

**В.Р. ФАЛИКМАН, А.В. АНЦИБОР✉, П.Н. СИРОТИН, А.В. СУРКОВ**

Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ) им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»,  
2-я Институтская ул., д. 6, к. 5, г. Москва, 109428, Российская Федерация

# ТРЕБОВАНИЯ К ДОПУСТИМЫМ ПЕРЕРЫВАМ БЕТОНИРОВАНИЯ ПРИ ВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ РАБОТ

## Аннотация

**Введение.** Проблема «монолитности» бетона возводимых железобетонных конструкций и элементов была и остается одной из наиболее спорных при приемочном контроле в строительной практике. Отсутствие четких критериев оценки наличия «холодного шва», возникающего при вынужденных перерывах в бетонировании, а также различие в условиях бетонирования и свойствах бетонных смесей являются одними из главных факторов, обуславливающих неопределенность в принятии решения об отбраковке возведенной конструкции, принятии решения о необходимости проведения ремонтных мероприятий либо признания возведенной конструкции соответствующей проекту и не требующей дополнительных затрат на обеспечение проектной эксплуатационной надежности. Отсутствие однородности физико-механических свойств бетона отдельных частей монолитной конструкции создает непредусмотренные проектом напряженно-деформированные состояния силового каркаса здания и может провоцировать угрозу безопасности сооружения, приводить к сокращению межремонтного эксплуатационного срока службы несущих конструктивных элементов.

**Цель.** Уточнение условий возникновения холодных швов бетонирования в зависимости от технологических показателей качества бетонных смесей и технологии укладки.

**Результаты** проведенного эксперимента не подтверждают требование норм считать границу начала схватывания сколь либо значимой с точки зрения повреждения структуры бетона и способности оказать заметное влияние на падение средней прочности за счет «расшатывания» системы «крупный заполнитель – растворная часть».

**Выводы.** Сформулированные и дублирующие друг друга требования нормативных документов по граничному условию потери условной «сплошности» свойств бетона в теле конструкции при единовременной укладке бетонной смеси требуют пересмотра и уточнения на основании анализа выполненных ранее и дополнительно проведенных экспериментальных исследований.

**Ключевые слова:** бетонная смесь, монолитность, сплошность, холодный шов, адгезия, когезия, слой бетонирования, бетоноведение

**Для цитирования:** Фаликман В.Р., Анцибор А.В., Сиротин П.Н., Сурков А.В. Требования к допустимым перерывам бетонирования при ведении монолитных работ // *Бетон и железобетон*. 2024. № 6 (625). С. 51–63. DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-6\(625\)-51-63](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-6(625)-51-63). EDN: WNTAMS

## Вклад авторов

Фаликман В.Р. – постановка задачи, обобщение и систематизация результатов.

Анцибор А.В. – выполнение работ, систематизация результатов, подготовка статьи.

Сиротин П.Н., Сурков А.В. – выполнение работ, подготовка статьи.

## Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Поступила в редакцию 12.10.2024*

*Поступила после рецензирования 04.11.2024*

*Принята к публикации 07.11.2024*

# REQUIREMENTS FOR PERMISSIBLE PAUSES OF CONCRETING DURING MONOLITHIC WORKS

## Abstract

**Introduction.** The problem of “monolithicity” of structural concrete under construction has been and remains one of the most controversial in acceptance control in construction practice. The lack of clear criteria for assessing of cold joints presence arising during forced breaks in concreting, as well as differences in concreting conditions and properties of concrete mixtures, are among the main factors causing uncertainty in making a decision to reject the erected structure, or making a decision on the need for repair measures, or recognizing the erected structure complies with the project and does not requiring additional costs to ensure the design operational reliability. Lack of homogeneity of physical and mechanical properties of concrete separate parts of the monolithic structure creates stress-strain states of the power frame of the building that are not foreseen by the project and can provoke a threat to the safety of the structure, and lead to a reduction in the inter-repair service life of load-bearing structural elements.

**Aim.** The aim of the work is clarification of the conditions of cold joints occurrence when concreting depending on the technological properties of concrete mixtures and laying technology, its characterization and formulation of proposals in order to make appropriate changes in regulatory documents.

**Results.** The results of the performed experiment do not support the requirement of the regulations to consider the boundary of the onset of setting as significant in terms of damage to the structure of concrete and the ability to have a noticeable effect on the drop in average strength due to the “loosening” of the “coarse aggregate – mortar” system. Despite the fact that in the series of such experiments it is required to consider more extended statistics, the obtained trends reduce the probability of identifying

the beginning of setting as an indicative boundary of the rheological state, when the influence of vibration on reducing of concrete strength after its subsequent curing under favorable conditions becomes determinant.

**Conclusions.** The formulated and duplicating each other requirements of normative documents on the boundary condition of loss of conditional “continuity” of concrete properties in the body of the structure at simultaneous placement require revision and clarification based on the analysis of the previously performed and additionally conducted experimental studies.

**Keywords:** fresh concrete, monolithicity, soundness, cold joint, adhesion, cohesion, concreting layer, concrete science

**For citation:** Falikman V.R., Antsibor A.V., Sirotin P.N., Surkov A.V. Requirements for permissible pauses of concreting during monolithic works. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2024, no. 6 (625), pp.51–63. (In Russian). DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-6\(625\)-51-63](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-6(625)-51-63). EDN: WNTAMS

## Authors contribution statement

Falikman V.R. – problem statement, article editing.

Antsibor A.V. – execution of works, systematization of results, preparation of the article.

Sirotin P.N., Surkov A.V. – execution of works, preparation of the article.

## Funding

No funding support was obtained for the research.

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 12.10.2024

Revised 04.11.2024

Accepted 07.11.2024

### Введение

Вопросы производства монолитных бетонных работ, обеспечивающих получение бетонных и железобетонных конструкций в строгом соответствии с техническими требованиями проекта и нормативных документов, не теряют своей актуальности даже с учетом большого опыта строительной практики, накопленного за многие десятилетия при возведении объектов разной сложности в различных климатических условиях. Постоянный прогресс и накопление знаний в области бетоноведения, к сожалению, не в состоянии системно переломить инертность и консерватизм, наблюдаемые при строительстве большинства зданий и сооружений жилищного и промышленного назначения, а также решить проблемы недостаточной квалификационной подготовки строителей.

