

Опыт определения прочности торкрет-бетона в конструкции бортового экрана карьера



**Кузнецов
Михаил
Сергеевич**

кандидат технических наук, доцент, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (УрФУ), Нижнетагильский технологический институт, Нижний Тагил, Российская Федерация

e-mail: kms.rf@rambler.ru



**Мальцева
Ольга
Васильевна**

начальник лаборатории, ООО «Проекция», Нижний Тагил, Российская Федерация

e-mail: omaltseva2009@rambler.ru

В статье рассмотрены проблемы, возникшие при определении качества возводимого бортового экрана карьерной выемки в связи с отсутствием специально изготовленных при торкретировании конструкции ориентировочной прочности торкрет-бетона в конструкции бортового экрана неразрушающими методами и определение прочности торкрет-бетона на образцах малого размера, отобранных из конструкции. Определена возможность сделать заключение о качестве торкрет-бетонного экрана, о его гидроизоляционных свойствах, при получении показателей прочности бетона на отдельных участках.

Ключевые слова: карьерная выемка, бортовой экран, торкрет-бетон, прочность бетона, адгезия бетона с основанием, гидротехнические свойства монолитной конструкции.

Kuznetsov M. S., Maltseva O. V.

Evaluation experience of shotcrete quality used in the pit's concrete side wall structure

The article addresses the quality measurement problems of a concrete side wall built in a borrow cut since no concrete samples have been taken during shotcreting of the structure. The possibility of determining the approximate strength of shotcrete by non-destructive methods has been studied. Rather than its strength, the other quality indicators of the built concrete structure have been measured. An opportunity was found to draw a conclusion about the quality of the shotcrete wall from its waterproofing capability where the concrete strength values are of just a reference importance.

Keywords: borrow cut, side screen, shotcrete, concrete strength; adhesion of concrete to the base, hydraulic properties of a monolithic structure.

Введение

В настоящее время при бетонировании конструкций торкретированием для контроля прочности торкрет-бетона по нормативным документам [21] определен только один метод определения прочности. Он заключается в измерении минимальных усилий, разрушающих выбуренные или выпиленные из контрольной плиты образцы бетона при их статическом нагружении с постоянной скоростью роста нагрузки по базовой схеме по ГОСТ 10180, и с последующим вычислением напряжений при этих усилиях в предположении упругой работы материала. Контрольные образцы-плиты размером не менее $1000 \times 1000 \times 100$ мм должны быть изготовлены по технологии торкретирования. Размеры контрольных плит должны обеспечивать отбор из них выпиливанием или бурением необходимого количества контрольных образцов с размерами не менее $100 \times 100 \times 100$ мм с отступлением от края плиты не менее 125 мм. В технических условиях указана также возможность изготовления образцов бетона из готовых конструкций при условии, что габариты конструкции обеспечат необходимые размеры образцов.

Несмотря на то, что бетонирование торкретированием используется широко с 1930-х гг., взгляд на метод контроля прочности этого бетона не изменился и до наших дней. Многие авторы рассматривали технологии, виды оборудования торкрет-бетонов при строительстве различных сооружений, при ремонтах конструкций. П. И. Глужке изучал торкретирование еще в 1930-х гг. Н. А. Агрызков рассматривал производство торкретных работ при строительстве гидроэлектростанций в 1950-х гг. [1]. А в 1960-х гг. Н. А. Агрызков с Н. Н. Артюховым изучают прочность сцепления торкрета с каменными материалами [2]. В. Е. Захарченко рассматривает торкретирование железобетонных резервуаров [7]. В 1980-х гг. Ф. М. Пиковский с Ф. И. Азимовым собирают опыт применения виброэжекционной торкрет-машины в строительстве [14]. М. Н. Марчуков в 1990-х гг. издает труды по мелкозернистым бетонам «мокрого» торкретирования, по возведению малоэтажных зданий [12].

