

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ УСТРОЙСТВА РАБОЧИХ ШВОВ БЕТОНИРОВАНИЯ НА РАБОТУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**М.Н. Каган**<sup>1</sup>, kaganmn@susu.ru

**И.С. Дербенцев**<sup>1</sup>, derbentcevis@susu.ru

**С.Б. Коваль**<sup>1</sup>, kovalsb@susu.ru

**Л.Б. Мельник**<sup>2</sup>, info@simvolbeton.ru

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

<sup>2</sup> ООО «Символ Бетон», Челябинск, Россия

**Аннотация.** В настоящее время широко применяются монолитные и сборно-монолитные конструкции из железобетона, в которых возможно устройство рабочих швов бетонирования. В связи с этим актуален вопрос обеспечения надежного контакта бетонов: вновь укладываемого («новый») и бетона, уже набравшего определенную прочность («старый»). В статье представлены методология и результаты экспериментальных исследований по изучению влияния рабочего шва, а также технологических параметров его устройства на дальнейшую работу конструкций под нагрузкой. Апробирована технология устройства рабочих швов с использованием бетонной смеси на шлаковом вяжущем с модулем основности  $M_o$ , равным 1,33, затворенной щелочным раствором с уровнем pH выше 12,0, и доказана эффективность применения данного технологического решения. Рассмотрена проблема устройства «вынужденных» наклонных швов бетонирования, вызываемая рядом технологических и организационных причин. Обосновано использование шлакощелочных растворов и шлакощелочных бетонных смесей с указанными выше параметрами для устройства наклонных швов в монолитных железобетонных конструкциях, сформулированы рекомендации.

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

**Благодарности.** Эксперименты выполнены на базе лаборатории ООО «Символ Бетон» и лаборатории кафедры «Строительные конструкции и сооружения» Южно-Уральского государственного университета, за что авторы выражают благодарность сотрудникам кафедры СКиС Ф.А. Зырянову, Н.Ф. Брюхову, заведующему производственной лабораторией «Символ Бетон» Ю.В. Ионову.

**Для цитирования:** 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. DOI: 10.14529/build230407

Original article  
DOI: 10.14529/build230407

## THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS OF THE DEVICE OF CONCRETE JOINT ON THE WORK OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

**M.N. Kagan**<sup>1</sup>, kaganmn@susu.ru

**I.S. Derbentcev**<sup>1</sup>, derbentcevis@susu.ru

**S.B. Koval**<sup>1</sup>, kovalsb@susu.ru

**L.B. Melnik**<sup>2</sup>, info@simvolbeton.ru

<sup>1</sup> South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

<sup>2</sup> LLC “Symbol Beton”, Chelyabinsk, Russia

**Abstract.** Currently, monolithic and precast-monolithic structures made of reinforced concrete are widely used. Due to the fact that the device of a sufficiently large number of concreting working seams is inevitable, it is still relevant to investigate the issue of ensuring reliable contact of concrete: newly laid (“new”) and concrete that has already gained a certain strength (“old”). The article presents the methodology and results of experimental studies on the influence of the working seam. It also studies the impact of the technological parameters of the device on the operation

of structures under load. The purpose of the study was to test the technology of the working seams device using a concrete mixture on a slag binder with a modulus of basicity  $M_o$  equal to 1.33, sealed with an alkaline solution with a pH level above 12.0. The study also aimed to prove the effectiveness of this technological solution. The paper considers the problem of “forced” inclined concreting joints caused by a number of technological and organizational reasons. It justifies the use of slag-alkaline solutions and slag-alkaline concrete with the above parameters for the device of inclined joints in monolithic reinforced concrete structures and formulates the recommendations.

**Keywords:** technological concreting joint, monolithic reinforced concrete structures, new-to-old concrete bonding.

**Acknowledgments.** The experiments were carried out on the basis of “Simvol Beton” Ltd. laboratory and the laboratory of the Department of “Building Structures and Structures” of South Ural State University. The authors are grateful to the staff of the Department of SC&S, namely F.A. Zyryanov, N.F. Bryukhov, and the head of the production laboratory “Simvol Beton” Y.V. Ionov.

**For citation.** 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;23(4):59–66. (in Russ.). DOI: 10.14529/build230407

## **Введение**

В практике строительства широко используются монолитные и сборно-монолитные железобетонные конструкции. При этом возникает вопрос обеспечения надежного контакта вновь укладываемого бетона («новый» бетон) с бетоном, набравшим определенную прочность («старый» бетон).