Одно из явных проявлений этих проблем – часто наблюдаемое образование границ между последовательно укладываемыми в опалубку слоями бетонной смеси с некоторым временным интервалом (рис. 1). Такие границы в строительной среде условно именуют «немонолитность», «несплошность», «холодный шов» [1–4]. В случае же организации запланированного перерыва бетонирования, месторасположение которого, как правило, указывается в проектной документации, используют термин «рабочий шов».

Действующими нормами введены ограничения на допустимые интервалы перерывов бетонирования, которые, в принципе, не должны приводить к образова-

нию «холодного шва». Так, в СП 70.13330.2012 [5] предписано **осуществлять укладку каждого последующего слоя бетонной смеси до начала схватывания предыдущего слоя** (п. 5.3.9). СП 435.1325800.2018 [6] регламентирует, что **«способ укладки бетонной смеси должен обеспечивать монолитность конструкции. Новый слой бетонной смеси должен быть уложен до начала схватывания бетона ранее уложенного слоя»** (п. 9.3.4). При этом в документах не приводятся критерии для диагностирования наличия образования «холодного шва», находящегося в не-проектном месте, а также критерии обеспечения «монолитности» бетона возведенных конструкций.

Требуют определенной конкретизации и положения п. 5.3.6 СП 70.13330.2012 [5], в соответствии с которым «укладку и уплотнение бетона следует выполнять по ППР таким образом, чтобы обеспечить заданную плотность и **однородность бетона**, отвечающих требованиям качества бетона, предусмотренных для рассматриваемой конструкции настоящим сводом правил, ГОСТ 18105-2018 [7], ГОСТ 26633-2015 [8] и проекту. Порядок бетонирования следует устанавливать, предусматривая расположение швов бетонирования с учетом технологии возведения здания и сооружения и его конструктивных особенностей. При этом **должна быть обеспечена необходимая прочность контакта поверхностей бетона в шве бетонирования**, а также прочность конструкции с учетом наличия швов бетонирования». Однако нормами не регламентируется



**Рис. 1.** Пример дефекта забетонированной стены цоколя с признаками образования «холодного шва» бетонирования  
**Fig. 1.** Example of a defect in a concreted basement wall with signs of formation of a "cold seam" of concreting

и не уточняется, какая именно прочность контакта и при каких усилиях и (или) видах воздействий должна быть обеспечена, а также какой «однородности бетона» и по какому критерию необходимо добиваться производителю бетонных работ.

### Постановка задачи

Неудивительно, что изменение свойств на границе смежных слоев бетонирования с признаками «несплошности» изучалось с разных точек зрения на протяжении многих десятилетий. Проведены многочисленные эксперименты с оценкой снижения физико-механических свойств сцепления на границе слоев, с учетом различного расположения плоскости шва к направлению основной действующей нагрузки, с выявлением оценки на снижение несущей способности и эксплуатационной пригодности железобетонных конструкций [9–22]. Тем не менее вопросы критериев «монолитности», а также методов диагностики наличия или отсутствия «холодных швов» в железобетонных конструкциях остаются открытыми до сих пор и в нормативных документах сформулированы нечетко.

На практике оценка сплошности бетона горизонтальных монолитных конструкций чаще всего проводится качественно, по целостности извлекаемого из вертикального сечения конструкции керна, выбуренного в вертикальном направлении поперек плоскости шва. По тому, остается ли образец целым либо разрушается при его извлечении по границе бетонных слоев укладки, визуально оценивают «монолитность» или «несплошность» бетона в конструкции. Такой подход в определенной степени имеет право на применение, поскольку выявляет очевидное различие свойств когезии и адгезии в граничной зоне

слоев. Однако более логичным было бы назначение допустимого снижения показателей адгезии в слоях относительно когезии внутри каждого из слоев.

Для перехода к численным ориентировочным значениям можно обратиться к табл. 3 из ГОСТ Р 56378-2015 [23], где для максимальных показателей прочности сцепления с основанием (адгезионное соединение контактной зоны) для класса ремонтной смеси R4 установлено значение 2 МПа. Это предполагает, что при обеспечении адгезии между ремонтным материалом и телом бетона (субстратом) железобетонной конструкции не менее 2 МПа работоспособность конструкции должна обеспечиваться, а следовательно, приемлемыми должны быть и свойства «монолитности» бетона в конструкции.

Несмотря на изложенный в стандарте подход, данная унификация может вызывать вопросы у авторов проекта, особенно для случаев применения бетонов высоких классов по прочности (от B60 и выше), где показатель когезии, то есть прочности субстрата на растяжение, к которому, как ожидается, адгезия слоев в контактной зоне шва должна стремиться, может достигать значительно более высоких показателей икратно превышать указанную величину в 2 МПа.

Реальная практика строительства не единожды подтверждала, что дефект бетона в граничной зоне последовательно уложенных слоев бетонной смеси может формироваться еще задолго до наступления начала схватывания [12–14, 24, 25]. Это связано, прежде всего, с кинетикой процесса перехода от стадии сохраняемости смеси в границах заданной удобоукладываемости к стадии начала схватывания. Схематично процесс кинетики такого перехода показан на рис. 2.

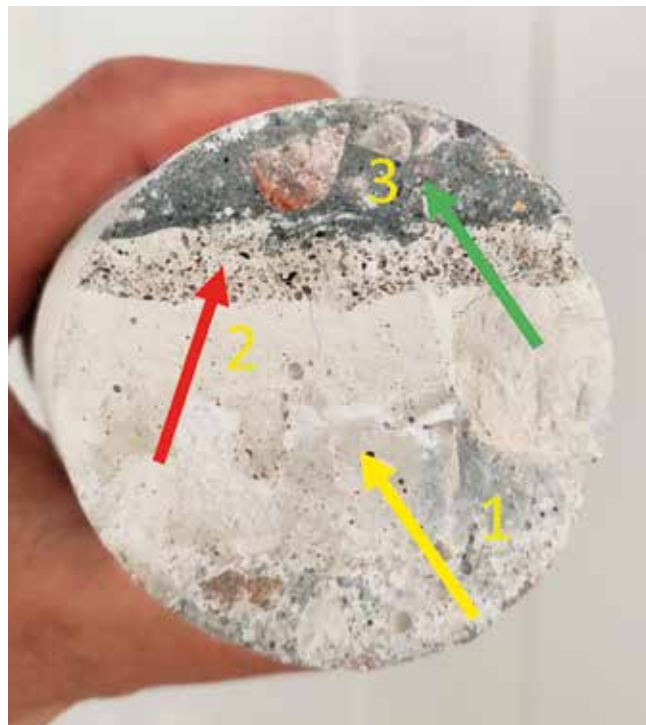


**Рис. 2.** Кинетика перехода от стадии сохраняемости удобоукладываемости смеси к стадии начала схватывания  
**Fig. 2.** Kinetics of the transition from the mixture workability preservation stage to the stage of the setting beginning

