

Технология и организация строительства Technology and organization of construction

Научная статья
УДК 693.548.2
DOI: 10.14529/build250206

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ УСТРОЙСТВА РАБОЧИХ ШВОВ И СТЫКОВ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШЛАКОЩЕЛОЧНЫХ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

М.Н. Каган[✉]

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия
[✉] kaganmn@susu.ru

Аннотация. В практике строительства широко используются монолитные, сборные и сборно-монолитные железобетонные конструкции, при этом неминуемо возникает вопрос обеспечения надежного контакта вновь укладываемой бетонной смеси («новая бетонная смесь») с ранее уложенным слоем, набравшим определенную прочность («старый бетон»). Проанализированы требования, предъявляемые нормативной литературой, и применяемые в настоящее время технологии выполнения рабочих швов бетонирования. Рассмотрены результаты научных работ, направленных на изучение влияния рабочего шва бетонирования на работу монолитных железобетонных конструкций. Ранее разработанная автором технология устройства технологических швов и стыков в железобетонных конструкциях с применением шлакощелочного бетона и результаты опытно-производственных исследований предложенной технологии устройства рабочего шва бетонирования в монолитных железобетонных конструкциях на примере шарнирно-закрепленных балок вызвали необходимость уточнения технологических параметров данной технологии: вида и характеристики вновь укладываемой бетонной смеси; возраста «старого» бетона к моменту укладки нового слоя и состояния его контактной поверхности; типа и материала отсечки «старого» бетона; способы уплотнения вновь укладываемой бетонной смеси. В данной работе исследованы и уточнены технологические параметры соединения разновозрастных бетонов, повышающие эксплуатационную надежность швов и стыков в железобетонных конструкциях.

Ключевые слова: соединение «нового» и «старого» бетона, технологический шов бетонирования, монолитные железобетонные конструкции

Для цитирования. Каган М.Н. Технологические параметры устройства рабочих швов и стыков в железобетонных конструкциях с использованием шлакощелочных бетонных смесей // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2025. Т. 25, № 2. С. 43–50. DOI: 10.14529/build250206

Original article
DOI: 10.14529/build250206

PROCESS PARAMETERS OF ARRANGING CONSTRUCTION JOINTS AND SEAMS IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES USING SLAG-ALKALI CONCRETE MIXTURES

M.N. Kagan[✉]

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia
[✉] kaganmn@susu.ru

Abstract. Monolithic, cast-in-place and precast reinforced concrete structures are widely used in construction practice, which inevitably necessitates a reliable concrete contact between the newly laid concrete mix (“new layer”) and the previously laid layer that has gained a certain strength (the so-called “old” concrete). The paper analyzes the requirements posed by the regulatory literature and the applicable technologies for making construction joints. It considers the results of research papers studying the influence of construction joints on the operation of monolithic reinforced concrete structures. The author’s previously developed technology for arranging construction seams and joints in reinforced concrete structures using slag-alkali concrete and the results of pilot production studies of the proposed technology

© Каган М.Н., 2025.

using the example of hinged beams necessitated the clarification of the process parameters of the proposed technology: the type and characteristics of the newly laid concrete mix; the age of the “old” concrete at the time of laying the new layer and the condition of its contact surface; the type and material of cutting off the “old” concrete; methods of compacting the newly laid concrete mix. The paper analyzes and compares the data of the conducted studies. The process parameters of the developed technology for bonding different-age concretes are determined and justified. Recommendations are formulated to increase the contact strength of concrete in joints and seams during the construction of monolithic and precast reinforced concrete structures.

Keywords: construction joint, monolithic reinforced concrete structures, new-to-old concrete bonding

For citation. Kagan M.N. Process parameters of arranging construction joints and seams in reinforced concrete structures using slag-alkali concrete mixtures. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2025;25(2):43–50. (in Russ.). DOI: 10.14529/build250206

Введение

В практике современного строительства широко используются монолитные конструкции. Иногда одним из непреходящих технологических условий является беспрерывная укладка бетонной смеси в конструкцию, однако в большинстве случаев по организационным и технологическим причинам перерывы в бетонировании неизбежны и, следовательно, неизбежно устройство рабочих швов. Перерывы могут быть от технологических до длительных. В обоих случаях возникает вопрос о качестве соединения вновь укладываемой бетонной смеси с ранее уложенным слоем.

