

## Список литературы

1 СНиП 2.05.03.84. Мосты и трубы. Госстрой СССР. – М. : АПП ЦИТП, 1985. – 200 с.

2 Клейн, Г. К. Расчет труб, уложенных в земле / Г. К. Клейн. – М. : Госстройиздат, 1957.

УДК 691.32 : 620.193/.199

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОРОЗНОЙ ДЕСТРУКЦИИ НА КАРБОНИЗАЦИЮ БЕТОНА

*С. В. ДАШКЕВИЧ*

*Дойче Бан Инженеринг & Консалтинг GmbH филиал Вильнюс*

*А. С. ЧУГУНОВА, А. А. ВАСИЛЬЕВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Одним из основных факторов, определяющих техническое состояние железобетонных водопропускных труб является карбонизация бетона, способствующая возникновению и развитию коррозионных процессов в стальной арматуре [1–3]. Однако, в условиях открытой атмосферы, значительное влияние на долговечность труб оказывает морозная деструкция. Ее влияние на карбонизацию оценивают только вероятностно, без исследования по сечению бетона и учета его состава [4, 5].

Исследования проводили на основании оценки распределения по сечению бетона карбонатной составляющей (показателя КС), поскольку именно он характеризует количественное содержание карбонатов в цементно-песчаной фракции бетона и его влияние на изменение показателя рН, являющегося основной количественной характеристикой перерождения цементного камня в карбонаты под воздействием внешней среды, и служащего универсальной характеристикой состояния бетона и его защитных свойств по отношению к стальной арматуре.

Были заформованы по 6 образцов (две серии № 1 и 2 по три образца) бетона (кубики сечением 100×100×100 мм) класса по прочности на сжатие С<sup>12</sup>/<sub>15</sub>. Для подбора составов бетона использовался многофакторный метод проф. В. В. Бабицкого. Составы бетона приведены в таблице 1.

Заформованные образцы набирали прочность в камере нормального твердения 28 суток.

Отбор проб и определение карбонатной составляющей выполняли по [1], в соответствии с разработанным экспресс-анализом определения показателя КС. Сверление осуществляли с двух противоположных сторон каждого куба.

Для каждой стороны получили кривые  $l$ -КС. На рисунке 1, *а* представлена усредненная кривая  $l$ -КС для трех образцов серии 1.

Таблица 1 – Состав бетона класса по прочности на сжатие  $C^{12}/15$

В/Ц	Осадка конуса, см	Состав смеси, кг/м <sup>3</sup>			
		Ц	П	Щ	В
0,866	2	237	832	1072	205

Поскольку абсолютные значения карбонизации бетона зависят от количества использованного цемента, а определенный класс бетона по прочности на сжатие можно получить различными составами (причем, значительным количеством составов), для объективной оценки карбонизации (не зависящей от количества цемента) ее определяли по показателю степени карбонизации (показателю СК, определяющему процент гидроксида кальция и гидратированных клинкерных материалов, перешедших в карбонаты на разной глубине бетона), предложенному автором [3].

На рисунке 1, *б* представлена усредненная кривая  $l$ -СК для трех образцов серии 1.

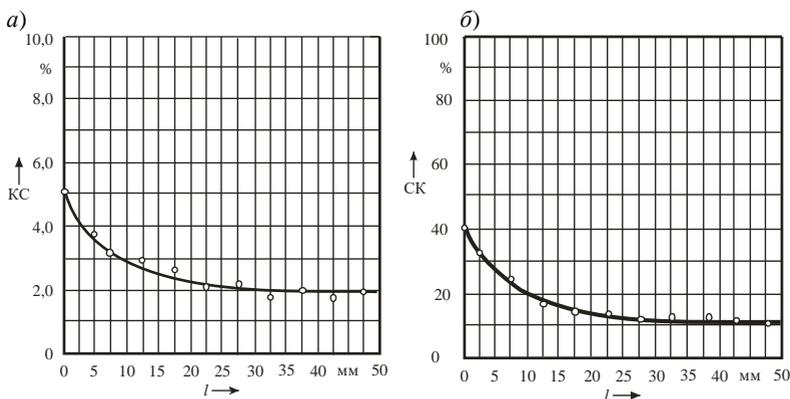


Рисунок 1 – Кривые изменения карбонизации по сечению бетона:  
*а* –  $l$ -КС; *б* –  $l$ -СК

Для оценки влияния морозной деструкции на карбонизацию бетона образцы (кубики) разделили на две группы по три штуки. После чего образцы группы 1 подвергли процессу попеременного замораживания, при температуре  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и оттаивания, при температуре  $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Время оттаивания в ванне с водой не менее 2,5 часов и замораживания в водонасыщенном состоянии не менее этого же времени, соответственно. Общее количество циклов составило – 75.

В этот же период, образцы серии 2 хранились в условиях лаборатории ( $t = 18 \pm 2$  °С;  $W = 45 \dots 55$  %). Срок хранения составил 180 суток.