В ряде работ отмечено, что наличие бетонного шва приводит к значительному снижению жесткости и несущей способности конструкции даже при отсутствии дефектов его устройства [1–5]. Монолитность конструкции предполагает её единство свойства на всех участках. По факту же в зоне технологических швов наблюдается уменьшение прочности монолитных железобетонных конструкций [6–8]. Исследования [9, 10] показывают эффективность механической обработки поверхности «старого» бетона перед укладкой «нового» для улучшения их сцепления и, как следствие, повышения прочности контактной зоны. В нормативной литературе [11, 12] приводятся требования о подготовке бетонного основания, включающие в себя соответствующие мероприятия по его зачистке. Однако в настоящее время в практике строительства с целью снижения трудозатрат швы бетонирования организуются с помощью установки сетки-рабицы с ячейками небольших размеров для удержания частиц крупного заполнителя [13], что исключает возможность механической обработки поверхности ранее уложенного бетона.

В связи с актуальностью вопросов работы технологических швов в бетонных конструкциях зданий и сооружений возникает необходимость в проведении дополнительных исследований в этом направлении. Кроме этого, на основании полученных результатов проведенных ранее экспериментальных исследований в области влияния различных технологических факторов на прочность рабочего шва [14, 15] и предложенной технологии устройства рабочих швов железобетонных конструкциях [16], появилась необходимость проверки данной технологии для пролетных железобетонных конструкций, находящихся под действием нагрузок.

Отдельно стоит отметить, что при устройстве монолитных железобетонных конструкций зачастую возникает ряд технологических и организационных проблем, препятствующих безостановочному производству работ по укладке бетонной смеси в объем конструкции без запланированных проектом рабочих швов бетонирования: перебои в электричестве на строительной площадке, выход строительных механизмов и оборудования из строя, задержка автобетоносмесителя. Вследствие этого возникает вынужденный шов, вызванный стеканием бетонной смеси в конструкции, таким образом формируется наклонная контактная поверхность «старого» бетона. Как правило, решение возникшей проблемы возможно несколькими путями: установка вертикальной отсечки с верхней точки растекания бетонного слоя и извлечение бетонной смеси, находящейся за данной отсечкой, – в случае, когда не наступили сроки схватывания бетонной смеси уложенного слоя; частичный или полный демонтаж конструкции; введение дополнительных арматурных деталей в данной части для усиления сечения. Все описанные пути решения влекут за собой дополнительные трудовые, материальные и временные затраты. Очевидно, что требуется оптимизация существующих решений путем экспериментальной проверки возможности устройства наклонного рабочего шва, позволяющая исключить вышеперечисленные дополнительные затраты.

## **Материалы и методы**

Для проведения экспериментальных исследований были изготовлены железобетонные балки прямоугольного сечения  $80 \times 160$  (h) и длиной 1400 мм. Образцы армировались плоскими сварными каркасами, которые состояли из продольной рабочей арматуры  $\varnothing 12A400$  и поперечной арматуры  $\varnothing 6A400$ .

Серия образцов включала в себя несколько типов. Образцы типа Т1 – цельные балки без рабочего шва из бетона класса В25 (состав № 1, табл. 1), данный тип образцов был принят в качестве эталонных. Образцы второго типа (Т2) были

Таблица 1

Составы для изготовления экспериментальных образцов

№ состава	Характеристики затворяющей жидкости			R <sub>28</sub> , МПа	Расход на 1 м <sup>3</sup> , кг				
	Хим. формула	ρ, г/см <sup>3</sup>	pH		Вяжущее	Песок	Щебень 5–20 мм	Добавка СП-1ВП	Затвор. раствор
1	H <sub>2</sub> O	0,998	7,1	33,7	ПЦ М500 360	850	1020	7	190
2	NaOH	1,16	12,4	34,3	Шлак 425	750	1095	7	170

выполнены из клинкерного бетона с рабочим швом посередине конструкции по существующей технологии, а именно, шов выполнялся перпендикулярно основной оси. Доукладка бетонной смеси во вторую половину балки осуществлялась после набора необходимой прочности бетона первого участка – через 3 суток выдерживания в нормальных условиях твердения. В качестве ограничителя использовалась сетка-рабица.