На данный момент основными нормативными документами, регламентирующими технологию и качество производства рабочего шва бетонирования, являются своды правил СП 70.13330.2012¹ и СП 435.1325800.2018²

В данных нормативных источниках с целью обеспечения прочного сцепления свежеложенного слоя с бетоном-основанием указаны требования об удалении цементной пленки с поверхности «старого» бетона по всей площади бетонирования различными механическими способами (в зависимости от прочности бетонного основания). Однако в настоящее время в практике строительства швы бетонирования организуются с помощью установки сетки-рабицы с ячейками небольших размеров для удержания частиц крупного заполнителя, что исключает возможность механической обработки поверхности ранее уложенного слоя бетона (рис. 1).

Согласно работам [1–5], наличие бетонного шва существенно снижает жесткость и несущую способность конструкции даже при отсутствии дефектов его устройства. С целью совершенствования технологии устройства монолитных конструкций с рабочими швами бетонирования, не снижающими несущей способности конструкции и ее

жесткостных показателей, были проведены теоретические и экспериментальные исследования факторов, влияющих на прочность контакта бетонов и способов ее повышения.

Метод

На основании проведенных экспериментов [6–9] предложена новая технология устройства вертикальных рабочих швов бетонирования в монолитных железобетонных конструкциях с использованием шлакощелочной бетонной смеси с высоким уровнем водородного показателя раствора-затворителя, основанная на производстве работ по аналогии с устройством стыков в железобетонных конструкциях [10]. Проведена экспериментальная проверка предложенной технологии на образцах в виде железобетонных балок под действием нагрузок [11]. В ходе экспериментальных исследований было выявлено, что классический вертикальный шов бетонирования снижает несущую способность примерно на 10 %, а жесткость – до 17,6 %. Использование гладкого стыка с заполнением шлакощелочным бетоном приводит к показателям по прочности и трещиностойкости к монолитному, однако примерно на 8 % снижает жесткость. Использование отсечки в виде сетки-рабицы для устройства стыка со шлакощелочным бетоном снижает эффективность метода. Несущая способность снижается примерно до уровня классического шва, а жесткость – на 11,5 %, что эффективнее общепринятого варианта. Следующей задачей для достижения поставленной цели является определение технологических параметров разработанной технологии для устройства контакта разновозрастных бетонов: вид «нового» бетона и его характеристики, возраст «старого» бетона к моменту укладки «новой» бетонной смеси и состояние его контактной поверхности, тип и материал отсечки «старого» бетона, а также способы уплотнения вновь укладываемой бетонной смеси.

Результаты и обсуждения

1. Требования к смесям

Как показывают проведенные ранее эксперименты [8, 9, 11] и обзор научной литературы [12], использование бетонной смеси на шлаковых

¹ СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. Введ. 2013-01-01. М.: Изд-во стандартов. 2012.

² СП 435.1325800.2018. Конструкции бетонные и железобетонные монолитные. Правила производства и приемки работ. М.: Изд-во стандартов. 2018.



Рис. 1. Организация рабочего шва бетонирования в возводимой плите

вяжущих щелочной активации с высоким уровнем водородного показателя является целесообразным для устройства стыков или технологических швов.

Шлак. Рекомендованы основные шлаки (шлаки с модулем основности > 1). При этом необходимо проследить тонкость помола – обеспечить высокую удельную поверхность $S_{уд} = 3000 \div 3500 \text{ см}^2/\text{г}$ [13, 14].

Щелочной компонент. В качестве затворителя рекомендуется использовать щелочной раствор с уровнем водородного показателя $\text{pH} > 12$ – например, водный раствор гидроксида натрия с плотностью $\rho = 1,16$ (169,7 г NaOH на 1 л воды).

Вода. Используемая вода должна соответствовать ГОСТ 23732-2011.

Заполнители. Заполнители для шлакощелочных бетонов, так же как и для портландцементных, должны отвечать требованиям государственных стандартов: песок по ГОСТ 8736-2014 и щебень по ГОСТ 8267-93.

