

монолитными). Как показано во введении и первой главе, наличие бетонного шва даже при строгом соблюдении нормативных требований приводит к снижению несущей способности конструкции и уменьшению жесткости по сравнению с цельными аналогами. Причинами этого в том числе являются: образование цементной пленки на поверхности ранее уложенного бетона, которая является слабым и рыхлым слоем; недостаточное сцепление за счет чисто механического зацепления; а также невозможность обеспечения строгой перпендикулярности шва при вынужденных перерывах в бетонировании, что ведет к образованию наклонных швов, не предусмотренных проектом. Традиционные методы подготовки контактной поверхности (механическая зачистка металлическими щетками, гидropескоструйная обработка, фрезерование) требуют значительных трудовых затрат, специального оборудования и не всегда достижимы в стесненных условиях густоармированных конструкций. Кроме того, эти методы не решают проблему незапланированных наклонных швов, при ликвидации которых применяют частичный демонтаж или усиление дополнительной арматурой, что ведет к удорожанию и увеличению сроков строительства.

Предлагаемый автором подход, основанный на использовании для заполнения шва или стыка шлакощелочной бетонной смеси с высоким уровнем водородного показателя ($pH \geq 12,4$, модуль основности шлака $M_o > 1$), позволяет не только повысить адгезию «нового» бетона к «старому», но и полностью отказаться от операции удаления цементной пленки, поскольку щелочная среда химически активизирует непрореагировавшие клинкерные частицы и превращает слабый слой в прочное новообразование. Одновременно решается задача утилизации отходов металлургии (доменных шлаков), производство которых в России составляет десятки миллионов тонн в год.

Таким образом, диссертационная работа Каган М.Н. отвечает приоритетным направлениям развития строительной науки и практики, а ее тема является безусловно актуальной.

Научная новизна полученных результатов диссертации. В диссертации получен ряд новых научных результатов, имеющих существенное значение для развития строительной науки в области технологии бетонных работ и организации строительного производства.

Автором впервые установлено, что на прочность контактной зоны «старый – новый» бетон существенное влияние оказывают не только традиционно учитываемые параметры (шероховатость поверхности, наличие цементной пленки, влажность основания), но и такие факторы, как уровень pH затворяющей жидкости вновь укладываемой смеси и ориентация слоев укладки «старого» бетона относительно плоскости будущего шва.

На основе обширных экспериментальных данных (испытания на отрыв, на сжатие комбинированных кубов, на срез трехслойных балочек) автором получены уравнения множественной регрессии, связывающие прочность рабочего шва (на сжатие и на срез) с такими технологическими параметрами, как рН затворяющего раствора, прочность «нового» бетона и возраст «старого» бетона на момент укладки. Эти зависимости могут быть использованы для прогнозирования качества соединения при проектировании технологических процессов бетонирования без постановки дополнительных натуральных экспериментов.

Впервые научно обосновано и экспериментально подтверждено, что шлакощелочной бетон с рН=12,4 обеспечивает равнопрочный стык даже при отсутствии механической зачистки цементной пленки. Автором предложен механизм: щелочной раствор активизирует непрореагировавшие частицы клинкера в поверхностном слое «старого» бетона, переводя их в активное состояние и формируя химически связанную переходную зону. Этот механизм принципиально отличается от традиционного «механического зацепления» и открывает новые возможности для создания монолитных соединений с минимальной подготовкой основания.

Автором разработан способ устройства рабочего шва бетонирования, при котором бетонирование захваток выполняют с пространственным разрывом, при этом вместо применяемой по актуальной на данный момент технологии в качестве отсекающей сетки-рабицы используются фанерные отсекки, а пространство между ранее забетонированными участками заполняется шлакощелочной смесью. Экспериментально доказано, что такая технология обеспечивает несущую способность стыка на уровне монолита при незначительном снижении жесткости (8% против 17,6% у классического шва). Кроме того, впервые предложен способ ликвидации незапланированного наклонного шва путем установки ступенчатых отсеков и последующего нанесения шлакощелочного раствора в качестве активной прослойки перед укладкой портландцементного бетона.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается современными стандартами и методиками, применявшимися в рамках выполнения диссертационной работы, обеспечивающими достаточную точность полученных результатов, апробацией и практическим внедрением результатов исследований. Экспериментальные работы, включая опытно-производственное исследование разработанной технологии, проводились с фото фиксацией.