При изготовлении образцов 3 и 4 типов (Т3 и Т4) апробировалась технология, разработанная авторами ранее [16]. С этой целью была уложена бетонная смесь в правый и левый участки, отсеченные друг от друга на расстоянии 8 см. Уплотнение уложенных бетонных смесей осуществлялось штыкованием. Отсечки выполнялись: для типа Т3 – из сетки-рабицы с ячейкой 10 × 10 мм; для типа Т4 – из неламинированной фанеры. По прошествии 3 суток выдерживания в нормальных условиях твердения у образцов типа Т4 происходило извлечение ограничителей (фанеры) с правого и левого участков, при этом контактная бетонная поверхность этих участков не зачищалась. После чего в образцы типов Т3 и Т4 укладывалась шлакощелочная бетонная смесь – на основном шлаке с Mo = 1,33, затворенном водным раствором гидроксида натрия с pH = 12,4 (состав № 2, см. табл. 1). Уплотнение бетонной смеси данного участка также осуществлялось штыкованием.

Полученные образцы выдерживались в нормальных условиях твердения в течение 28 суток, после чего извлекались из опалубки.

Для контроля уровня pH использовался электронный pH-метр PH-009 II. Уровень pH водных растворов не превышает показателя 12,5, что соответствует нормативному значению [17, 18].

Графики набора прочности исследуемых составов бетона представлены на рис. 1.

Помимо балок с вертикальным швом была изготовлена серия образцов с наклонными швами бетонирования. Для этого в формы описанных выше размеров укладывалась клинкерная бетонная смесь (состав № 1) с правого и левого участков. Границы правого и левого участка характеризовались наклонной поверхностью, тем самым между участками и опалубкой создавалось свободное пространство с формой, близкой к пирамидальной (с основанием 40 см). Через 3 суток происходило дозаполнение свободного пространства бетонной смесью по представленной далее технологии. В образцах типа Т5 – шлакощелочной бетонной смесью (состав № 2) с последующим уплотнением штыкованием. В образцах типа Т6 на наклонные поверхности правого и левого участков был нанесен шлакощелочной раствор (в соотношении шлак/щелочной затворитель – 2,5/1). По истечении 40 минут осуществлялась укладка клинкерной бетонной смеси (состав № 1) в пределы свободного

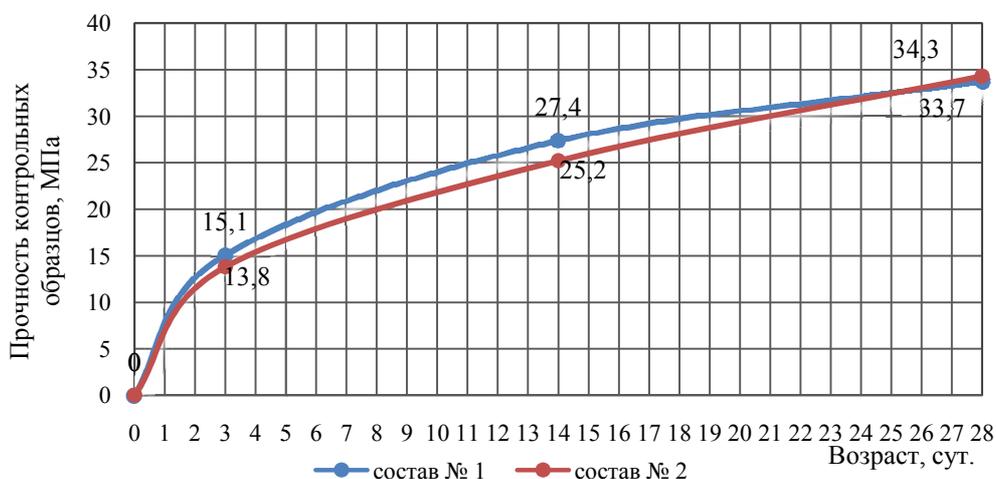


Рис. 1. Графики набора прочности бетона различных составов

пространства по нанесенному шлакощелочному раствору. Готовые образцы представлены на рис. 2. Так же, как и балки с вертикальными швами, данные образцы выдерживались в нормальных условиях твердения 28 суток, после чего извлекались из опалубки.

Испытания железобетонных балок выполнялись на стенде, который состоял из основания и четырех вертикальных стоек, к которым крепились шарнирные опоры и дополнительный швеллер для установки индикаторов (рис. 3).