В наше время торкретирование считается одной из современных технологий укладки бетона, необходимой при возведении некоторых видов сооружений. Однако при разработках в разное

время различных нормативных документов на торкрет-бетон [6; 16; 21] указывается один метод определения прочности бетона с изготовлением торкретированием контрольных плит бетона толщиной не менее 100 мм. Исследованием способов изготовления контрольных образцов торкрет-бетона, шприц-бетона и пневмобетона занимались М. Б. Поспелов и И. Б. Совалов [15]. Но и в данной работе рассматривался только способ изготовления контрольных плит из торкрет-бетона нормированного размера. Способ определения прочности бетона оставался прежним.

Авторами данной статьи рассмотрено определение прочности торкрет-бетона в конструкции иными методами: методом неразрушающего действия и разрушающим методом с использованием образцов бетона малых размеров, менее 100 мм. Данные методы используются для определения прочности обычного тяжелого бетона в монолитных конструкциях.

Работа проведена практически при обследовании строящегося внутреннего склада на Шемурском карьере в Ивдельском районе Свердловской области. Во время бетонирования противофильтрационного бортового экрана торкретированием встал вопрос определения прочности бетона в конструкции.

Проблема заключалась в том, что при бетонировании конструкции не были выполнены специально заторкретированные участки для отбора образцов бетона нужного размера и испытания его на прочность при сжатии. При этом сама конструкция бортового экрана имела толщину всего 50 мм, в связи с чем отбор образцов бетона из нее нормируемым размером, не менее 100 мм, был невозможен.

Специальное торкретирование участков утолщения было необходимо из-за особой технологии приготовления бетонной смеси для торкретирования и особой технологии бетонирования — возведение конструкции способом воздушного распыления бетонной смеси под давлением.

Торкрет-бетон обладает всеми характеристиками тяжелого бетона, причем особое уплотнение его структуры при укладке под давлением обеспечивает высокие показатели его по прочности на сжатие и на растяжение при изгибе, значительную водонепроницаемость. Кроме того, в зависимости от условий эксплуатации конструкции торкрет-бетон нормируется любыми марками по морозостойкости при испытании, как в пресной воде, так и в соленом растворе.

Для возведения конструкции бортового противофильтрационного экрана был запроктирован торкрет-бетон класса не менее В30 F300 W8 с гидроизолирующими добавками с последующим покрытием бетона полимерным составом «Эповин» (производитель ООО «СК Пальмира», г. С.-Петербург) с помощью пневмопистолета или валиков.

Конструкция бортового экрана должна была обеспечить и крепление откосов отработанного пространства Шемурского карьера, и гидроизолирующую складирования в него слабоминерализованной породы серноколчеданной руды и серноколчеданной руды сульфидизатор в объеме 2650 тыс. м³ по мере отработки Ново-Шемурского месторождения. Кроме того, в донной части карьера предусматривалось устройство полимерной геомембраны, которое включало в себя:

- устройство основания из однородного грунта, протравленного гербицидами, толщиной 50 см;
- укладку пленки ПЭНД толщиной 3,0 мм с частичным укрытием уступа на высоту 2 м;
- устройство защитного слоя из рыхлой вскрыши и щебня, толщиной 40 и 10 см соответственно.

Противофильтрационные экраны должны были обеспечить защиту скал и природы от складированных пород, которые относятся к третьему классу опасности.

Общий объем бетонирования составлял 23850 м³, в том числе площадь автосъездов в карьере — 7200 м².

По окончании бетонирования и выполнения гидроизоляционных работ на первой полосе высотой 3 м, перед тем, как карьер заполнить первым слоем горной массы, было решено подтвердить качество устраиваемого бортового противофильтрационного экрана определением прочности бетона. Торкретирование экрана велось мокрым методом, т. е. методом пневматического распыления, при котором затворненная бетонная смесь посредством специального бетононасоса подается к сопловому блоку для непрерывного набрызга под давлением в виде направленной струи. На данном объекте использовалась не специально подобранная для торкрет-бетона бетонная смесь, а готовая бетонная смесь для обычного тяжелого бетона БСТ В30 F300 W8 марки по пластичности П4 заводского изготовления.