Последовательность приготовления. Необходимо заранее предусмотреть способ введения щелочного компонента, возможны следующие варианты:

- приготовление водного раствора-затворителя и соединение его со шлаком и заполнителями в необходимой пропорции. Возможно приготовление на бетонно-растворных узлах и в построечных условиях;

- совместный помол шлака и щелочного концентрата, после чего – дозирование и соединение готового вяжущего с заполнителями и водой.

Поскольку подбор состава шлакощелочной смеси не является целью данной работы, рекомендованный состав (табл. 1) принят на основании обзора специальной литературы, посвященной данному вопросу [13–19].

При изготовлении водного раствора гидроксида натрия необходимо ориентироваться на корреляцию плотности и концентрации раствора (табл. 2). Ориентировочная величина температур-

Таблица 1
Рекомендуемый состав бетона В25 на основе шлакощелочного вяжущего

Материалы	Расход, кг на 1 м ³
Шлак доменный гранулированный молотый Челябинского металлургического комбината с $M_0 = 1,33$	425
Песок белоярский по ГОСТ 8736-2014	750
Щебень ГОСТ 26633-2012	1095
Водный раствор NaOH $\rho = 1,16 \text{ г/см}^3$	170
Добавка пластифицирующая	7

Таблица 2

Соотношение плотности и концентрации раствора NaOH

Плотность раствора $\rho, \text{ г/см}^3$	Содержание NaOH в 1 л раствора, г	Концентрация раствора, %
1,16	169,7	14,63

ного коэффициента плотности водных растворов NaOH составляет $0,001 \text{ г/см}^3 \cdot \text{°C}$.

Бетонная смесь должна быть подготовлена одним из следующих способов:

- централизованным на растворо-бетонном узле (РБУ), доставка осуществляется АБС;
- с использованием самоходных бетономесителей с самозагрузкой (например, FIORI или аналоги);
- на строительной площадке из сухих шлакощелочных бетонных смесей, фасованных в заводских условиях.

2. Определение оптимального возраста «старого» бетона и состояния его контактной поверхности

В работе [2] говорится, что одной из основных причин ослабления зоны контакта разновозрастных бетонов являются повреждения «старого» бетона, которые наблюдаются при непродолжительном периоде между укладкой «старого» и «нового» слоя, «обычно выдерживающихся в 8–16–24 часах». Связывается данное явление с тем, что в столь раннем возрасте бетон ранее уложенного слоя еще не обладает достаточной прочностью и при обработке вновь укладываемой бетонной смеси повреждается, что влечет за собой снижение прочностных характеристик бетона, прилегающего к стыку [20].

В работе [21] исследовался классический способ устройства рабочих швов бетонирования и оценивалось влияние возраста бетонного основания и состояния его контактной поверхности на прочность рабочего шва. Утверждается, что «единичные значения критерия прочности шва характеризуются высокой неоднородностью, что свидетельствует о низкой обеспеченности качества шва независимо от способа и времени обработки поверхности «старого» бетона». Кроме этого, подчеркивается, что «обработка металлической щеткой с ростом возраста «старого» бетона становится менее эффективной и может быть использована только при классе «нового» бетона не ниже В 30 и возрасте «старого» бетона не более 1 сут, а фрезирование обеспечивает критерий прочности шва при классе «нового» бетона В 25 и выше, причем при повышении возраста «старого бетона» от 1 до 3 сут прочность шва снижается». При этом нормативная литература определяет способ очистки бетонного основания от цементной пленки в зависимости от прочности бетона-основания: при очистке механической металлической щеткой – не менее 1,5 МПа; при очистке гидродескоструйной или механической фрезой – 5 МПа.

В [8] отмечается, что качество рабочего шва по критерию прочности на срез зависит от возраста «старого» бетона на момент укладки «нового». Так, при экспериментальных исследованиях прочность бетона рабочего шва на срез при увеличении этого возраста с 1 сут до 28 сут возрастала в 4...5

раз в каждой группе образцов. Это можно объяснить наличием в «старом» бетоне суточного возраста свободной воды, которая препятствует проникновению частиц вновь укладываемой бетонной смеси. Но с увеличением временного интервала между кладкой контактирующих слоев возрастает и продолжительность работ по устройству конструкций, что негативно влияет на сроки строительства объекта.