Достоверность результатов исследований подтверждается использованием стандартных и апробированных (в случае отсутствия стандартных) методик, достаточным объемом экспериментального материала – в ходе работы изготовлено

и испытано более 200 образцов, что обеспечивает статистическую значимость выводов, осуществлением обработки полученных экспериментальных данных с применением методов математической статистики, что гарантирует воспроизводимость результатов, а также установлением аналитических зависимостей для расчета технологических параметров строительного процесса

Кроме того, основные положения и результаты диссертации докладывались и получили одобрение на всероссийских и международных конференциях. Разработанные технологические карты использованы при строительстве 19-этажного монолитного здания в г. Челябинске ул. Труда, 187 в составе ЖК «Грани» по линии технического заказчика ООО «Конструктив», а состав шлакощелочной смеси принят к производству на заводе ООО «Символ Бетон», что доказывает положительные результаты опытно-промышленного внедрения.

Автореферат и опубликованные труды полностью отображают основные положения, выводы и результаты проведенного исследования.

Значимость полученных автором результатов для развития строительной отрасли и строительной науки определяется возможностью применения положений диссертации при строительстве, как монолитном, так и сборном, а также вкладом автора в развитие научного задела технологии строительства в данной предметной области.

Методические положения диссертации в дальнейшем могут быть применены в практической деятельности строительных организаций в целях интенсификации строительства при возведении монолитных железобетонных конструкций, обеспечивающих сокращение продолжительности выполнения строительно-монтажных работ и улучшения качества изготавливаемых железобетонных конструкций. Полученные результаты возможно использовать при разработке проекта производства работ, технологических карт на устройство монолитных горизонтально-ориентированных железобетонных конструкций.

Положения, вынесенные на защиту, апробированы и воплощены в предварительной работе: тематические публикации автора размещены в 11 печатных работах, в том числе в 7 рецензируемых журналах из перечня ВАК, 3 публикации, индексируемых международной системой цитирования Scopus.

Диссертационная работа Каган М.Н. вносит весомый вклад в развитие теоретических основ технологии бетонных работ и организации строительного производства. К числу наиболее значимых результатов относятся:

1. Развитие научных представлений о механизме сцепления разновозрастных бетонов. До настоящего времени доминировал подход, согласно которому качество стыка определяется главным образом шероховатостью и чистотой поверхности «старого» бетона. Автором доказано, что при использовании

щелочных смесей этот тезис теряет свою силу: химическая активация поверхности может быть более эффективной, чем механическая обработка. Это открывает новое научное направление – химическое (щелочное) модифицирование контактной зоны без трудоемких операций фрезерования и пескоструйной обработки.

2. Создание экспериментально обоснованной методики прогнозирования прочности шва. Полученные уравнения регрессии позволяют на этапе проектирования технологической карты рассчитать ожидаемую прочность рабочего шва в зависимости от конкретных характеристик применяемых материалов (рН, прочность «нового» бетона, возраст «старого» бетона). Это повышает научную обоснованность принимаемых решений и снижает риск брака при бетонировании.
3. Формирование технологической базы для широкого использования техногенных отходов. В работе доказана возможность эффективного использования доменных шлаков (с модулем основности $M_o > 1$) в качестве вяжущего для ответственных элементов стыков и швов. Учитывая, что только Челябинский металлургический комбинат ежегодно производит миллионы тонн шлака, предлагаемая технология может стать драйвером развития «зеленого» строительства, снижения себестоимости железобетонных конструкций и уменьшения эмиссии CO_2 при производстве портландцемента.
4. Инновационное решение проблемы незапланированных (наклонных) швов. Разработанный способ ликвидации наклонного шва с помощью ступенчатых отсечек и промазки шлакощелочным раствором не имеет аналогов в известной нормативно-технической литературе. Он позволяет избежать дорогостоящего демонтажа части фундаментной плиты и повторного бетонирования, что особенно важно в условиях плотной городской застройки и ограниченных сроков строительства.