Для получения торкрет-бетона с заданными марками по морозостойкости и водонепроницаемости бетонную смесь необходимо приготавливать на низкоалюминатных цементах с нормируемым минералогическим составом с содержанием $C_3A \leq 7\%$ и $(C_3A + C_4A F) \leq 20\%$. В качестве мелкого заполнителя для торкрет-бетона следует использовать плотный песок, удовлетворяющий нормативным требованиям ГОСТ 8736 и имеющий модуль крупности не менее 2,0. В качестве крупного заполнителя для торкрет-бетона следует применять щебень или щебень из гравия, удовлетворяющий нормативным требованиям ГОСТ-8267, с максимальным размером зерен крупного заполнителя для конструкции толщиной до 50 мм не более 10 мм. Кроме того, для обеспечения заданных свойств торкрет-бетона рекомендуется использовать добавки. Наиболее распространенными добавками в данные виды бетона служат различные виды фибры и минеральные добавки, такие как:

- металлическая волновая фибра длиной от 10 до 20 мм с диаметром проволоки 0,20–0,30 мм, шагом гофры 0,8 мм и ее высотой 2,0 мм, с временным сопротивлением разрыву проволоки — не менее 2200 Н/мм², с покрытием проволоки латунью толщиной 0,2–0,3 мкм;
- полипропиленовая фибра диаметром 20 мкм, длиной 6, 12 и 18 мм, с прочностью на разрыв 350 МПа;
- микрокремнезем МК-80 по ТУ 7-249533-01-90;
- кальмафлекс по ТУ 5716-001-18332866-03.

В торкрет-бетон для достижения необходимых характеристик могут вводиться и химические добавки, соответствующие требованиям ГОСТ 24211.

При возведении бортового экрана получаемая на заводе бетонная смесь приготавливалась на мелком щебне фракции 5–10 мм и с добавкой суперпластификатора «Технокол». Смесь доставлялась на объект в автобетоносмесителях емкостью 6–8 м³. На борту карьера она выгружалась в автобетоносмеситель с емкостью 9 м³, который доставлял ее в карьер, обеспечивая защиту смеси от внешних атмосферных осадков и поддерживая ее в рабочем состоянии. По мере необходимости автобетоносмеситель выгружал бетонную смесь в торкрет-установку «Aliva-237» или «СО-50 ПНБ». Для обеспечения повышенных гидроизоляционных свойств торкрет-бетона на строительной площадке в готовую бетонную смесь вводилась химическая добавка. В приемный бункер торкрет-установки через дозирующий насос для жидких добавок «Aliva-403.3» добавлялся пенетрон (из расчета 4 кг на 1 м³ бетонной смеси). С помощью компрессора по рукавам смесь подавалась из торкрет-установки на сопло и далее наносилась на обрабатываемую поверхность рабочим.

В паспортах качества бетонной смеси, получаемой с завода, были указаны гарантированные характеристики бетона, которые обеспечивала данная бетонная смесь при ее нормальном твердении и обычном уплотнении вибраци-

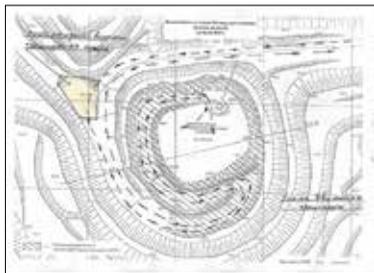


Иллюстрация 1. Схема расположения участков определения прочности бетона бортового экрана на карьерном поле. Проект производства работ укрепления откосов и съезда на карьере Шемурского месторождения. Графическая часть, схема движения транспорта. 2018 г.