Итак, оптимальный возраст «старого» бетона к моменту укладки нового слоя бетонной смеси – не менее 1 сут и не более 3 сут. При использовании бетонной смеси на шлаковых вяжущих щелочной активации в качестве «нового» слоя не требуется механическая обработка поверхности «старого» бетона [8].

3. Определение типа и материала отсечки при выполнении вертикальных швов бетонирования с использованием шлакощелочных бетонных смесей

Существует несколько вариантов выполнения отсечки: с помощью деревянных или фанерных реек; по актуальной технологии выполнения рабочего шва бетонирования – с помощью плоских каркасов и металлочной строительной сетки, крепящейся на данные каркасы. В настоящее время распространен последний вариант. Однако это решение противоречит указаниям, приведенным в нормативной литературе, – в части отсутствия какой-либо механической обработки контактирующей поверхности «старого» бетона по причине невозможности выполнить данное требование. Кроме этого, в работе [1] показано, что при выполнении рабочего шва бетонирования по данной технологии происходит снижение несущей способности пролетных железобетонных конструкций. К такому же выводу можно прийти при анализе результатов апробации предложенной автором технологии [11].

В исследованиях [22] было обнаружено, что на давление бетонной смеси оказывает влияние «вязкость» пристенного слоя бетона, что, в свою очередь, зависит от материала опалубки (рис. 2).

Таким образом, сухая опалубка, выполненная из дерева или фанеры, поглощает свободную воду из прилегающих слоев бетона, что приводит к увеличению его прочности.

На основании вышеизложенного рекомендуемый материал отсечки – дерево или фанера сухая. Пример выполнения отсечки показан на рис. 3.

4. Технология уплотнения

При реализации предложенной автором технологии [10] организуется участок небольшой ширины – в пределах 10–15 см из шлакощелочной бетонной смеси, которую необходимо уплотнить. Возможны следующие технологии уплотнения:

- 1) виброуплотнение – с помощью глубинного вибратора, а также поверхностное с помощью

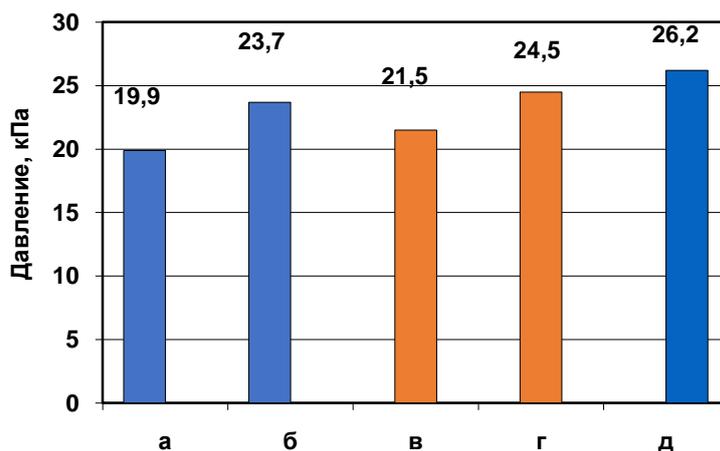


Рис. 2. Влияние материала опалубки на боковое давление бетонной смеси: а – сосна; б – сосна влажная; в – фанера; г – фанера влажная; д – сталь