Загрузочное устройство состояло из гидравлического домкрата и траверсы, которые размещались на верхнем поясе сварной станины (рис. 4). Вертикальные перемещения фиксировались индикаторами часового типа ИЧ-10. Ширина раскрытия трещин измерялась с помощью микроскопа МПБ-2 с ценой деления 0,05 мм. Нагрузка прикладывалась ступенями до полного разрушения образца,

фиксирувался момент появления трещин, а также ширина их раскрытия и прогибы образцов на каждой ступени нагружения.

Результаты испытания представлены в табл. 2.

При оценке результатов однотипных испытаний явно выпадающие значения были исключены из рассмотрения. Несущую способность определяли по формуле [19]:

$$M_{ult} = M_b + M'_s = R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

где  $M_b$  и  $M'_s$  – моменты, воспринимаемые соответственно сжатым бетоном и арматурой;

$R_b = 18,5$  МПа,  $R_{sc} = 400$  МПа – призменная прочность бетона класса В25 и прочность арматуры класса А400 на сжатие;

$b$  и  $h_0$  – фактические ширина и полезная высота сечения;



Рис. 2. Организация наклонных швов в образцах типа Т6

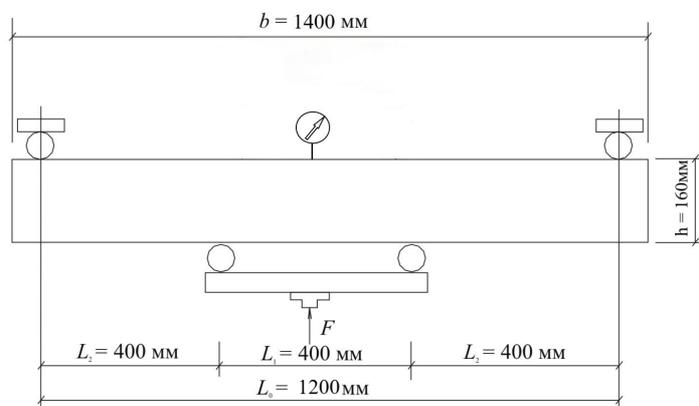


Рис. 3. Схема экспериментальной установки



а)



б)

Рис. 4. Экспериментальная установка с образцами: а) с вертикальным швом, б) наклонным швом

$a' = 15$  мм – привязка центра тяжести сжатой арматуры к краю сечения,  $A'_s = 28,26$  мм<sup>2</sup> – ее площадь.

Теоретический момент трещинообразования в балке определяется по формулам [19] и составляет от 0,7 кНм до 0,85 кНм, что соответствует начальным этапам нагружения. Теоретически вычисленная жесткость балок  $D$  до трещинообразования составила от 750 до 882 кНм<sup>3</sup>, жесткость на последних этапах нагружения – от 167 до 192 кНм<sup>2</sup>.

Теоретический прогиб балки можно оценить по формуле:

$$f_{8,8} = \frac{23}{216} l^2 \cdot \frac{M_{8,8}}{D_{8,8}},$$

где  $l$  – ее пролет;  $M_{8,8} = 8,8$  кНм и  $D_{8,8}$ , кНм<sup>2</sup> – момент в поперечном сечении и его соответствующая жесткость в зоне чистого изгиба на последних этапах нагружения.

Результаты определения прогиба балки при моменте в зоне чистого изгиба, равном 8,8 кНм, приведены в табл. 2.

При анализе результатов вычислялись отношения теоретических значений несущей способности и прогибов к опытным  $k_m = M_{ult}/M_{оп}$  и  $k_f = f_{8,8}/f_{8,8,оп}$ , а также отношения полученных таким образом коэффициентов для образцов балок со швами по отношению к монолитным балкам (см. табл. 2).

### Обсуждение

Анализируя полученные данные видно, что фактическое значение несущей способности превышает определенное теоретически в интервале от 49,2 до 85,7 %. В то же время значение жесткости, определенной теоретически, наоборот, завышено от 6,4 до 26,1 % в среднем по всем образцам.

### Нормальные швы.

Принимая за эталон монолитную конструкцию, можно сделать вывод о том, что классиче-

ский вертикальный шов бетонирования снижает несущую способность примерно на 10 %, а жесткость – до 17,6 %.

Использование гладкого стыка с заполнением шлакощелочным бетоном приводит показатели по прочности и трещиностойкости к монолитному, однако примерно на 8 % снижает жесткость.

