор при механоэлектрических воздействиях: дисс... канд. техн. наук: 05.23.05 / Лютый Виталий Анатольевич. - Харьков, 2007. - 201 с.

53. Національний банк України: Офіційне Інтернет-представництво [Електронний ресурс] // Режим доступу:
<http://www.bank.gov.ua/control/uk/index>

54. ДБН А.3.1-7-96 Виробництво бетонних та залізобетонних виробів / НДІБВ.- К.: Укрархбудінформ, 1997.- 40 с.

55. Посібник до ДБН А.3.1-7-96 Виробництво бетонних та залізобетонних виробів / НДІБВ.- К.: Укрархбудінформ, 1998.- 94 с.

56. Миронов С.А. Ускорение твердения бетона / С.А.Миронов, Л.А.Малинина. – М.: Стройиздат, 1964. – 347 с.

57. Баженов Ю.М. Технология бетона.- М.: Высш.шк., 1987.- 415 с.

58. Волянський О.А. Технологія бетонних і залізобетонних конструкцій. Т.1. Технологія бетону. – К.: Вища школа, 1994. – 271 с.

59. Цемент в мешках. www.elitpenobeton.ru/katalog/33/.

60. Разновидности цементов и их применение.
tehnoinfo.ru/.../60-2011-01-06-07-45-58.html.
61. ДСТУ Б В.2.7-65-97 Будівельні матеріали. Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Класифікація. – К.: Держбуд, 2000. – 12 с.
62. ДБН В.2.7-64-97 Будівельні матеріали. Правила застосування хімічних добавок у бетонах і будівельних розчинах / Держбуд.- Київ: Укрархбудінформ, 1999.- 60 с.
63. Вплив електроповерхневих потенціалів мінералів портландцементу на його взаємодію з суперпластифікаторами / А.М.Плугін, Д.В.Шумик, Арт.М.Плугін, А.А.Плугін // Зб. наук.праць.- Харків: ХарДАЗТ, 2000.- Вип.44.- С.74-79.
64. Механизм влияния добавок-суперпластификаторов на прочность цементного камня из СПЦВС / А.Н.Плугин, Д.В.Шумик, А.А.Плугин, О.А.Калинин, А.В.Никитинский // Науковий вісник будівництва.- Харків: ХДТУБА; ХОТВ АБУ, 2000.- Вип.10.- 138-146.
65. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон.- М.: Стройиздат, 1989.- 188 с.
66. Файнер М.Ш. Новые закономерности в бетоноведении. – К.: Наукова думка, 2001. – 448 с.
67. Руководство по применению химических добавок в бетоне / НИИЖБ.- М.: Стройиздат, 1980.- 55 с.
68. Пособие по применению химических добавок при производстве сборных железобетонных конструкций и изделий (к СНиП 3.09.01-85) / НИИЖБ.- М.: Стройиздат, 1989.- 39 с.
69. ЦБМЕС 0004 Інструкція щодо використання хімічних добавок до бетонів та розчинів загальнобудівельного та транспортного призначення / УкрДАЗТ; А.М.Плугін, О.А.Калінін, А.А.Плугін та ін.- Київ: Укрзалізниця, 2006.- 148с.
70. Химические добавки для модификации бетона : монография /

В.С. Изотов, Ю.А. Соколова. — М. : Казанский Государственный архитектурно-строительный университет: Издательство «Палеотип», 2006. — 244 с.

71. Рамачандран В.С. Наука о бетоне. / В.С.Рамачандран, Р.Ф.Фельдман, Дж. Бодуэн.- М.: Стройиздат, 1981. - 278 с.

72. Балаж Д. Влияние хлорида кальция на прочность пропаренных и автоклавированных бетонов. Труды конф. РИЛЭМ, М., Стройиздат, 1968, с. 318 – 323.

73. Петрова, Т.М., Серенко А.Ф., Егоров В.Н. Ресурсосберегающие технологии при изготовлении шпал // Путь и путевое хозяйство. 2006. № 9. С. 2-3.

74. Журнал Строительная Орбита.
<http://www.stroyorbита.ru/arhiv/0107/01-30.htm>.

75. Петролафс - современный комплексный модификатор бетона...
http://cms-all.blogspot.com/2011/08/blog-post_8993.html.

76. Дворкин Л.И. и Дворкин О.Л. Эффективность различных способов повышения ранней прочности бетона нормального твердения на шлакосодержащих цементах / Химические добавки для модификации бетона...veraforma.ru/images/upload/ru/1....

77. За Серят ли страну? - Мои статьи - Каталог статей – ДП...
starzbs.at.ua/publ/1-1-0-8.