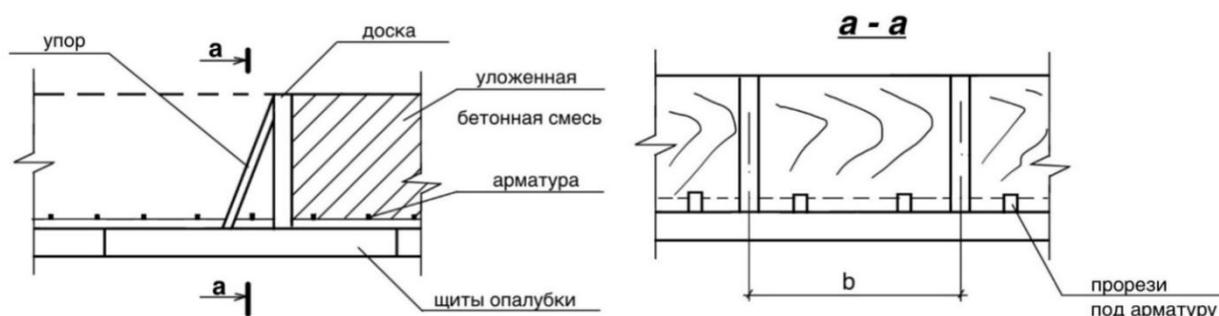


Рис. 3. Пример выполнения отсечек в виде реек при устройстве технологического шва бетонирования в плите перекрытия по разработанной технологии

виброрейки (при ограничении по толщине, указанном в нормах СП 70.13330.2012);

2) вакуумирование сверху с использованием легких съемных щитов и матов;

3) в случае, когда диаметр рабочей части глубинного вибратора больше половины ширины участка из шлакощелочной бетонной смеси, возможен комбинированный вариант уплотнения смеси: штыкование на всю глубину стыка, после чего глубинный вибратор укладывается на поверхность смеси горизонтально по шву, однако данный вариант не является оптимальным ввиду высокой жесткости шлакощелочного бетона;

4) уплотняющие насадки на перфоратор.

При этом применяются технологические параметры уплотнения (режим и длительность) шлакощелочной бетонной смеси по аналогии с бетонными смесями на клинкерных вяжущих.

5. Контракция при контакте бетонов

В работе В.Д. Глуховского, В.А. Пахомова, В.В. Жигны [23] рассмотрен вопрос усадочных деформаций шлакощелочных бетонов. Среди основных выводов указывается, что «усадка шлакощелочных бетонов приблизительно равна или несколько больше усадки цементных бетонов при прочих одинаковых факторах», при этом наблю-

дается зависимость усадочных деформаций бетонов на шлаковых вяжущих, затворенных щелочными растворами от расхода вяжущего, щелочного компонента, а также условий твердения, хранения и изоляции. Авторами утверждается, что «в целом относительные усадочные деформации шлакощелочных бетонов находятся в пределах, полученных при исследованиях бетонов на цементных вяжущих».

Кроме этого, известно, что применение в бетонных смесях на шлаковом вяжущем суперпластификаторов, используемых в бетонных смесях на клинкерных вяжущих, неэффективно. В работе [24] установлено, что при использовании противоусадочных химических добавок наблюдается снижение усадочных деформаций шлакощелочного бетона, при этом эффект напрямую зависит от условий хранения бетонных образцов, а именно – относительной влажности [24].

Выводы

1. Для разработанной технологии устройства контакта разновозрастных бетонов при выполнении стыков и технологических швов рекомендовано применение бетонной смеси на шлаковых вяжущих со следующими характеристиками: шлаки с модулем основности > 1 тонкого помола

($S_{уд} = 3000 \div 3500 \text{ см}^2/\text{г}$), затворенные щелочным раствором с уровнем водородного показателя $\text{pH} > 12$. Возможно два способа введения щелочного компонента в смесь.

2. Определен оптимальный возраст «старого» бетона к моменту укладки нового слоя бетонной смеси – не менее 1 сут и не более 3 сут. При этом, используя бетонную смесь на шлаковых вяжущих щелочной активации в качестве «нового» слоя, можно отказаться от необходимости механической обработки поверхности «старого» бетона.

3. Доказана целесообразность применения в качестве отсекающей рейки из дерева или фанеры сухой, так как сухая опалубка поглощает свободную воду из пристенного слоя бетона, что приводит к увеличению его прочности.

4. При реализации предложенной автором технологии, организуется участок небольшой ширины – в пределах 10–15 см из шлакощелочной бетонной смеси, которую следует уплотнить одним из способов: виброуплотнение с помощью глубинного вибратора или виброрейки, вакуумирование, комбинированный вариант, с помощью уплотняющих насадок на перфоратор.

Рассмотрен вопрос усадочных деформаций шлакощелочных бетонов: обнаружено, что усадка бетонов на шлаковых вяжущих щелочной активации приблизительно равна или несколько больше усадки бетонов на клинкерных вяжущих при прочих одинаковых факторах, что не является препятствующим фактором для применения разработанной технологии.