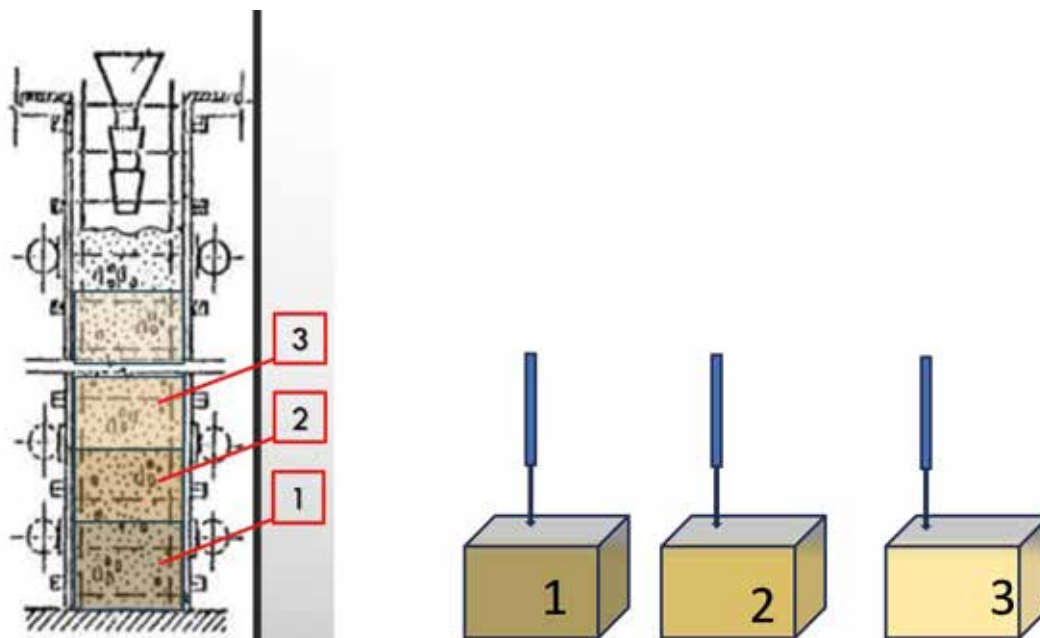
Как видно из представленной схемы, между окончанием стадии сохраняемости удобоукладываемости (зеленая зона) и началом схватывания (красная зона) существует переходная зона, временной интервал которой, в зависимости от условий внешней среды и конкретных свойств бетонной смеси, может длиться до нескольких часов. В переходной зоне присутствует значительный риск образования границ раздела слоев из-за неспособности вытеснения менее плотных составляющих смеси (продуктов расслоения, потерявших подвижность) более плотной смесью, укладываемой с перерывом.

В некоторых условиях монолитного строительства вынужденные перерывы бетонирования связаны не столько с непредвиденными перерывами в поставке бетонной смеси и работой применяемой техники, сколько с необходимостью соблюдать низкий темп бетонирования для снижения давления на опалубку от высоты столба уложенной подвижной смеси. Для подобных ограничений риск образования «холодных швов» присутствует на высоком уровне, особенно при ведении работ в условиях жаркого климата [12]. Выходом из данной ситуации должно стать контролируемое повышение давления на опалубку: либо с помощью установленных систем мониторинга – датчиков давления на опалубку, либо по проверке реологического состояния уложенных слоев бетонной смеси по специально отобранным контрольным пробам (рис. 3).

Одним из показательных примеров образования таких видов дефектов является «замоноличенный» слой продуктов расслоения бетонной смеси, показанный на рис. 4. Образование дефекта здесь связано



**Рис. 4.** Образование дефекта между смежными слоями бетона из продуктов водо- и раствооротделения смеси при укладке: 1 – нижележащий слой бетона (склонный к расслоению); 2 – дефектный слой в виде продуктов водо- и раствооротделения; 3 – вышеуложенный слой бетона  
**Fig. 4.** Formation of a defect between adjacent layers of concrete from the products of water and mortar separation of the mixture during laying: 1 – the underlying layer of concrete (prone to delamination); 2 – a defective layer in the form of products of water and mortar separation; 3 – the above layer of concrete



**Рис. 3.** Диагностика реологического состояния уложенных слоев бетонной смеси по специально отобранным контрольным пробам  
**Fig. 3.** Diagnostics of the rheological state of the laid layers of concrete mix according to specially selected control samples

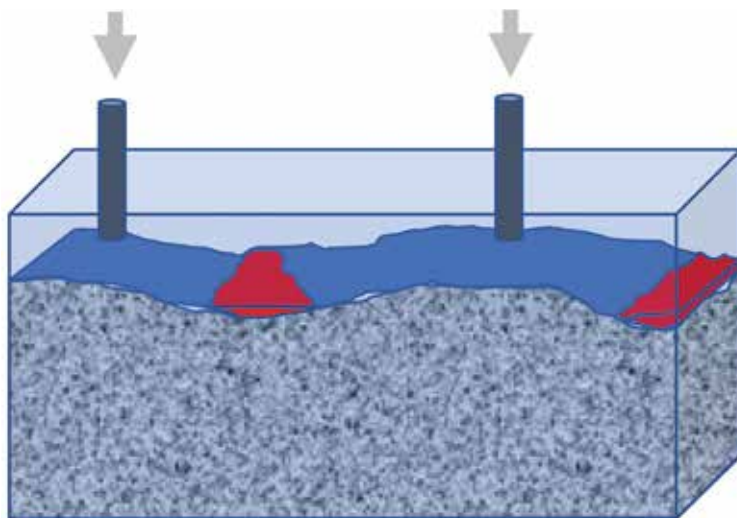
с потерей подвижности продуктов водо- и раствор-отделения, что привело к формированию разделяющей дефектной прослойки в теле бетонного сечения конструкции фундамента. Сплошность физико-механических свойств бетона конструкции в этом случае будет определяться не столько адгезией между слоями бетона, сколько когезией самого материала образовавшегося дефектного слоя.