По окончании эксперимента, в образцах серий 1 и 2 были отобраны пробы цементно-песчаной фракции по сечению кубиков (с двух противоположных граней) и определены показатели КС и СК.

Усредненные кривые  $l$ -СК для образцов серий 1 и 2 представлены на рисунке 2.

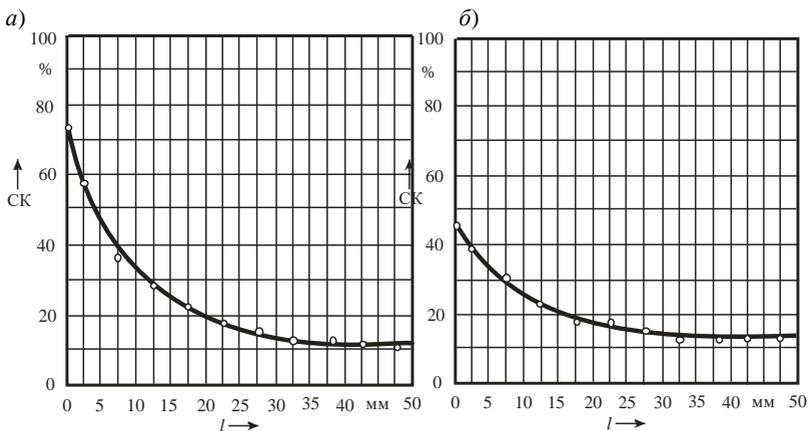


Рисунок 2 – Кривые  $l$ -СК изменения степени карбонизации по сечению бетона: а – серия 1; б – серия 2

Полученные зависимости показывают, что уже за 75 циклов морозная деструкция значительно увеличивает показатель степени карбонизации в поверхностных слоях и в поверхностном слое показатель СК после циклов замораживания-размораживания в процентном отношении выше на 47 % (с уменьшением по сечению бетона) по сравнению с бетоном образцов, хранившихся в лабораторных условиях.

Кроме того, полученные зависимости позволяют оценить состояние бетона по предложенным в [3] критериям оценки технического состояния железобетонных элементов и конструкций с учетом карбонизации бетона.

Так, после 75 циклов замораживания-оттаивания в поверхностном слое бетона СК = 73 %, что соответствует IV степени карбонизации бетона (деградации бетона высокой степени интенсивности). При хранении образцов в лабораторных условиях тот же период времени, в поверхностном слое бетона СК = 45 %, что соответствует III степени карбонизации бетона (деградации бетона средней степени интенсивности).

Проведенные исследования показывают, что морозная деструкция оказывает значительное влияние на скорость карбонизации бетона, и как следствие, долговечность железобетонных элементов ИССО.

#### Список литературы

- 1 **Васильев, А. А.** Карбонизация и оценка поврежденности железобетонных конструкций : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 263 с.
- 2 **Васильев, А. А.** Карбонизация бетона (оценка и прогнозирование) : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 303 с.
- 3 **Васильев, А. А.** Оценка и прогнозирование технического состояния железобетонных конструкций с учетом карбонизации бетона : [монография] / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 215 с.
- 4 **Бородай, Д. И.** Прогноз долговечности типовых железобетонных пролетных строений автодорожных мостов / Д. И. Бородай // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – Макеевка, 2011. – Вып. 87. – С. 169–176.
- 5 **Васильев, А. А.** К вопросу оценки влияния морозной деструкции на карбонизацию бетона / А. А. Васильев, А. А. Такунов, А. С. Чугунова // «European Scientific Conference» : сб. статей XV Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение». – 2019. – С. 59–62.

УДК 624.21/.8

### КЕРЧЕНСКИЙ ТРАНСПОРТНЫЙ ПЕРЕХОД

*П. Г. ДЕМИДОВ, А. М. КУКСО, М. Г. КОЗЛОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

**Историческая справка.** Предложения по строительству моста через Керченский пролив прорабатывались как минимум с начала XX века, а в 1944 году СССР возвел Керченский железнодорожный мост протяженностью 4,5 км. Однако запроектированный как временная конструкция и уязвимый в результате ошибок при проектировании и строительстве, мост был серьезно поврежден в конце февраля 1945 года льдом, нагнанным ветром из Азовского моря.

Предложение по восстановлению временного моста было отвергнуто, остатки мостового перехода разобраны, но в скором времени после разрушения моста, в 1947 году, началась проработка вариантов строительства новой переправы – постоянного мостового сооружения – вместо утраченного временного. Был запроектирован высоководный двухъярусный мост на два железнодорожных пути и две полосы для автотранспорта от Еникале до косы Чушка длиной 6 км и стоимостью сооружения 850 млн рублей по ценам 1945 года. Высота подмостового габарита на судоходном пролете предполагалась 40 м, максимальная глубина погружения свай – 55 м. Схема мо-