Список литературы

1. Коянкин А.А., Белецкая В.И., Гужевская А.И. Влияние шва бетонирования на работу конструкции // Вестник МГСУ. Строительство. Архитектура. 2014. № 3. С. 76–80.
2. Мирзажонов М.А., Отакулов Б.А. Влияние на прочность контактной зоны рабочего стыка времени выдержки нового бетона // Конф.: XLIII International scientific and practical conference “International scientific review of the problems and prospects of modern science and education”. Фергана, Республика Узбекистан: Изд-во Problems of science, 2018. С. 22–24.
3. Issa C.A., Gerges N.N., Fawaz S. The effect of concrete vertical construction joints on the modulus of rupture // Case Studies in Construction Materials. 2014. Vol. 1, pp. 25–32.
4. Мохаммед Джалил Мохаммед Навшад Исследование напряженно-деформированного состояния монолитных железобетонных плит перекрытий с дефектами: автореф. дис. канд. техн. наук. М., 2004. 15 с.
5. Waters T. A study of the tensile strength of concrete across construction joints // Magazine of Concrete Research. 1954, pp. 151–153.
6. Kagan M.N., Koval S.B. Analysis of various media concrete penetrating ability depending on different factors affecting water absorption // Procedia Engineering. 2017. Vol. 206, pp. 819–825.
7. Каган М.Н., Байбурун А.Х., Коваль С.Б. Исследование проникающей способности различных сред в бетон в зависимости от технологических факторов, влияющих на его влагопоглощение // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2020. Т. 20, № 1. С. 34–45.
8. Прочность контакта бетонов при устройстве технологических швов и стыков в железобетонных конструкциях / М.Н. Каган, С.Б. Коваль, Л.Б. Мельник, А.Х. Байбурун // Научно-технический журнал «Строительное производство». 2021. № 3. С. 9–18.
9. Каган М.Н., Коваль С.Б., Молодцов М.В. Прочность контакта бетонов при устройстве швов и стыков // Инженерный вестник Дона. 2023. № 6 (102). С. 503–513.
10. Каган М.Н., Коваль С.Б. Влияние технологических факторов на прочность бетона в зоне контакта свежесуложенного слоя с затвердевшим // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2022. Т. 22, № 2. С. 68–74.
11. Влияние технологических факторов устройства рабочих швов бетонирования на работу железобетонных конструкций / М.Н. Каган, И.С. Дербенцев, С.Б. Коваль, Л.Б. Мельник // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2023. Т. 23, № 4. С. 59–66.
12. Саламанова М.Ш., Муртазаев С.-А.Ю. Цементы щелочной активации: возможность снижения энергоемкости получения строительных композитов // Научно-технический и производственный журнал «Строительные материалы». 2019. № 7. С. 32–40.
13. Абу Махади М.И., Безбородов А.В. Применение шлакощелочных вяжущих в строительстве // Вестник РУДН. Серия: «Инженерные исследования». 2017. Т. 18, № 2. С. 212–218.
14. РД 12.18.077–88. Рекомендации по подбору составов бетонных смесей на шлакощелочных вяжущих для изготовления бетонных и железобетонных конструкций. Харьков, 1988.
15. Глуховский В.Д., Пахомов В.А. Шлакощелочные цементы и бетоны. Киев: Будивельник, 1978. 184 с.
16. Шлакощелочные вяжущие и мелкозернистые бетоны на их основе / В.Д. Глуховский, А.Г. Алиев, А.А. Волянский и др. Ташкент: Узбекистан, 1980. 483 с.
17. Производство бетонов и конструкций на основе шлакощелочных вяжущих / В.Д. Глуховский, П.В. Кравченко и др. Киев: Будивельник, 1988. 144 с.