78. Химические и минеральные добавки в технологии цемента и бетона. www.playffun.ru/.../ушеров-мар...ента и бетона. doc/

79. Суперпластификаторы в бетоне: Обзорно – аналитическая справка / - М.: ВНИИТПИ Госстроя СССР, 1989. – 27 с. Повтор со 128

80. Ускорители схватывания и твердения...http://www.concrete-union.ru/a...r_concrete.php?ELEMENT_ID=5185.

81. Серенко А.Ф. Беспропарочная технология бетона с учетом аномальных свойств пластифицированных цементных систем. Специальность 05.23.05 – Строительные материалы и изделия: Дисс... докт. техн. наук: 02.23.05. – Санкт-Петербург, 2009. - 328 с.

82. Конструкційні матеріали нового покоління та технології їх впровадження у будівництво / Рунова Р.Ф., Гоц В.І., Назаренко І.І., Сівко В.Й., Шилюк П.С., Старчук В.Н., Братчун В.І., Пługін А.М., Саницький М.А. – К: УВПК «ЕксОб», 2008. – 355 с.

83. ДСТУ Б В.2.7-46-96. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови / Держкоммістобудування України. – Київ, 1996.

84. ДСТУ Б В.2.7-32-95 Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови / Держкоммістобудування України. – Київ, 1996.

85. ДСТУ Б В.2.7-75-98 Будівельні матеріали. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови / Держбуд України. – Київ, 1999.

86. ГОСТ 23732-79 Вода для бетонов и растворов. Технические условия

87. ТУ 6-36-0204229-625-90 Пластификатор С-3. Технические условия

88. ГОСТ 450-77 Кальций хлористый технический. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2008.- 16 с.

89. ГОСТ 4233-77 Реактивы. Натрий хлористый. Технические условия

90. ГОСТ 4166-76 Реактивы. Натрий серноокислый. Технические условия

91. ГОСТ 4143-78 Реактивы. Калий углекислый кислый. Технические условия

92. ГОСТ 4168-79 Реактивы. Натрий азотнокислый. Технические условия

93. ГОСТ 4142-77 Реактивы. Кальций азотнокислый 4-водный. Технические условия

94. ГОСТ 201-76 Тринатрийфосфат. Технические условия

95. ГОСТ 4463-76 Реактивы. Натрий фтористый. Технические условия

96. ГОСТ 2081-92 Карбамид. Технические условия

97. ГОСТ 8420-74 Материалы лакокрасочные. Методы определения условной вязкости

98. Пługін А.М. Методика кількісної оцінки в'язкотекучих рідин за допомогою віскозиметрів типу ВЗ-4 / Пługін А.М., Пługін Д.А., Мірошніченко С.В. та ін. // Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті: Зб.наук.пр. – Харків: ХарДАЗТ, 1999. – Вип. 37. – С.16–24.

99. ЦП 0136 Інструкція щодо виконання робіт з нагнітання розчинів за обробку тунелів / ЦП УЗ, УкрДАЗТ; А.М.Пługін, О.А.Калінін, С.В.Мірошніченко, А.А.Пługін, М.М.Мкртичян. – Київ, 2006. – 108 с.

100. Пługин А.Н. Теория удобоукладываемости бетонных смесей. Уплотняемость / А.Н.Пługин, А.А. Пługин, О.А.Калинин, С.В.Мирошниченко, Д.А. Пługин, С.Н.Кудренко // Науковий вісник будівництва.- Харків: ХДТУБА; ХОТВ АБУ, 2002. – Вип.19. – С.233-238.

101. Лифанов И.С., Шерстюк Н.Г. Метрология, средства и методы контроля качества в строительстве. – М.: Стройиздат, 1979. – 223 с.

102. ГОСТ 310.4-81 Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии

103. ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

104. Ларионова З.М., Никитина Л.В., Гарашин В.Р. Фазовый состав, микроструктура и прочность цементного камня и бетона / З.М.Ларионова, Л.В.Никитина, В.Р.Гарашин. – М.: Стройиздат, 1977. – 264 с.

105. Ларионова З.М., Виноградов Б.Н. Петрография цементов и бетонов. М.: Стройиздат, 1974. - 347 с.

106. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ: Учеб.пособие.- М.: Высш.школа, 1981.- 335 с 109.

107. Ложкин В.П., Марцинкевич В.Л., Белецкий И.В. Структурообразование цементных композиций с добавками при тепло-

влажностном твердении. [strukturoobrazovanie-i-tverdenie-cementnyh-kompoziciyu.pdf](#).

108. Повышение надежности железобетонных подрельсовых оснований при различных режимах и условиях эксплуатации: Отчет / ХИИТ; Плагин Арк.Н., Шишов В.Б., Скрипник В.Г., Порошина Л.Г. и др. - № 0183003909. – Харьков, 1983. – 131 с.