Важно понимать, что дефекты расслоения не всегда являются следствием ошибок входного контроля, допустившего к укладке дефектную бетонную смесь, а могут образовываться вследствие формирования возвышенных и низменных участков в опалубке при неравномерной укладке смеси (что происходит в большинстве случаев при плохо подобранной реологии смеси) и постепенного накопления отделяющейся растворной части из бетонной смеси, формально удовлетворяющей критериям стандарта по раскла-

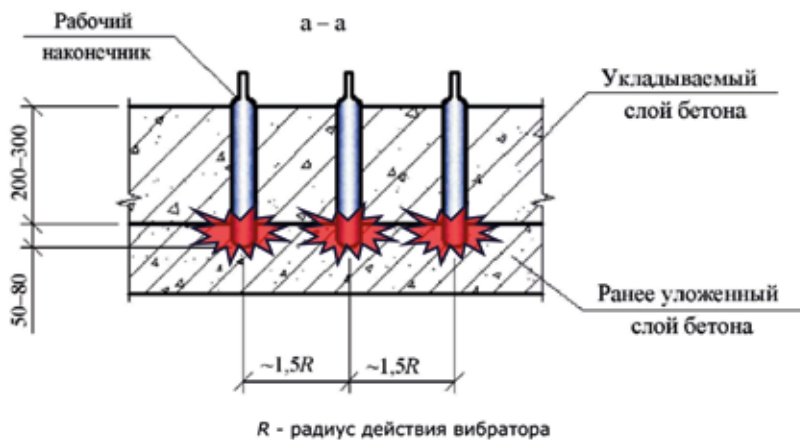
ваемости, в локальных, чаще всего приопалубочных, зонах бетонирования (рис. 5).

Таким образом, следует констатировать, что приводимая в нормах граница наступления начала схватывания бетонной смеси не является гарантом недопущения «холодных швов» бетонирования. С большой долей уверенности следует ожидать естественное перемешивание укладываемых слоев бетонной смеси и отсутствие граничных зон со сниженными показателями когезии бетона (адгезии между слоями) в период сохранения заданной марки по удобоукладываемости (в диапазоне ПЗ и выше).

Однако может ли наступление начала схватывания являться условием, при котором передача вибрации от вышеуложенного слоя бетонной смеси (рис. 6) приводит к механическому повреждению и разуплотнению нижеуложенного слоя бетонной смеси в период потери подвижности и наступления схватывания?



**Рис. 5.** Пример образования возвышенных и низменных участков при укладке бетонной смеси в опалубку  
**Fig. 5.** An example of the formation of elevated and low-lying areas when laying a concrete mixture in a formwork



**Рис. 6.** Вибропобуждение уложенной бетонной смеси за пределами границ сохранения удобоукладываемости  
**Fig. 6.** Vibration sealing of the laid concrete mix beyond the boundaries of the preservation of workability

### Цели и задачи исследования

Целью работы является уточнение условий возникновения холодных швов бетонирования в зависимости от технологических показателей качества бетонных смесей и технологии укладки.

### Результаты и обсуждение

В поисках ответа на поставленные выше вопросы был проведен следующий эксперимент.

Для оценки влияния вибрации на бетонную смесь и последующие прочностные характеристики бетона в период приближения начала схватывания, а также в период схватывания была изготовлена смесь, из которой изготовлены контрольная и основные серии образцов-кубов. Используются формы 2ФК-100 для 9 серий из 18 образцов-кубов. Все образцы формовались из одного замеса бетонной смеси с крупным заполнителем, марки по подвижности П4 и водоцементным отношением на уровне 0,35. Образцы основных серий уплотнены на виброплощадке и выдержаны в лабораторных условиях в течение разных интервалов времени до повторного вибрирования. Образцы контрольной серии изготовлены путем однократного виброуплотнения смеси на виброплощадке после ее перемешивания (маркировка серии 1).

Параллельно с этим для диагностики начала и окончания срока схватывания смеси были изготов-

лены специальные контрольные пробы растворной части путем отсева крупного заполнителя по методике ГОСТ Р 56587-2015 [26].

Образцы основных серий (серии 2–9) подвергались повторной вибрации на виброплощадке около 30 секунд, а также путем передачи вибрации от вибробулавы, прикладываемой в течение 30–50 секунд с разных сторон формы и через верхнюю заглаженную поверхность образцов. Использованные способы вибрирования предполагали разнообразие видов вибровоздействия, что могло бы расширить представление о возможных практических факторах влияния.

После повторной вибрации образцы основных серий были дополнительно заглажены в формах и помещены в камеру нормального твердения. Периоды вибрации относительно времени начала и конца схватывания приведены в табл. 1 и отмечены на графике кинетики схватывания (рис. 7).