18. Задачин Ф.Д., Тихомиров А.П. Шлакощелочные вяжущие вещества и бетоны на их основе. СПб.: ВИСИ, 1994.
19. Задачин Ф.Д. Шлакощелочные вяжущие и бетоны на их основе. СПб.: СПбАХ, 2022. 36 с.
20. Дорофеев В.С. и др. Начальная поврежденность тяжелого бетона. Сб. Структурообразование, прочность и разрушение композиционных материалов и конструкций // Материалы международного семинара. Одесса: ОТАСА, 1994. С. 17–18.
21. Несветаев Г.В., Корянова Ю.И., Сухин Д.П. Некоторые технологические параметры устройства рабочих швов при применении самоуплотняющихся бетонных смесей // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. 2023. № 3. С. 31–39. DOI: 10.23947/2949-1835-2-3-31-39
22. Arslan M., Şimşek O., Subaşı S. Effects of formwork surface materials on concrete lateral pressure // *Construction and Building Materials*. 2005. Vol. 19, pp. 319–325.
23. Глуховский В.Д., Пахомов В.А., Жигна В.В. Усадка шлакощелочных бетонов // *Бетон и железобетон*. 1977. № 12. С. 17–19.
24. Palacios M., Puertas F. Effect of superplasticizer and shrinkage-reducing admixtures on alkali-activated slag pastes and mortars // *Cement and Concrete Research*. 2005. Vol. 35, no. 7, pp. 1358–1367.

References

1. Kojankin A.A., Beleckaja V.I., Guzhevskaja A.I. [Influence of the joint of concreting on the design work]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of the MGSU], 2014, no. 3, pp. 76–80. (in Russ.)
2. Mirzajonov M.A., Otakulov B.A. [Influence on durability of contact zone of working joint time of the endurance of a new concrete]. In: XLIII International scientific and practical conference “International scientific review of the problems and prospects of modern science and education”. Ferghana, Republic of Uzbekistan: Problems of science Publ., 2018, pp. 22–24. (in Russ.)
3. Issa C.A., Gerges N.N., Fawaz S. The Effect of Concrete Vertical Construction Joints on the Modulus of Rupture. *Case Studies in Construction Materials*, 2014, vol. 1, pp. 25–32.
4. Mohammed Dzhilil Mohammed Navshad. Issledovanie naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija monolitnyh zhelezobetonnyh plit perekrytij s defektami: avtoref. dis. kand. tekhn. nauk [Investigation of the stress-strain state of monolithic reinforced concrete slabs with defects. Abstract of cand. sci. diss.]. Moscow; 2004. 15 p. (in Russ.)
5. Waters T. A study of the tensile strength of concrete across construction joints. *Magazine of Concrete Research*, 1954, pp. 151–153.
6. Koval S.B., Kagan M.N. Analysis of Various Media Concrete Penetrating Ability Depending on Different Factors Affecting Water Absorption. *Procedia Engineering*, 2017, vol. 206, pp. 819–825.
7. Kagan M.N., Baiburin A.Kh., Koval S.B. [Research on media penetration capability depending on technological factors influencing concrete moisture absorption]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2020, vol. 20, no. 1, pp. 34–45. (in Russ.)
8. Kagan M. N., Koval S. B., Melnik L.B., Baiburin A.Kh. [The strength of concrete-to-concrete contact during the construction of technological seams and joints in reinforced concrete structures]. *Stroitel'noe proizvodstvo* [Construction production], 2021, no. 3, pp. 9–18. (in Russ.)
9. Kagan M.N., Koval S.B., Molodtsov M.V. [The contact strength of concrete in the construction joints and seams]. *Inzhenernyj vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don], 2023, no. 6(102), pp. 503–513. (in Russ.) Available at: ivdon.ru/magazine/archive/n6y2023/8490
10. Kagan M.N., Koval S.B. [Influence of technological factors on the strength of concrete in the contact zone of a new-to-old concrete bonding]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2022, vol. 22, no. 2, pp. 68–74. (in Russ.)
11. Kagan M.N., Derbentcev I.S., Koval S.B., Melnik L.B. [The influence of technological factors of the device of concrete joint on the work of reinforced concrete structures]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2023, vol. 23, no. 4, pp. 59–66. (in Russ.) DOI: 10.14529/build230407
12. Salamanova M.S., Murtazaev S.-A.Y. [Cements of alkaline activation: the possibility of reducing the energy consumption of building composites]. *Nauchno-tehnicheskij i proizvodstvennyj zhurnal “Stroitel'nye materialy”* [Scientific, technical and industrial journal “Building Materials”], 2019, no. 7, pp. 32–40. (in Russ.)
13. Abu Mahadi M.I., Bezborodov A.V. [Application slag-alkali binder in construction]. *Vestnik RUDN. Serija: Inzhenernye issledovanija* [RUDN Journal of Engineering Researches], 2017, vol. 18, no. 2, pp. 212–218. (in Russ.)
14. RD 12.18.077-88. Rekomendacii po podboru sostavov betonnyh smesej na shlakoshhelochnyh vjazhushhih dlja izgotovlenija betonnyh i zhelezobetonnyh konstrukcij [Recommendations on the selection of concrete mixtures based on slag-alkali binders for the manufacture of concrete and reinforced concrete structures]. Kharkov, 1988. (in Russ.)