Иллюстрация 2. Протечки через торкрет-бетонный бортовой экран карьерной выемки. Фото С. В. Кузнецова. 2018 г.

ей или штыкованием, что допускается при марке по удобоукладываемости П4 по ГОСТ 7473. В данном случае бетон обеспечивал бы класс по прочности В30, морозостойкость F300 и водонепроницаемость W8. При возведении бортового экрана торкретированием состав бетонной смеси менялся добавлением в нее воды и добавки пенетрона. Кроме того, изменялась технология укладки бетонной смеси: вместо виброуплотнения использовалось распыление по поверхности основания под давлением. Все это должно было изменить и характеристики полученного бетона в конструкции торкрет-бетонного борта.

Качество полученного торкрет-бетона в конструкции бортового экрана определяется несколькими показателями: пределом прочности при сжатии, пределом прочности при изгибе, адгезионной прочностью, плотностью, водопоглощением, морозостойкостью и водонепроницаемостью. Данные показатели определяют испытанием образцов, отбираемых либо из монолитного торкрет-бетона по месту его укладки, либо из контрольной торкрет-бетонной плиты. Перед авторами статьи стояла задача определения прочности на сжатие торкрет-бетона конструкции бортового экрана. Отсутствие специально заторкретированных участков либо контрольных плит делает невозможным определение прочности бетона по нормативам для торкрет-бетона [21] выпиливанием для испытаний образцов разме-

ром не менее 100 мм. Авторами статьи были рассмотрены и определены методы определения прочности бетона в обычных тонкостенных конструкциях и применены данные методы для торкрет-бетона бортового экрана.

Согласно ГОСТ-18105, при возведении монолитных бетонных и железобетонных конструкций контроль прочности бетона проводят неразрушающими методами. Однако при этом минимальная толщина монолитной конструкции для каждого метода регламентируется. Для определения прочности бетона на конструкциях толщиной не менее 50 мм, согласно ГОСТ-22690, может использоваться только ударно-импульсный метод. На строящемся объекте проведены испытания данным методом.

В задании на определение прочности бетона неразрушающим ударно-импульсным методом места, в которых должны были проходить испытания, и их количество (14 шт.) были указаны заказчиком. Схема расположения участков определения прочности бетона на полосе бортового экрана карьера представлена на Иллюстрации 1.

Предварительно была проведена подготовка поверхности участков торкрет-бетона к испытанию по ГОСТ-22690. Была выполнена зачистка поверхности площадью диаметра около 150 мм с помощью шлифовальной машины. При шлифовке бетона в его структуре выявились некоторые раковины и каверны. Кроме того, при испытании прибором ударно-импульсного метода при выполнении ударов по бетонной конструкции на слух определялся глухой звук (бухтение), что говорило об отсутствии адгезии бетона к основанию либо об отслаивании бетона по толщине конструкции.

Торкрет-бетон должен иметь прочность сцепления с основанием, на которое наносится. Согласно [6], адгезия конструкционного торкрет-бетона к скальному грунту должна быть не менее 0,5 МПа, а для слабых и сильно трещиноватых пород в основании сила сцепления торкрет-бетона должна быть не менее сопротивления самого грунта на растяжение «в куске».

Хорошая адгезия торкрет-бетона к основанию достигается предварительной подготовкой основания: вручную с визуальной оценкой должен производиться опуск породы, не закрепленной с массивом забоя (при необходимости с использованием автовышки); каждые 2–3 м² поверхности должны продуваться струей чистого воздуха, поступающего из торкрет-машины, и смачиваться водой. Торкретирование откосов должно производиться деланками с разбив-

кой поверхности на полосы высотой 3 м. Торкрет-бетон должен наноситься сверху вниз. Кроме того, на данном объекте предусматривалось при необходимости использование краноманипулятора для торкретирования на высоте более 2 м от горизонтальной поверхности. При пологих откосах необходимо было тщательно удалять отскоки с нижележащей поверхности при нанесении последующих слоев.