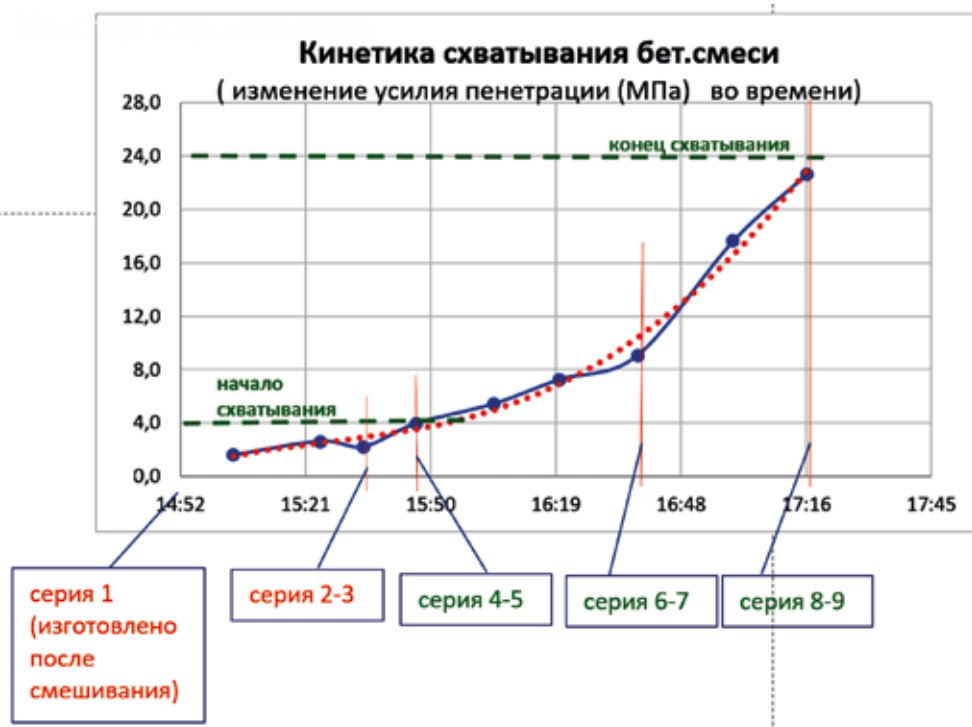
Парные серии образцов, подвергнутые повторному вибрированию на виброплощадке, а также с использованием вибробулавы (рис. 8), были помещены в камеру нормального твердения, в которой находились до начала проведения испытаний на сжатие по ГОСТ 10180-2012 [27]. Образцы были испытаны в возрасте 75 суток.

Перед началом испытаний определялась средняя плотность бетона контрольных образцов, которая

Таблица 1  
Table 1

Серии образцов, подвергавшиеся дополнительной вибрации  
Series of samples subjected to additional vibration

| № серии образцов | Этап выдерживания бетонной смеси относительно процесса схватывания      | Способ вибровоздействия               |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1                | Контрольная серия                                                       | Первичное уплотнение на виброплощадке |
| 2                | Повторное вибрирование за 15 минут до начала процесса схватывания       | Виброплощадка                         |
| 3                | Повторное вибрирование за 15 минут до начала процесса схватывания       | Вибробулава                           |
| 4                | Повторное вибрирование сразу после начала процесса схватывания          | Виброплощадка                         |
| 5                | Повторное вибрирование сразу после начала процесса схватывания          | Вибробулава                           |
| 6                | Повторное вибрирование через 50 минут после начала процесса схватывания | Виброплощадка                         |
| 7                | Повторное вибрирование через 50 минут после начала процесса схватывания | Вибробулава                           |
| 8                | Повторное вибрирование перед завершением процесса схватывания           | Виброплощадка                         |
| 9                | Повторное вибрирование перед завершением процесса схватывания           | Вибробулава                           |



**Рис. 7.** Кинетика процесса схватывания бетонной смеси с указанием моментов вибровоздействия на основные серии образцов  
**Fig. 7.** Kinetics of the setting of the concrete mixture process with indication of the moments of vibration impact on the main series of samples



**Рис. 8.** Повторная вибрация смеси в форме с помощью вибропалки.  
 Состояние формованных образцов при вибрации в процессе схватывания  
**Fig. 8.** Repeated vibration of the mixture in the mold using a vibrating mace. State of molded samples with vibration during setting

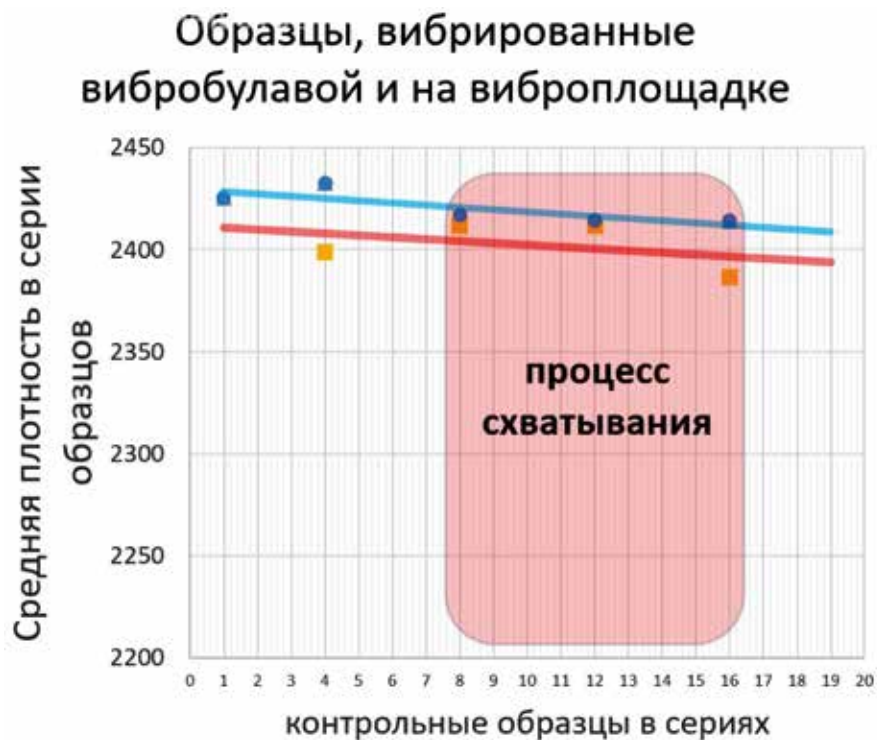
не показала существенных колебаний между сериями и укладывалась в интервал 2,39–2,41 г/см<sup>3</sup> для образцов, вибрированных дополнительно на виброплощадке, и в интервал 2,39–2,43 г/см<sup>3</sup> для образцов, вибрированных с помощью вибропалки.

Колебания значений средней плотности бетона в сериях образцов представлены на рис. 9.