15. Glukhovskiy V.D., Pakhomov V.A. *Shlakoshhelochnye cementy i betony* [Slag-alkaline cements and concretes]. Kiev, Budivel'nik, 1978. 184 p. (in Russ.)
16. Glukhovskiy V.D., Aliyev A.G., Volyanskyy A.A., Pakhomov V.A., Krivenko V.P. et al. *Shlakoshhelochnye vjzhushhie i melkozernistyje betony na ih osnove* [Slag-alkali binders and fine-grained concretes based on them]. Tashkent, Uzbekistan, 1980. 483. (in Russ.)
17. Glukhovskiy V.D., Kravchenko P.V. et al. *Proizvodstvo betonov i konstrukcij na osnove shlakoshhelochnyh vjzhushhih* [Production of concrete and structures based on slag-alkali binders]. Kiev, Budivel'nik, 1988. 144 p. (in Russ.)
18. Zadachin F.D., Tikhomirov A.P. *Shlakoshhelochnye vjzhushhie veshhestva i betony na ih osnove* [Slag-alkali binders and concretes based on them]. Saint Petersburg, VISI, 1994. (in Russ.)
19. Zadachin F.D. *Shlakoshhelochnye vjzhushhie veshhestva i betony na ih osnove* [Slag-alkali binders and concretes based on them]. St. Petersburg, SPBAKH, 2022. 36 p. (in Russ.)
20. Dorofeev V.S. et al. [Initial damage to heavy concrete]. In: *Sb. Strukuroobrazovanie, prochnost' i razrushenie kompozicionnyh materialov i konstrukcij. Materialy mezhdunarodnogo seminara* [Collection of structure formation, strength and destruction of composite materials and structures. Materials of the international seminar]. Odessa, OTASA, 1994, pp. 17–18. (in Russ.)
21. Nesvetaev G.V., Koryanova Yu.I., Sukhin D.P. [Some technological parameters of the device of working seams when using self-sealing concrete mixtures]. *Sovremennye tendentsii v stroitel'stve, gradostroitel'stve i planirovke territorij* [Modern Trends in Construction, Urban Planning and Territory Planning], 2023, no. 3, pp. 31–39. (in Russ.) DOI: 10.23947/2949-1835-2-3-31-39
22. Arslan M, Şimşek O., Subaşı S. Effects of formwork surface materials on concrete lateral pressure. *Construction and Building Materials*, 2005, vol. 19, pp. 319–325.
23. Glukhovskiy V.D., Pakhomov V.A., Zhigna V.V. [Shrinkage of slag-alkaline concretes]. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete], 1977, no. 12, pp. 17–19. (in Russ.)
24. Palacios M., Puertas F. Effect of superplasticizer and shrinkage-reducing admixtures on alkali-activated slag pastes and mortars. *Cement and Concrete Research*, 2005, vol. 35, no. 7, pp. 1358–1367.

Информация об авторе:

Каган Мария Николаевна, старший преподаватель кафедры «Строительное производство и теория сооружений», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; kaganmn@susu.ru

Information about the author:

Maria N. Kagan, Senior Lecturer of the Department of Building Production and Theory of Structures, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; kaganmn@susu.ru

Статья поступила в редакцию 10.02.2025, принята к публикации 17.02.2025.

The article was submitted 10.02.2025, approved after reviewing 17.02.2025.