Практическая значимость и рекомендации по использованию результатов диссертации.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты исследования позволяют повышать качество соединения разновозрастных бетонов в монолитном, сборном и сборно-монолитном строительстве, обеспечивая равнопрочность конструкции за счет использования бесклинкерных бетонных смесей и растворов щелочной активации, а также результаты исследования позволяют увеличивать показатели организационно-технологической эффективности производства строительно-монтажных работ по устройству горизонтально-ориентированных монолитных железобетонных конструкций за счет сокращения продолжительности основных работ и снижения коэффициента неравномерности трудовых ресурсов при ведении работ, согласно предложенной технологии.

Практическая ценность работы подтверждена внедрением в деятельность строительных организаций. Результаты работы прошли производственную проверку, что подтверждается справкой о внедрении результатов исследования в ООО «Конструктив», ООО «Символ Бетон», г. Челябинск. Разработанные в ходе диссертационного исследования решения могут быть реализованы в широком спектре объектов капитального строительства. Разработан новый способ устройства вертикальных рабочих швов бетонирования в монолитных железобетонных конструкциях с использованием бетонной смеси на шлаковых вяжущих (техногенные отходы) щелочной активации, в диссертационной работе представлено вариантное технологическое проектирование, согласно которому снижение продолжительности основных строительно-монтажных работ составляет 13%. Предложены технологические решения по способу устройства вынужденного рабочего шва бетонирования в фундаментных плитах с применением шлакощелочного раствора.

Особую ценность для практики представляет разработанные автором и представленные в приложениях к диссертации технологические карты на замоноличивание стыков сборных конструкций «колонна – ригель» с применением шлакощелочной смеси и устройство запланированного рабочего шва бетонирования в монолитной плите перекрытия, а также технологические рекомендации по способу устройства вынужденного шва бетонирования при возникновении незапланированного перерыва в бетонировании фундаментных плит с использованием промазки из шлакощелочного раствора, составляющие основу для технологического регламента. Данные технологические карты могут быть непосредственно использованы проектными и строительными организациями при разработке проектов производства работ (ППР). Возможно включение их в отраслевой каталог типовых технологических карт.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации.

Научные результаты и выводы, полученные в диссертации, могут служить научными основами для дальнейших исследований. В частности, целесообразно продолжить работу по направлениям:

- исследование долговременной стойкости контактной зоны: проведение ускоренных и натуральных испытаний образцов с предложенными швами на морозостойкость (не менее 200 циклов замораживания-оттаивания), стойкость в агрессивных средах (хлориды, сульфаты, углекислый газ); оценка изменения прочности и структуры контактной зоны после длительного (до 20-30 лет) моделируемого срока эксплуатации;

- оптимизация состава шлакощелочной смеси в зависимости от условий эксплуатации: проведение систематического исследования влияния вида щелочного

компонента и тонкости помола шлака на прочность сцепления; разработка номограммы для подбора состава под конкретные условия эксплуатации (агрессивные среды, знакопеременные нагрузки, высокие температуры);

- численное моделирование работы стыка с учетом усадочных и температурных напряжений: в дополнение к экспериментальным данным выполнение конечно-элементного моделирования контактной зоны «старый – новый бетон» с учетом усадки шлакощелочного материала и разности модулей упругости; определение риска возникновения микротрещин по контакту и разработка мероприятий по их компенсации, в т.ч. введением добавок;

- проведение экологического обоснования полного жизненного цикла (Life Cycle Assessment) для железобетонной конструкции с предложенной технологией шва, включая все стадии: добычу сырья (каустическая сода), транспорт, приготовление, укладку, уход, эксплуатацию, ремонт и утилизацию; сравнение с портландцементным вариантом по критериям «затраты – выбросы – энергопотребление – долговечность».