109. Киреенко И.А. Расчет состава высокопрочных и обычных бетонов и растворов на стандартных и мелких песках.- К.: Госстройиздат УССР, 1961.- 80 с.

110. Дворкін Л.Й. Бетони і будівельні розчини. – Київ: Основа, 2005. – 448 с.

111. Невилль А.М. Свойства бетона, М., Стройиздат, 1972. – 344 с.

112. Уточненные формулы для определения прочности бетона. Письмо зам. нач. УНИР Госстроя СССР, проф., д.т.н. Б.Г.Скрамтаева и доц., к.т.н. Ю.М. Баженова.

113. Плагин А.Н., Плагин А.А., Калинин О.А. Коллоидно-химические основы прочности, разрушения и долговечности бетона и железобетонных конструкций // Цемент. - 1997. - №2. - С.28-32.

114. Рекомендации по назначению состава бетона с учетом маркировки цементов по ГОСТ 10178-62 / НИИЖБ.- М.: Стройиздат, 1968.- 25 с.

115. Рамачандран В.С. Добавки в бетон / В.С.Рамачандран, Р.Ф.Фельдман, М.Коллепарди и др.- М.: Стройиздат, 1988.- 576 с.

116. бетон, механизм действия пластификаторов, классификация...irms.ru/r-beton/dobav/dob10.php.

117. ДСТУ Б В.2.7-65-97 Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Класифікація/

118. Киселёва Л.А. Суперпластификатор Дофен и его модификации / Современные проблемы строительства – Донецк.: Промстройниипроект, 1997. – С 75-78. (40)

119. Книги по химии: Технология коксохимического производства – Лейбович...booksonchemistry.com/index.php?..
120. ПБ 11-219-98 правила безопасности в коксохимическом производстве.
121. Новые суперпластификаторы на основе поликарбоксилата...www.spsss.ru/.../reports/doclad06/sika.html.
122. Юдович Б.Э., Папиашвили У.И., Дмитриева В.А. Электронная микрофотография портландцементного клинкера // Шестой международный конгресс по химии цемента. М.: Стройиздат. 1976. - Т.1. - С. 269-276.
123. Зайченко Н.М. Адсорбция анионных суперпластификаторов на поверхности минеральных добавок и мономинералов портландцементного клинкера. Влияние поверхностного заряда.
nbuv.gov.ua/.../2009_35/index.files/St25_35.htm.
124. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. - М.: Химия, 1976, 511 с.
125. Фридрихсберг Д. А. Курс коллоидной химии. Учеб. для вузов.—2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Химия, 1984. — 368 с.
126. Плугин А.Н. Электрогетерогенные взаимодействия при твердении цементных вяжущих: Дисс... докт. хим. наук: 02.00.11.- Харьков: ХИИТ, 1989.- 282 с.
127. Trettin R. Reactivity and Mechanism of Hydration of Cement Phases // Proceedings of the 10th International Congress of the Chemistry of Cement.- Gothenburg: Inform Trycket AB. - 1997.- Vol.2.- 2ii050.- 8p.
128. Шпынова Л.Г. ,Чих В.И., Саницкий М.А., Соболев Х.С., Мельник С.К. Физико-химические основы формирования структуры цементного камня. -Львов: Вища школа, 1861, 157 с.
129. Илюхин В.В., Кузнецов В.А., Лобачев А.Н., Бакшуттов В.С. Гидросиликаты кальция. Синтез и кристаллохимия. - М.: Наука, 1979, 185 с.
130. Коллепарди М., Марчиалис А., Массидда Л., Туррициани Р. Гидратация $4CaO \cdot 3Al_2O_3 \cdot SO_3$ в присутствии $Ca(OH)_2$, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ и некоторых органических соединений. - В кн. : Шестой междунар. конгр. по

химии цемента (Москва, сент. 1974 г.). - М.: Стройиздат, 1976, т. 2, кн. 2, с. 32.

131. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. - М.: Госгеотехиздат, 1956, 558 с.

132. Putel Z., Malolepszy J. The Role of MgO in the synthesis of C-S-H and tobermorite // Proceedings of the 10th International Congress of the Chemistry of Cement.- Gothenburg: Inform Trycket AB. - 1997.- Vol.2.- 2ii064.- 7pp.

133. Корнфельд М.И. Механизм электризации кристаллов при расщеплении. – ФТ. – 1977. – 19. - В.4. - С. 1114.

134. Кузнецова Т.В. Алюминатные и сульфоалюминатные цементы. – М.: Стройиздат, 1986. – 209 с.

135. Мчедлов-Петросян О.П. Кристаллохимия вяжущих веществ // Тр. Совещ. По химии цемента. – М.: Промстройиздат, 1956. – С. 63-78.