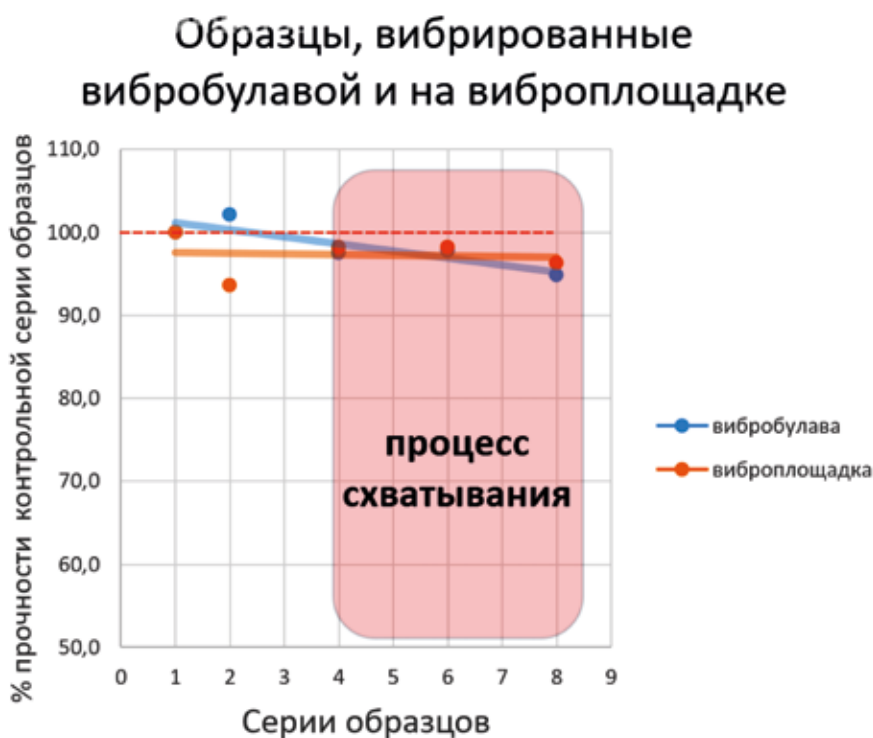
Наблюдаемые тенденции в снижении средних плотностей бетона в сериях образцов сравнимы с колебаниями средних плотностей между сериями и не рассматривались как статистически значимые с позиции разуплотнения бетонной смеси при вибрации.

На рис. 10 представлены результаты определения средней прочности бетона контрольной и основных серий образцов после твердения в нормальных условиях.

Как видно из представленного распределения результатов испытаний на сжатие, общее снижение прочности основных серий образцов, дополнительно подвергнутых вибрации, как до начала процесса схватывания, так и после начала, в том числе и перед окончанием схватывания, показали снижение прочности в пределах 5 % прочности образцов контрольной серии. При этом колебания для серий, параллельно вибрированных разными способами, имеют размах



**Рис. 9.** Колебания средних плотностей бетона в сериях контрольных образцов, вибрированных в разные периоды выдерживания после их изготовления  
**Fig. 9.** Fluctuations of the average density of concrete in a series of control samples vibrated during different periods of curing after their manufacturing



**Рис. 10.** Распределение средних прочностей в сериях образцов, дополнительно вибрированных в разные моменты выдерживания после изготовления  
**Fig. 10.** Distribution of average strengths in a series of samples additionally vibrated at different moments of curing after manufacturing

средних прочностей от 0,5 до 7 % средней прочности бетона контрольной серии образцов.

Таким образом, полученные результаты проведенного эксперимента не подтверждают требование норм считать границу начала схватывания сколь либо значимой с точки зрения повреждения структуры бетона и способности оказать заметное влияние на падение средней прочности за счет «расшатывания» системы «крупный заполнитель – растворная часть». Несмотря на то что в сериях подобных экспериментов требуется рассматривать более расширенную статистику, полученные тенденции снижают вероятность идентифицировать начало схватывания как показательную границу реологического состояния, когда влияние вибрации на падение прочностных свойств бетона после его последующего твердения в благоприятных условиях становится определяющим. Причиной отсутствия значимого влияния вибрационного воздействия на структуру формирующегося бетона и его физико-механические свойства, по нашему мнению, могло являться низкое значение модуля упругости растворной части, не способствующее активному распространению вибрационных колебаний, «расшатыванию» положения зерен крупного заполнителя в структуре несформировавшегося цементного камня и нарушению потенциальной адгезии по его контактной поверхности. Вместе с тем, даже в случае нарушения контакта на границе заполнителя при вибрировании в начальной стадии формирования бетона, адгезионное сцепление за последующий период твердения достигает необходимого уровня без заметного ущерба для прочности.

### Выводы

Сформулированные и дублирующие друг друга требования нормативных документов по граничному условию потери условной «сплошности» свойств бетона в теле конструкции при единовременной укладке требуют пересмотра и уточнения на основании анализа выполненных ранее и дополнительно проведенных экспериментальных исследований. Наиболее приемлемым для обеспечения смешивания бетонной смеси смежных слоев и способности вытеснения на поверхность скапливающихся продуктов расслоения должен являться период сохраняемости удобоукладываемости ранее уложенного слоя смеси.

Реализация требования о прекращении бетонирования и организации рабочего шва (что часто бывает технически сложно реализуемым) не должна являться безальтернативным условием при ведении монолитных бетонных работ. Вопросы допустимости перерывов и образования возможных «холодных швов» для тех или иных конкретных возводимых железобетонных конструкций должны согласовываться с авторским надзором проектной организации, а решение о необходимости ремонта уже образовавшихся «холодных швов» должно приниматься проекти-

ровщиком по результатам проведенной строительной лабораторией инструментальной диагностики.

Для оценки соответствия проектным требованиям железобетонных конструкций с признаками «несплошностей» или «холодных швов» целесообразно, по нашему мнению, задаваться критериями экспериментально определяемой разницы между адгезией и когезией бетона смежных слоев, установлению максимально допустимого различия этих показателей, а также снижению показателей долговечности, в том числе по критерию проницаемости бетона в зоне шва для воздушных и жидких сред.

Для оценки влияния на устойчивость опалубочных систем к темпам бетонирования, при которых обеспечивается «монолитность», необходимо осуществлять контроль изменения свойств удобообрабатываемости бетонных смесей по отобраным контрольным пробам, а также по значениям давления на опалубку с использованием существующих систем мониторинга. Дополнительными контролируемыми параметрами должны быть температурные условия выдерживания бетона в конструкциях, позволяющие экстраполировать фактические показатели подвижности бетонной смеси в отобранных контрольных пробах на свойства бетонной смеси в слоях, уложенных в конструкцию.

В заключение отметим, что экспериментальные работы по данному направлению в настоящее время активно проводятся, а их результаты должны стать основой для развития требований действующей нормативной базы.