В связи с плохой адгезией торкрет-бетона к основанию авторы предложили произвести отбор образцов-плит из бетона бортового экрана. Производилось простукиванием бетонного экрана молотком, на слух, были выбраны участки для отбора бетонных плит из конструкции. При измерении толщины образцов выяснилось, что толщина торкрет-бетонного покрытия варьируется от 15 мм (на участке № 14) до 50 мм (на участке № 4). Так как толщина бетонной конструкции по результатам замеров оказалась не гарантирована в местах определения прочности, то это явилось доказательством невозможности определения прочности торкрет-бетона ударно-импульсным методом непосредственно в конструкции данного экрана.

Нормируемая толщина конструкции из торкрет-бетона должна обеспечиваться расположением сопла перпендикулярно к обрабатываемой поверхности на расстоянии от 0,9 до 1 м от поверхности с операционным контролем толщины покрытия.

В дальнейшем для определения прочности торкрет-бетона использовалась бетонная плита размером 300 × 300 × 50 мм, вырезанная на участке № 4.

Качество поверхности образца со стороны основания (ровность, отсутствие наплывов и раковин) и толщина образца соответствовали требованиям, предъявляемым при испытании на прочность ударно-импульсным методом неразрушающего действия. Определение прочности торкрет-бетона в данном случае производилось без построения градуировочной зависимости показателей прибора к прочности бетона испытанных образцов, без привязки универсальной градуировочной зависимости, установленной в приборе, к конкретным условиям через коэффициент совпадения. При испытаниях были получены ориентировочные значения прочности, которые приведены в Таблице 1. Ориентировочные значения прочности бетона показали значения, почти в 2 раза меньшие проектных прочностей.

Вторым методом определения прочности бетона бортового экрана,

Таблица 1

№ уч.	Ориентировочное значение прочности бетона, МПа		Коэффициент вариации между показаниями, %	Ориентировочное значение фактического класса бетона по прочности
	на участке	средняя		
1	18,1	19,8	5,7	Вф 15,8
2	20,6			
3	21,2			
4	18,0			
5	19,8			
6	18,9			
7	20,9			
8	21,1			

Таблица 2

№ образца	Прочность бетона с учетом масштабного коэффициента, МПа	
	образца	средняя
1	18,3	16,3
2	15,6	
3	18,0	
4	12,5	
5	17,1	

которое авторы рассмотрели и провели, явилось измерение минимальных усилий, разрушающих выбуренные из отобранной плиты образцы бетона при их статическом нагружении с постоянной скоростью роста нагрузки по базовой схеме ГОСТ-10180, и с последующим вычислением напряжений при этих усилиях в предположении упругой работы материала. Согласно ГОСТ-28570, допускается испытывать образцы-цилиндры диаметром и высотой не более 70 мм, но не менее трехкратного размера крупного заполнителя. Из бетонной плиты для испытания на прессе были выбурены 5 образцов-цилиндров диаметром и высотой 50 мм и испытаны на прессе. Результаты испытаний приведены в Таблице 2.

Разными методами были получены сравнимые между собой результаты, которые показали значительное отклонение прочности бетона от проектного значения в меньшую сторону.

Кроме того, важно учитывать, что прочность в конструкции определялась на отдельном участке. Для всего бортового экрана прочность в конструкции будет неоднородна. При оценке прочности бетона во всей конструкции необходимо предварительно оценить визуально наличие дефектов структуры бетона. Неплотная структура с кавернами, раковинами и трещинами резко снижает прочность бетона и отрицает гидроизоляционные свойства бортового экрана.

Кроме вышеперечисленных дефектов по полосе экрана отмечены следы протекания воды сквозь бетонный бортовой экран (Иллюстрация 2). Рыжий цвет протечек говорит о кислой среде проникающей жидкости.