Использование рабицы для устройства стыка со шлакощелочным бетоном снижает эффективность метода. Несущая способность снижается примерно до уровня классического шва, а жесткость – на 11,5 %, что, тем не менее, эффективнее последнего. Вероятно, это можно связать со снижением адгезии нового бетона к старому, вызванным уменьшением площади их контакта и возможным образованием участков непробетонирования. Кроме этого, при изучении научной статьи, посвященной исследованию влияния материалов поверхности опалубки на боковое давление бетона [20], можно сделать вывод, что на боковое давление оказывает влияние вязкость пристенного слоя бетона, которая, в свою очередь, зависит от водоцементного отношения: неувлажненная поверхность фанерной опалубки приводит к снижению водоцементного отношения пристенного слоя бетона по сравнению с металлической опалубкой. Сухая опалубка поглощает свободную воду из пристенного слоя бетона и повышает его прочность.

### Наклонные швы.

Использование промазки шлакощелочным раствором или участка с заполнением шлакощелочной бетонной смесью фактически приводит работу балки к монолитной, однако незначительно (на 6,5–7 %) снижает жесткость.

Резюмируя, можно сделать вывод о том, что использование описанной технологии как в виде нанесения шлакощелочного раствора, так и с использованием участка бетонирования из шлакощелочной бетонной смеси позволяет создать технологический шов, равнопрочный монолитному бе-

Таблица 2

Основные результаты испытаний

Тип	№	$L$ , см	$h$ , см	$b$ , см	$k_m$	Среднее $k_m$	$k_m/k_{m\text{ мон}}$	$D_{нач2}$ , кНм <sup>2</sup>	$D_{8,8}$ , кНм <sup>2</sup>	$f_{8,8}$ , мм	$f_{8,8,оп}$ , мм	$k_f$	Среднее $k_f$	$k_f/k_{f\text{ мон}}$
Т1	1	119	16,3	8,37	1,676	1,732	1,000	833,1	179,1	7,32	5,80	1,261	1,291	1,000
	2	117	15,8	8,27	1,789			758,7	178,2	6,93	5,25	1,320		
Т2	1	120	16,5	7,93	1,590	1,546	0,892	822,4	182,7	7,39	6,36	1,161	1,064	0,824
	2	116	16,3	7,77	1,502			777,8	174,9	6,85	7,09	0,966		
Т3	1	120	16,5	8,47	1,505	1,492	0,861	874,0	186,8	7,22	6,24	1,157	1,142	0,885
	2	121	16,3	7,9	1,812			789,8	175,4	7,92	6,54	1,211		
	3	120	16,7	7,97	1,479			856,9	190,1	7,10	6,30	1,127		
Т4	1	121	16,4	7,66	1,749	1,752	1,012	782,1	176,9	7,85	6,68	1,175	1,189	0,921
	2	120	16,7	8	1,911			859,8	190,4	7,09	6,37	1,113		
	3	120	16,7	8,23	1,756			882,6	192,2	7,02	5,84	1,202		
Т5	1	118	16,5	8	1,521	1,857	1,072	829,1	183,5	6,93	9,24	0,750	1,208	0,936
	2	120	16,1	7,8	1,927			752,0	167,9	8,04	5,72	1,405		
	3	120	16,5	7,93	1,787			822,4	182,7	7,39	7,30	1,012		
Т6	1	119	16,4	8	1,918	1,757	1,014	814,0	179,8	7,29	5,50	1,325	1,200	0,930
	2	119	16,1	7,78	1,745			750,2	167,9	7,81	6,87	1,136		
	3	118	16,3	7,76	1,770			776,9	174,6	7,29	5,77	1,264		