### Список литературы

1. Гвоздев А.А., Васильев А.П., Дмитриев С.А. Изучение сцепления нового бетона со старым в стыках сборных железобетонных конструкций и рабочих швах. Москва: ОНТИ ЦНИПС, 1936.
2. Житкевич Н.А. Монолитность бетонных сооружений. Санкт-Петербург, 1905.
3. Berkati Cipta Zega, Hakas Prayuda, Fanny Monika, Fadillawaty Saleh and Dian Eksana Wibowo. Effects of cold joint and its direction on the compressive and flexural strength of concrete. *International Journal of GEOMATE*. 2021, vol. 20, issue 82, pp. 86–92.
4. J. Benjamin Alper, Cawsie Jijina. Mass concreting. *Structure magazine*. April 2018.
5. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. Москва, 2012.
6. СП 435.1325800.2018. Конструкции бетонные и железобетонные монолитные. Правила производства и приемки работ. Москва: Стандартинформ, 2019.
7. ГОСТ 18105-2018. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности. Москва: Стандартинформ, 2019.
8. ГОСТ 26633-2015. Бетоны тяжелые и мелкозерни-

- стые. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 2019.
9. Гинзбург Ц.Г. О степени прочности на срез цементного шва // *Гидротехническое строительство*. 1946. № 4.
10. Микульский В.Г., Игонин Л.А. Сцепление и склеивание бетона в сооружениях. Москва: Стройиздат, 1965.
11. Хуторянский М.С. Условия монолитности бетонных и железобетонных конструкций. Харьков: ГОНТИ НКТП, 1938.
12. Gayan Buddhika Illangakoon, Shingo Asamoto, Anura Nanayakkara, Lam Nguyen Trong. Concrete cold joint formation in hot weather conditions. *Construction and Building Materials*. 2019, vol. 209, pp. 406–415. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.093>
13. He-Lin Fu, Huang-Shi Deng, Jiabing Zhang, Yue Shi, Xianquan Huang. Experimental analysis of influence of pouring interval on fracture performance of concrete structures with cold joints. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*. 2022, vol. 118, no. 8, 103289. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2022.103289>
14. Hyun-Min Yang, Han-Seung Lee, Keun-Hyeok Yang, Mohamed A. Ismail, Seung-Jun Kwon. Time and cold joint effect on chloride diffusion in concrete containing GGBFS under various loading conditions. *Construction and Building Materials*. 2018, vol. 167, no. 4, pp. 739–748. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.093>
15. İlknur Bekem Kara. Experimental Investigation of the Effect of Cold Joint on Strength and Durability of Concrete. *Arabian Journal for Science and Engineering*. 2021, vol. 46, no. 11, pp. 10397–10408. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13369-021-05400-5>
16. Li Z., Liu L., Yan S., Zhang M., Xia J., Xie Y. Effect of freeze-thaw cycles on mechanical and porosity properties of recycled construction waste mixtures. *Construction and Building Materials*. 2019, vol. 210, pp. 347–363. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.184>
17. Pedro Miguel Duarte Santos and Eduardo Nuno Brito Santos Júlio. Factors Affecting Bond between New and Old Concrete. *ACI Materials Journal*. 2011, vol. 108, no. 4, pp. 449–456.
18. Quraish Qusay Ali, Barış Erdil, Taha Mohammed Jassam. Critical cold joint angle in concrete. *Construction and Building Materials*. 2023, vol. 409. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133881>
19. Rathi V.R., Kolase P.K. Effect of cold joint on strength of concrete. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 2013, vol. 2, issue 9, pp. 4671–4679.
20. Tae-Ho Koh, Moon-Kyum Kim, Keun-Hyeok Yang, Yong-Sik Yoon, Seung-Jun Kwon. Service life evaluation of RC T-girder under carbonation considering cold joint and loading effects. *Construction and Building Materials*. 2019, vol. 226, pp. 106–116. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.106>
21. Torres A., Ramos-Cañón A., Prada-Sarmiento F., Botía-Díaz M. Mechanical behavior of concrete cold joints. *Revista Ingeniería de Construcción*. 2016, vol. 31, no. 3, pp. 151–162.
22. Yoo Sung-Won, Kwon Seung-Jun. Effects of cold joint and loading conditions on chloride diffusion in concrete containing GGBFS. *Construction and Building Materials*. 2016, vol. 115, pp. 247–255. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.010>
23. ГОСТ Р 56378-2015. Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Требования к ремонтным смесям и адгезионным соединениям контактной зоны при восстановлении конструкций. Москва: Стандартинформ, 2015.
24. Huang-Shi Deng, He-Lin Fu, Yi-Bo Zhao, Yue Shi, Xianquan Huang. Using acoustic emission parameters to study damage and fracture characteristics of concrete with different pour intervals cold joints. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*. 2022, vol. 122, p. 103601. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2022.103601>
25. Huang-Shi Deng, He-Lin Fu, Wei Chen, Yi-Bo Zhao, Hai-Dong Yi. Study on deterioration, cracking mechanism and treatment measures of plain concrete lining with cold joints in high-speed railroad tunnel. *Case Studies in Construction Materials*. 2023, vol. 18.
26. ГОСТ Р 56587-2015. Смеси бетонные. Методы определения сроков схватывания (с Изменением № 1). Москва: Стандартинформ, 2016.
27. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Москва: Стандартинформ, 2013.