Бортовой экран из торкрет-бетона с высокими показателями прочности и водонепроницаемости, с хорошей адгезией к породе на откосе отвала, должен был обеспечить гарантированную защиту природы от кислотных растворов, возникающих от соединения с водой хранимого в карьере серного колчедана. Данная конструкция возводимого экрана не показала своих водонепроницаемых свойств.

Заключение

Несмотря на то, что определение прочности торкрет-бетона в возведенной части конструкции бортового экрана

было невозможно по нормативной методике для торкрет-бетонов из-за отсутствия специально изготовленных образцов бетона, прочность бетона в конструкции была определена с применением иных методов, которые используются для обычных бетонов в монолитных конструкциях. В работе использовался неразрушающий ударно-импульсный метод определения прочности в конструкции и разрушающий метод отбора из конструкции серии образцов малых размеров, менее 70 мм. Полученные результаты при испытаниях показали идентичные значения прочности. Данные методы, распространенные на область торкрет-бетона, позволили сделать общее заключение о прочности бетона и качестве возводимой конструкции бортового экрана. Возможно, в нормативные документы на торкрет-бетон необходимо включить и иные методы определения прочности бетона.

Список использованной литературы

- [1] Агрызков Н. А. Торкретные работы на строительстве гидроэлектростанции. — М., Л.: Гидроэнергоиздат, 1953. — 119 с.
- [2] Агрызков Н. А., Артюхов Н. Н. Сцепление торкрета с каменными материалами // Сб. тр. Ин-та инженеров ж/д транспорта. — 1957. — Вып. 8. — С. 171–181.
- [3] Азимов Ф. И., Азимов Ю. И. Торкретирование и торкретные работы: учеб. пособие. — Казань: Изд-во КФЭИ, 1999. — 64 с.
- [4] Антонов В. И. Торкретирование резервуаров установкой Н. С. Моргунова // Шахтное строительство. — 1987. — № 6. — С. 26.
- [5] Андцибор А. В., Фаликман В. Р., Бруссер М. И. Оценка прочности мелкозернистых бетонов и строительных растворов в тонкослойных и тонкостенных конструкциях // Промышленное и гражданское строительство. — 2022. — № 3. — С. 25–30.
- [6] ВСН 126–90 Крепление выработок набрызг-бетоном и анкерами при строительстве транспортных тоннелей и метрополитенов / Министерство транспортного строительства СССР. — М.: Стандартинформ, 1991. — 136 с.
- [7] Захарченко В. Е. Торкретирование железобетонных резервуаров // Строительство трубопроводов. — М., 1961. — № 10. — С. 20–22.
- [8] Кантор И. Я., Войтович С. А. Бетонирование сводов, оболочек способом мокрого торкретирования // Транспортное строительство. — 1964. — № 1. — С. 29–31.
- [9] Карамышев М. И. Современный уровень технологии и механизации набрызг-бетонных работ в строительстве тоннелей // Обзорная информация. Серия «Технология строительного-монтажных работ». — 1990. — Вып. 1. — 51 с.
- [10] Копылов И. А. Применение торкрет-бетона в современном строительстве // Технология бетонов. — 2017. — № 1–2. — С. 13–15.
- [11] Марчуков М. Н. Мелкозернистые бетоны, укладываемые методом «мокрого» торкретирования // Бетон и железобетон. — 1993. — № 10. — С. 24–26.
- [12] Марчуков М. Н., Блажко В. П., Колинченко Н. Н. Возведение малоэтажных зданий методом «мокрого» торкретирования // Энергетическое строительство. — 1992. — № 6. — С. 65–68.
- [13] Песков А. И., Адрианов Ю. А. Защита и укрепление откосов скальных выемок. — М.: Транспорт, 1970. — 96 с.
- [14] Пиковский Ф. М., Азимов Ф. И. Опыт применения виброэжекционной торкрет-машины в строительстве // Транспортное строительство. — 1977. — № 7. — С. 18–20.