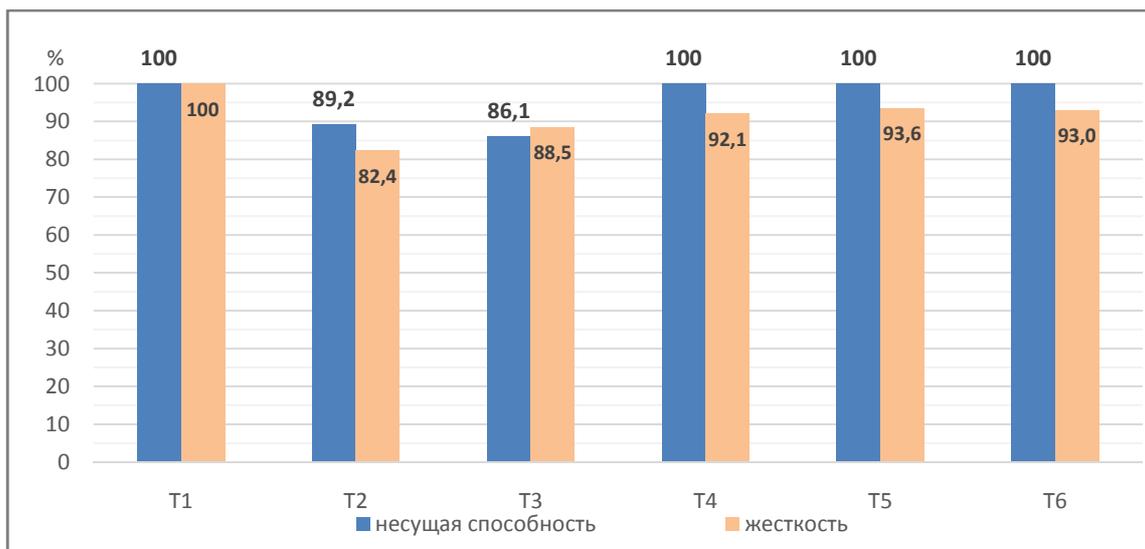


Рис. 5. Диаграмма несущей способности и жесткости балок различного типа по отношению к монолитной

тону, независимо от угла наклона рабочего шва к нормальному сечению. При этом наблюдается меньшее снижение жесткости по сравнению с классическим швом бетонирования.

На рис. 5 приведены результаты сопоставления несущей способности и жесткости балок различного типа по отношению к монолитной.

В работе [21] сделан вывод о том, что взаимодействие щелочного затворителя и цементной системы приводит к формированию прочного цементного камня. Таким образом, можно сделать вывод, что щелочной компонент, содержащийся во вновь укладываемом шлакощелочном растворе или бетонной смеси, активирует непрореагировавшие клинкерные частицы уложенного ранее бетона, что приводит к повышению прочности этого контакта и объясняет полученные экспериментальные данные. Кроме того, в проведенных ранее исследованиях проникающей способности различных сред в бетон [22, 23] было отмечено, что наибольшей проникающей способностью

обладает щелочной раствор с высоким уровнем рН. Принимая это во внимание, в практике строительства рекомендуется увеличивать площадь контакта старого бетона с новым при устройстве рабочего шва согласно предложенной технологии.

#### Заключение

Полученные результаты показывают эффективность применения разработанной авторами технологии [16] и дают основание рекомендовать основную смесь на шлаковом вяжущем с модулем основности  $M_o = 1,33$ , затворенную водным раствором гидроксида натрия с  $pH = 12,4$ , при организации технологических швов бетонирования в монолитных железобетонных конструкциях и устройстве стыков сборно-монолитных, сборных конструкций. Также в соответствии с экспериментальными данными рекомендовано устройство наклонных швов бетонирования по представленной технологии с использованием шлакощелочного раствора или шлакощелочной бетонной смеси указанных характеристик.

#### Список литературы

1. Gerges N.N., Issa C.A., Fawaz S. The effect of construction joints on the flexural bending capacity of singly reinforced beams // *Case Studies in Construction Materials*. 2016. Vol. 5. P. 112–123. DOI: 10.1016/j.cscm.2016.09.004
2. Gerges N.N., Issa C.A., Fawaz S. Effect of construction joints on the splitting tensile strength of concrete // *Case Studies in Construction Materials*. 2015. Vol. 3. P. 83–91. DOI: 10.1016/j.cscm.2015.07.001
3. Коянкин А.А., Белецкая В.И., Гужевская А.И. Влияние шва бетонирования на работу конструкции // *Вестник МГСУ*. 2014. №3. С. 76–81.
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. 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. P. 25–32. DOI: 10.1016/j.cscm.2013.12.001
6. Waters T. A study of the tensile strength of concrete across construction joints // *Magazine of Concrete Research*. 1954. Vol. 6. P. 151–153. DOI: 10.1680/macr.1954.6.18.151
7. Silfwerbrand J. Shear Bond Strength in Repaired Concrete Structures // *Materials & Structures*. 2003. Vol. 36. P. 419–424. DOI:10.1007/BF02481068