## References

1. Gvozdev A.A., Vasiliev A.P., Dmitriev S.A. Study of adhesion of new concrete with old concrete in joints of prefabricated reinforced concrete structures and working joints. Moscow: ONTI TSNIPI, 1936. (In Russian).
2. Zhitkevich N.A. Monolithicity of concrete structures. Saint Petersburg, 1905. (In Russian).
3. Berkati Cipta Zega, Hakas Prayuda, Fanny Monika, Fadillawaty Saleh and Dian Eksana Wibowo. Effects of cold joint and its direction on the compressive and flexural strength of concrete. *International Journal of GEOMATE*. 2021, vol. 20, issue 82, pp. 86–92.
4. J. Benjamin Alper, Cawsie Jijina. Mass concreting. *Structure magazine*. April 2018.
5. SP 70.13330.2012. Load-bearing and separating constructions. Updated version of SNiP 3.03.01-87. Moscow, 2012. (In Russian).
6. SP 435.1325800.2018. Monolithic constructions of concrete and reinforced concrete. Rules of production and acceptance of work. Moscow: Standartinform Publ., 2019. (In Russian).
7. State Standard 18105-2018. Concretes. Rules

- for control and assessment of strength. Moscow: Standartinform Publ., 2019. (In Russian).
8. State Standard 26633-2015. Heavy-weight and sand concretes. Specifications. Moscow: Standartinform Publ., 2019. (In Russian).
9. Ginzburg C.G. About the degree of shear strength of cement joint. *Hydrotechnical Construction*. 1946, no. 4. (In Russian).
10. Mikulskiy V.G., Igonin L.A. Cohesion and bonding of concrete in structures. Moscow: Stroyizdat Publ., 1965. (In Russian).
11. Khutoryansky M.S. Conditions of monolithicity of concrete and reinforced concrete structures. Kharkov: GONTI NKTP, 1938. (In Russian).
12. Gayan Buddhika Illangakoon, Shingo Asamoto, Anura Nanayakkara, Lam Nguyen Trong. Concrete cold joint formation in hot weather conditions. *Construction and Building Materials*. 2019, vol. 209, pp. 406–415. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.093>
13. He-Lin Fu, Huang-Shi Deng, Jiabing Zhang, Yue Shi, Xianquan Huang. Experimental analysis of influence of pouring interval on fracture performance of concrete structures with cold joints. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*. 2022, vol. 118, no. 8, 103289. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2022.103289>
14. Hyun-Min Yang, Han-Seung Lee, Keun-Hyeok Yang, Mohamed A. Ismail, Seung-Jun Kwon. Time and cold joint effect on chloride diffusion in concrete containing GGBFS under various loading conditions. *Construction and Building Materials*. 2018, vol. 167, no. 4, pp. 739–748. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.093>
15. İlknur Bekem Kara. Experimental Investigation of the Effect of Cold Joint on Strength and Durability of Concrete. *Arabian Journal for Science and Engineering*. 2021, vol. 46, no. 11, pp. 10397–10408. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13369-021-05400-5>
16. Li Z., Liu L., Yan S., Zhang M., Xia J., Xie Y. Effect of freeze-thaw cycles on mechanical and porosity properties of recycled construction waste mixtures. *Construction and Building Materials*. 2019, vol. 210, pp. 347–363. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.184>
17. Pedro Miguel Duarte Santos and Eduardo Nuno Brito Santos Júlio. Factors Affecting Bond between New and Old Concrete. *ACI Materials Journal*. 2011, vol. 108, no. 4, pp. 449–456.
18. Quraish Qusay Ali, Barış Erdil, Taha Mohammed Jassam. Critical cold joint angle in concrete. *Construction and Building Materials*. 2023, vol. 409. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133881>
19. Rathi V.R., Kolase P.K. Effect of cold joint on strength of concrete. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 2013, vol. 2, issue 9, pp. 4671–4679.
20. Tae-Ho Koh, Moon-Kyum Kim, Keun-Hyeok Yang, Yong-Sik Yoon, Seung-Jun Kwon. Service life evaluation of RC T-girder under carbonation considering cold joint and loading effects. *Construction and Building Materials*. 2019, vol. 226, pp. 106–116. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.106>
21. Torres A., Ramos-Cañón A., Prada-Sarmiento F., Botía-Díaz M. Mechanical behavior of concrete cold joints. *Revista Ingeniería de Construcción*. 2016, vol. 31, no. 3, pp. 151–162.
22. Yoo Sung-Won, Kwon Seung-Jun. Effects of cold joint and loading conditions on chloride diffusion in concrete containing GGBFS. *Construction and Building Materials*. 2016, vol. 115, pp. 247–255. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.010>
23. State Standard R 56378-2015. Materials and systems for the protection and repair of concrete structures. Requirements for products repair and bond connections for rehabilitation of structures. Moscow: Standartinform Publ., 2015. (In Russian).
24. Huang-Shi Deng, He-Lin Fu, Yi-Bo Zhao, Yue Shi, Xianquan Huang. Using acoustic emission parameters to study damage and fracture characteristics of concrete with different pour intervals cold joints. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*. 2022, vol. 122, p. 103601. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2022.103601>
25. Huang-Shi Deng, He-Lin Fu, Wei Chen, Yi-Bo Zhao, Hai-Dong Yi. Study on deterioration, cracking mechanism and treatment measures of plain concrete lining with cold joints in high-speed railroad tunnel. *Case Studies in Construction Materials*. 2023, vol. 18.
26. State Standard R 56587-2015. Concrete mixtures. Methods for determination of time of setting (with Change No. 1). Moscow: Standartinform Publ., 2016. (In Russian).
27. State Standard 10180-2012. Concretes. Methods for strength determination using reference specimens. Moscow: Standartinform Publ., 2013. (In Russian).

#### Информация об авторах / Information about the authors

**Вячеслав Рувимович Фаликман**, д-р материаловедения, канд. хим. наук, профессор, академик РИА, начальник центра № 20, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва  
e-mail: [vfalikman@yandex.ru](mailto:vfalikman@yandex.ru)

**Vyacheslav R. Falikman**, Dr. of materials, Cand. Sci. (Chem.), Professor, REA Full Member, Head of Center No. 20, Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow  
e-mail: [vfalikman@yandex.ru](mailto:vfalikman@yandex.ru)

**Алексей Валерьевич Анцибор**✉, инженер по качеству центра № 20, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ

«Строительство», Москва

e-mail: niigb7@mail.ru

**Alexey V. Antsibor**<sup>✉</sup>, Quality Engineer of Center No. 20, Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: niigb7@mail.ru

**Павел Николаевич Сиротин**, ведущий специалист центра № 20, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

e-mail: pn.sirotin@yandex.ru

**Pavel N. Sirotin**, Leading Specialist of Center No. 20, Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: pn.sirotin@yandex.ru

**Александр Викторович Сурков**, ведущий специалист центра № 20, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

e-mail: aleksandr\_surkov@inbox.ru

**Aleksandr V. Surkov**, Leading Specialist of Center No. 20, Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: aleksandr\_surkov@inbox.ru

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author