Следует углублять и детализировать усовершенствованную технологию при реализации в конкретных условиях строительства, масштабировать на гидротехническое строительство, строительство резервуаров и емкостных сооружений, рассмотреть целесообразность применения технологии в мостостроении, так как она представляет интерес для развития строительной отрасли в целом.

Структура и содержание работы. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 184 страницы, включает 57 рисунков, 22 таблицы, список литературы из 142 источников, 6 приложений.

Таким образом, тема диссертационной работы детально исследована в рамках постановки и реализации задач, включает в себя достаточный объем табличного и иллюстративного материала, отражает инновационные подходы, влияющие на результативность данной предметной области.

Вместе с тем, в отношении диссертации **имеются следующие вопросы и замечания:**

1. На рисунке 29 (а, в) показано, что для параллельного расположения слоев незащищенная поверхность дает значительно большее влагопоглощение, чем зачищенная. Однако в разделе 2.1 (ссылки на работы [26 – 31]) утверждается, что цементное молоко является «слабым слоем» и его удаление рекомендуется авторами источников. Если цементная пленка увеличивает влагопоглощение, то почему ее удаление считается полезным для сцепления?

2. В разделе 4.2 автор утверждает, что «снятие цементной пленки с поверхности бетона обоих участков и зачистку поверхностного слоя до крупного заполнителя не производят», ссылаясь на результаты главы 3. Однако в разделе 4.1 в пункте 3 по подготовке стыка указана необходимость «очистки загрязненных полостей стыков с помощью металлических скребков и щеток». Возникает вопрос по данному противоречию.
3. В разделе 4.3 диссертации при проведении опытно-производственных исследований предложенной технологии на изгибаемых железобетонных балках для моделирования незапланированного (наклонного) рабочего шва автором использован угол наклона плоскости шва к горизонтали в диапазоне $39-40^\circ$, однако в тексте диссертации отсутствует какое-либо обоснование выбора именно этого интервала углов. Кроме этого, в экспериментах на изгибаемых балках изучалось поведение наклонного шва (угол $39-40^\circ$) с заполнением шлакощелочной бетонной смесью или с использованием шлакощелочного раствора в качестве промазки, однако в приложении 5, посвященном устройству незапланированного рабочего шва в фундаментных плитах, автор фактически отказывается от идеи наклонного шва и предлагает вместо него создавать ступенчатую (пирамидальную) форму контактной поверхности с помощью установки реек-отсечек. В чем преимущество ступенчатой формы?
4. В заключении в пункте 6 говорится о снижении выбросов углекислого газа и цементной пыли при внедрении разработанной технологии, однако производство гидроксида натрия также является энергоемким и экологически нагруженным процессом. В работе не была проведена сравнительная оценка экологического следа для портландцементного и шлакощелочного бетона применительно к разработанному в диссертации техническому решению.
5. Работа посвящена прочности контакта, но не рассматриваются вопросы долговечности соединения при эксплуатации.

Однако указанные замечания не снижают достаточного профессионального уровня представленной диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа Каган Марии Николаевны является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной, практической ценностью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют существенное значение для развития соответствующей отрасли наук. Диссертация на тему «Технология устройства стыков и технологических швов в железобетонных конструкциях» соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

(постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук. Автор диссертации Каган Мария Николаевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.7. – Технология и организация строительства.

Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен и утвержден на заседании кафедры технологии и организации строительства Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», протокол заседания кафедры № 9 от «04» мая 2026 г. Присутствовали: 13 человек; проголосовали «за» - 13, «против» - нет, «воздержались» - нет.

Заместитель заведующего кафедрой технологии и организации строительства ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», доктор экономических наук, по специальности 05.02.03 – Региональная экономика, профессор

Чернова Светлана Георгиевна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)».

Адрес: 630008, СФО, Новосибирск, г. ул. Ленинградская, 113.

Телефон: +7 (383) 266-41-25

E-mail: rector@sibstrin.ru



Подпись *Чернова С.Г.*
ЗАВЕРЯЮ
Начальник общего отдела ИГАСУ (Сибстрин)
Яковух Н.И.