- [15] Поспелов М. Б., Совалов И. Б. Способы изготовления контрольных образцов торкрет-бетона, шприц-бетона и пневмобетона // Совершенствование технологии бетонных и железобетонных работ: сб. ст. / ЦНИИОМТП-ЦБТИ. — М.: Стройиздат, 1968. — С. 55–58.
- [16] Руководство по применению торкрет-бетона при возведении, ремонте и восстановлении строительных конструкций зданий и сооружений / ОАО «ЦНИИ-Промзданий». — М., 2007. — 31 с.
- [17] Симонов М. З., Саркисян Р. О. Торкрет-бетон и применение его в тонкостенных изделиях. — М.: Госстройиздат, 1962. — 53 с.
- [18] Современный уровень технологии и механизации набрызг-бетонных работ в строительстве тоннелей / [Инж. М. И. Карамышев]. — Вып. 1. — М.: ВНИИИТ-ПИ, 1990. — 50 с.
- [19] Солодов А. М. Безопалубочное бетонирование при сооружении горных выработок: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 20.05.1963. — М., 1963. — 16 с.
- [20] Степанов Ф. И. Строительство резервуаров методом торкретирования // Строитель. — 1966. — № 1. — С. 20–21.
- [21] ТУ 5745-001-16216892-06. Торкрет-бетон. Технические условия / ЗАО «Служба защиты сооружений». — М., 2006. — 10 с.
- [22] Moran T. W. The use of gunite as a structural material // A survey of developments, 1930–1955. — 1956. — Vol. 34, № 2. — P. 37–55.
- [23] Reading G. Sanierung mit dem Betonspritzverfahren // BD Baumaschinend-inst. — 1980. — № 8. — P. 662–663.
- [24] Rotter E. Spritzbeton und seine praktische Anwendung im untergebau // Berg- und. Hüttenmännische Monatshefte. — 1961. — Vol. 5/6. — P. 152–166.
- [10] Kopylov I. A. Primenenie torkret-betona v sovremennom stroitel'stve // Tekhnologiya betonov. — 2017. — № 1–2. — S. 13–15.
- [11] Marchukov M. N. Melkozernistye betony, ukladyvaemye metodom «mokrogo» torkretirovaniya // Beton i zhelezobeton. — 1993. — № 10. — S. 24–26.
- [12] Marchukov M. N., Blazhko V. P., Kolinchenko N. N. Vozvedenie maloetazhnykh zdaniy metodom «mokrogo» torkretirovaniya // Energeticheskoe stroitel'stvo. — 1992. — № 6. — S. 65–68.
- [13] Peskov A. I., Adrianov YU. A. Zashchita i ukreplenie otkosov skal'nykh vyemok. — М.: Transport, 1970. — 96 с.
- [14] Pikovskij F. M., Azimov F. I. Opyt primeneniya vibrozhektionnoy torkret-mashiny v stroitel'stve // Transportnoe stroitel'stvo. — 1977. — № 7. — С. 18–20.
- [15] Pospelov M. B., Sovalov I. B. Sposoby izgotovleniya kontrol'nykh obrazcov torkret-betona, shpric-betona i pnevmobetona // Sovershenstvovanie tekhnologii betonnykh i zhelezobetonnykh rabot: sb. st. / ЦНИИОМТП-ЦБТИ. — М.: Strojizdat, 1968. — С. 55–58.
- [16] Rukovodstvo po primeneniyu torkret-betona pri vozvedenii, remonte i vosstanovlenii stroitel'nykh konstrukcij zdaniy i sooruzhenij / ОАО «ЦНИИПромзданий». — М., 2007. — 31 с.
- [17] Simonov M. Z., Sarkisyan R. O. Torkret-beton i primenenie ego v tonkostennykh izdeliyah. — М.: Gosstrojizdat, 1962. — 53 с.
- [18] Sovremennyy uroven' tekhnologii i mekhanizatsii nabryzg-betonnykh rabot v stroitel'stve tonnelej / [Inzh. M. I. Karamyshev]. — Vyp. 1. — М.: VNIINTPI, 1990. — 50 с.
- [19] Solodov A. M. Bezopalubochnoe betonirovanie pri sooruzhenii gornyy vyrobotok: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 20.05.1963. — М., 1963. — 16 с.
- [20] Stepanov F. I. Stroitel'stvo rezervuarov metodom torkretirovaniya // Stroitel'. — 1966. — № 1. — С. 20–21.
- [21] ТУ 5745-001-16216892-06. Торкрет-бетон. Технические условия / ЗАО «Служба защиты сооружений». — М., 2006. — 10 с.
- [22] Moran T. W. The use of gunite as a structural material // A survey of developments, 1930–1955. — 1956. — Vol. 34, № 2. — P. 37–55.
- [23] Reading G. Sanierung mit dem Betonspritzverfahren // BD Baumaschinend-inst. — 1980. — № 8. — P. 662–663.
- [24] Rotter E. Spritzbeton und seine praktische Anwendung im untergebau // Berg- und. Hüttenmännische Monatshefte. — 1961. — Vol. 5/6. — P. 152–166.