8. Critchell P. *Joints and cracks in concrete*. 2nd revised ed. London: CR Books, 1968. 244 p.
9. Таркатюк В.И., Золотова Н.М. Подготовка поверхности старого бетона для соединения с новым механизированным инструментом // Сб. науч. тр. Строительство, материаловедение, машиностроение. 2005. Вып. 35, Ч. 3. С. 13–21.
10. Effects of interface roughness and interface adhesion on new-to-old concrete bonding / Yan He, Xiong Zhang, R.D. Hooton, Xiaowei Zhang, // *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 151. P. 582–590. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.05.049
11. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СниП 3.03.01-87. М.: Изд-во стандартов, 2012.
12. СП 435.1325800.2018. Конструкции бетонные и железобетонные монолитные. Правила производства и приемки работ. М.: Изд-во стандартов, 2018.
13. ТК 6306031077/31077. Устройство плоских монолитных железобетонных фундаментных плит в гражданских зданиях. М.: Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт организации, механизации и технической помощи строительству. 1991. 13 с
14. Прочность контакта бетонов при устройстве технологических швов и стыков в железобетонных конструкциях / М.Н. Каган, С.Б. Коваль, Л.Б. Мельник, А.Х. Байбурин // *Строительное производство*. 2021. № 3. С. 9–18. DOI: 10.54950/26585340\_2021\_3\_2
15. 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
16. Каган М.Н., Коваль С.Б. Влияние технологических факторов на прочность бетона в зоне контакта свежеуложенного слоя с затвердевшим // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Строительство и архитектура»*. 2022. Т. 22, № 2. С. 68–74. DOI: 10.14529/build220209
17. Зиневич А.М., Глазков В.И., Котик В.Г. Защита трубопроводов и резервуаров от коррозии. М.: Недра, 1975. 288 с.
18. ГОСТ 23732-2011. Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 2012.
19. СП 63.13330.2018. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. М.: Минстрой России, 2018. 138 с.
20. Arslan M, Şimşek O., Subaşı S. Effects of formwork surface materials on concrete lateral pressure // *Construction and Building Materials*. 2005. Vol. 19. P. 319–325. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2004.07.007
21. Саламанова М.Ш., Муртазаев С.-А.Ю. Цементы щелочной активации: возможность снижения энергоемкости получения строительных композитов // *Строительные материалы*. 2019. № 7. С. 32–40.
22. Каган М.Н., Байбурин 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. DOI: 10.14529/build200104
23. 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. P. 819–825. DOI 10.1016/j.proeng.2017.10.557

#### References

1. Gerges N.N., Issa C.A., Fawaz S. The effect of construction joints on the flexural bending capacity of singly reinforced beams. *Case Studies in Construction Materials*. 2016;5:112–123. DOI: 10.1016/j.cscm.2016.09.004
2. Gerges N.N., Issa C.A., Fawaz S. Effect of construction joints on the splitting tensile strength of concrete. *Case Studies in Construction Materials*. 2015;3:83–91. DOI: 10.1016/j.cscm.2015.07.001
3. Koyankin A.A., Beletskaya V.I., Guzhevskaya A.I. The Influence of Concrete Joints on the Structural Behavior. *Vestnik MGSU*. 2014;3:76–81 (In Russ.)
4. Mohammed Dzhilil Mohammed Navshad. *Issledovanie naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija monolitnyh zhelezobetonnyh plit perekrytij s defektami: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk* [Investigation of the Stress-Strain State of Monolithic Reinforced Concrete Slabs with Defects: Cand. sci. diss.]. Moscow, Peoples' Friendship University of Russia Publ., 2004. 15 p. (in Russ.)
5. 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;1:25–32. DOI: 10.1016/j.cscm.2013.12.001
6. Waters T. A study of the tensile strength of concrete across construction joints. *Magazine of Concrete Research*. 1954;6:151–153. DOI: 10.1680/mac.1954.6.18.151
7. Silfwerbrand J. Shear Bond Strength in Repaired Concrete Structures. *Materials & Structures*. 2003;36:419–424. DOI:10.1007/BF02481068
8. Critchell P. *Joints and cracks in concrete*. 2nd revised ed. London: CR Books Publ.; 1968. 244 p.
9. Tarkatyuk V.I., Zolotova N.M. Preparation of the surface of old concrete for connection to a new mechanized tool. In: *Sb. nauch. Tr. Stroitel'stvo, materialovedeniye, mashinostroyeniye* [Collection of Scientific Papers Construction, Materials Science, Mechanical Engineering]. Dnepropetrovsk: PGASA Publ.; 2005;35(3):13–21. (in Russ.)

10. He Y., Zhang X., Hooton R.D., Zhang X. Effects of interface roughness and interface adhesion on new-to-old concrete bonding. *Construction and Building Materials*. 2017;151:582–590. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.05.049
11. SP 70.13330.2012. *Nesushchiye i ograzhdayushchiye konstruksii. Aktualizirovannaya redaktsiya SnIP 3.03.01-87* [Set of Rules 70.13330.2012 Bearing and Enclosing Structures]. Moscow: Izd-vo standartov Publ., 2012. (in Russ.)
12. SP 435.1325800.2018. *Konstrukcii betonnye i zhelezobetonnye monolitnye. Pravila proizvodstva i priemki rabot* [Set of Rules 435.1325800.2018 Monolithic constructions of concrete and reinforced concrete. Rules of production and acceptance of work]. Moscow: Izd-vo standartov Publ., 2018. (in Russ.)
13. TK 6306031077/31077. *Ustroystvo ploskikh monolitnykh zhelezobetonnykh fundamentnykh plit v grazhdanskikh zdaniyakh* [Technological Map 6306031077/31077 Installation of flat monolithic reinforced concrete foundation slabs in civil buildings]. Moscow: Centralnyj nauchno-issledovatel'skij i proektno-eksperimentalnyj institut organizacii, mexanizacii i texnicheskoj pomoshhi stroitelstvu, 1991. (in Russ.)
14. 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. *Construction production*. 2021;3:9–18. (in Russ.) DOI: 10.54950/26585340\_2021\_3\_2
15. Kagan M.N., Koval S.B., Molodtsov M.V. The strength of concrete-to-concrete contact in seams and joints. *Engineering journal of Don*. 2023;6(102):503-513. (in Russ.)
16. 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;22(2):68–74. (in Russ.) DOI 10.14529/build220209
17. Zinevich A.M., Glazkov V.I., Kotik V.G. *Zashchita truboprovodov i rezervuarov ot korrozii* [Protection of pipelines and reservoirs from corrosion]. Moscow: Nedra Publ., 1975. 288 p. (in Russ.)
18. GOST 23732-2011. *Voda dlya betonov i stroitel'nykh rastvorov. Tekhnicheskie usloviya* [GOST 23732-2011 Water for concrete and mortars. Technical conditions]. Moscow: Izd-vo standartov Publ., 2011. (in Russ.)
19. SP 63.13330.2018. *Betonnye i zhelezobetonnye konstruksii. Osnovnye polozheniya*. [Set of Rules 63.13330.2018. Concrete and reinforced concrete structures. General provisions]. Moscow: Minstroy Rossii Publ., 2018. 138 p. (in Russ.)
20. Arslan M., Şimşek O., Subaşı S. Effects of formwork surface materials on concrete lateral pressure. *Construction and Building Materials*. 2005;19:319–325. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2004.07.007
21. Salamanova M. Sh., Murtazaev S.A.Y. Cements of alkaline activation the possibility of reducing the energy intensity of building composites. *Construction Materials*. 2019;7:32–40. (in Russ.)
22. 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;20(1):34–45. (in Russ.) DOI: 10.14529/build200104
23. Koval S.B., Kagan M.N. Analysis of various media concrete penetrating ability depending on different factors affecting water absorption. *Procedia Engineering*. 2017;206:819–825. DOI 10.1016/j.proeng.2017.10.557

**Информация об авторах:**

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

**Дербенцев Илья Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции и сооружения», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; derbentcevis@susu.ru

**Коваль Сергей Борисович**, кандидат технических наук, доцент, начальник Отдела практики и трудоустройства студентов, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; kovalsb@susu.ru

**Мельник Лев Борисович**, директор ООО «Символ Бетон», Челябинск, Россия; info@simvolbeton.ru

**Information about the authors:**

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

**Ilya S. Derbentcev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Structures and Constructions, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; derbentcevis@susu.ru

**Sergey B. Koval**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Practice and Employment of Students, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; kovalsb@susu.ru

**Lev B. Melnik**, Director of LLC “Symbol Beton”, Chelyabinsk, Russia; info@simvolbeton.ru

*Статья поступила в редакцию 08.09.2023, принята к публикации 18.09.2023.*

*The article was submitted 08.09.2023; approved after reviewing 18.09.2023.*