References

- [1] Agryzkov H. A. Torkretnye raboty na stroitel'stve gidroelektrostancii. — М.; Л.: Gidroenergoizdat, 1953. — 119 s.
- [2] Agryzkov H. A., Artyuhov N. N. Scephlenie torkreta s kamennymi materialami // Sb. tr. In-ta inzhenerov zh/d transporta. — 1957. — Vyp. 8. — S. 171–181.
- [3] Azimov F. I., Azimov Yu. I. Torkretirovanie i torkretnye raboty: ucheb. posobie. — Kazan': Izd-vo KFEI, 1999. — 64 s.
- [4] Antonov V. I. Torkretirovanie rezervuarov ustanovkoj N. S. Morgunova // Shahtnoe stroitel'stvo. — 1987. — № 6. — S. 26.
- [5] Ancibor A. V., Falikman V. R., Brusser M. I. Ocenka prochnosti melkozernistykh betonov i stroitel'nykh rastvorov v tonkoslojnykh i tonkostennykh konstrukciyakh // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. — 2022. — № 3. — S. 25–30.
- [6] VSN 126–90 Kreplenie vyrobotok nabryzg-betonom i ankerami pri stroitel'stve transportnykh tonnelej i metropolitenov / Ministerstvo transportnogo stroitel'stva SSSR. — М.: Standartinform, 1991. — 136 s.
- [7] Zaharchenko V. E. Torkretirovanie zhelezobetonnykh rezervuarov // Stroitel'stvo truboprovodov. — М., 1961. — № 10. — S. 20–22.
- [8] Kantor I. Ya., Vojtovich S. A. Betonirovanie svodov, obolochek sposobom mokrogo torkretirovaniya // Transportnoe stroitel'stvo. — 1964. — № 1. — S. 29–31.
- [9] Karamyshev M. I. Sovremennyy uroven' tekhnologii i mekhanizatsii nabryzg-betonnykh rabot v stroitel'stve tonnelej // Obzornaya informatsiya. Seriya «Tekhnologiya stroitel'no-montazhnykh rabot». — 1990. — Vyp. 1. — 51 s.

Статья поступила в редакцию 07.10.2022.
Опубликована 30.03.2023.

Kuznetsov Mikhail S.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (UrFU), Nizhny Tagil Technological Institute (Branch), Nizhny Tagil, Russian Federation
e-mail: kms.rf@rambler.ru

Maltseva Olga V.

Lab Head, Projection LLC, Nizhny Tagil, Russian Federation
e-mail: omaltseva2009@rambler.ru