

УДК 624–2/–9

[https://doi.org/10.37538/0005–9889–2025–6\(631\)–43–55](https://doi.org/10.37538/0005–9889–2025–6(631)–43–55)**Т.А. ИВАНОВА, А.Д. ЖУКОВ**[✉]

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»,
улица им. Калинина, д. 13, г. Краснодар, 350044, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ НЕСУЩЕГО СЛОЯ ТОРКРЕТБЕТОНА НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация

Введение. В статье рассматривается зарубежный опыт применения торкретбетона в строительной отрасли. Произведен анализ по подбору состава, технологии нанесения торкретбетонной смеси. Описана разработка и производство форм для изготовления образцов. Выполнено изготовление образцов с выбранной технологией «мокрого» торкретирования. Экспериментальные исследования проводились в два этапа: на первом этапе произведено изготовление индивидуальной опалубки с применением аддитивных технологий; на втором – испытание экспериментальных образцов и анализ результатов произведены согласно действующим нормам. Анализ результатов представлен в табличной и графической формах. Выявлена эффективная толщина несущего слоя из торкретбетона для возведения инженерных сооружений.

Цель. Разработать съемную опалубку для проведения экспериментальных исследований толщины несущего слоя торкретбетона и изучить его влияние на прочностные характеристики несущих конструкций.

Материалы и методы. Экспериментальное исследование проведено в лабораторных условиях с применением аттестованного оборудования согласно существующим нормативным документам.

Результаты. Была разработана конструкция разборной опалубки для создания лабораторных образцов с различной толщиной несущего слоя торкретбетона, подобрана рецептура торкретбетонной смеси. По результатам выполнено сравнение прочности образцов торкретбетона с различной толщиной. Установлена толщина несущего слоя для инженерных сооружений, также даны рекомендации применения толщины слоя торкретбетона для футеровок, инженерных сооружений, гражданских зданий.

Выводы. Предложена конструкция разборной опалубки для экспериментальных образцов. При проведении испытаний учитывался опыт применения торкрет-

бетона в строительстве. Анализ экспериментальных данных показал схожесть работы торкретбетона с обычным бетоном, что подтверждено результатами испытаний 18-ти образцов торкретбетона с различной толщиной и соответствует действующим нормам. С учетом проведенных рецептурных исследований необходимо провести дополнительные испытания для фиброторкретбетонов.

Ключевые слова: торкретбетон, испытание разрушающим контролем, контрольные образцы, технология мокрого торкретирования, осевая прочность торкретбетона, съемная опалубка, аддитивные технологии, 3D-моделирование, опытные образцы

Для цитирования: Иванова Т.А., Жуков А.Д. Влияние толщины несущего слоя торкретбетона на прочностные характеристики несущих конструкций // *Бетон и железобетон*. 2025. № 6 (631). С. 43–55. DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2025-6\(631\)-43-55](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2025-6(631)-43-55). EDN: FQKW RG.

Вклад авторов

Иванова Т.А. – разработка рецептуры, подбор составов, написание и редактирование статьи.

Жуков А.Д. – разработка и изготовление съемной опалубки, изготовление бетонной смеси, изготовление образцов, проведение лабораторного контроля, написание статьи.

Финансирование

Исследование выполнено за счет собственных средств авторов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 06.10.2025

Поступила после рецензирования 10.11.2025

Принята к публикации 13.11.2025

T.A. IVANOVA, A.D. ZHUKOV✉

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin", Kalinin str., 13, Krasnodar, 350044, Russian Federation

THE EFFECT OF THE THICKNESS OF THE LOAD—BEARING LAYER OF SHOTCRETE ON THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF LOAD—BEARING STRUCTURES

Abstract

Introduction. This article examines international experience with shotcrete application in the construction industry. An analysis of the composition and application technology of the shotcrete mixture is provided. The development and production of molds for sample preparation is described. Samples were manufactured using the selected technology of wet shotcrete. The experimental studies were conducted in two stages: in the first stage, custom formwork was manufactured using additive technologies. In the second stage, testing of the experimental samples and analysis of the results were conducted in accordance with current regulations. The analysis of the results is presented in tabular and graphical formats. The effective thickness of the shotcrete load-bearing layer for the construction of engineering structures is determined.

Aim. To develop removable formwork for experimental studies of the thickness of the shotcrete load-bearing layer and study its effect on the strength properties of load-bearing structures.

Materials and methods. The experimental study was conducted in laboratory conditions using certified equipment in accordance with existing regulatory documents.

Results. A collapsible formwork design was developed for the laboratory samples with varying thicknesses of the shotcrete bearing layer creation, and a shotcrete mix formulation was selected. Based on the results, the strength of shotcrete samples with different thicknesses was compared. The bearing layer thickness for engineering structures was determined, and recommendations for the appropriate shotcrete layer thickness for linings, engineering structures, and civil buildings were provided.

Conclusions. A collapsible formwork design for experimental samples was proposed. The experience of the shotcrete application in construction was taken into account during testing. Analysis of the experimental data showed that shotcrete performs similarly to conventional concrete, as confirmed by test results on 18 shotcrete samples with varying thicknesses and complies with current standards. Taking into account the formulation studies conducted, additional testing is necessary for fiber-reinforced shotcrete.

Keywords: shotcrete, destructive testing, control samples, wet shotcrete technology, axial strength of shotcrete, removable formwork, additive technologies, 3D modeling, prototypes

For citation: Ivanova T.A., Zhukov A.D. The effect of the thickness of the load-bearing layer of shotcrete on the strength characteristics of load-bearing structures. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2025, no. 6 (631), pp. 43–55. (In Russian). DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2025-6\(631\)-43-55](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2025-6(631)-43-55). EDN: FQKWRG.

Authors contribution statement

Ivanova T.A. – formulation development, composition selection, article writing and editing.

Zhukov A.D. – formwork development and fabrication, concrete mixing, samples preparation, laboratory testing, article writing.

Funding

The study was funded by the authors.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 06.10.2025

Revised 10.11.2025

Accepted 13.11.2025

Введение

Зарубежный опыт торкретирования начинается с изобретения Карлом Эйкли технологии «сухого» торкретирования. Первоначально она использовалась для нанесения штукатурки на фасады здания для их восстановления, но после того как применили добавление цементирующих материалов на различные подложки, границы торкретирования расширились и нашли применение при строительстве зданий и сооружений.

В 1912 году компания Cement Gun Company (Алентаун, штат Пенсильвания) приобрела права на патент Эйкли на торкрет и торговую марку «gunite». Первый объект был сооружением – облицовка емкости для водоснабжения Нью-Йорка. После успешно выполненной работы процесс торкретирования раскрылся во всех направлениях строительства: облицовка канализационных, водопроводных и железнодорожных туннелей; наземные опоры в шахтах; строительство и ремонт зданий; защита стальных конструкций от коррозии и повреждений при пожаре; ремонт мостов, плотин и каналов; стабилизация скальных склонов и строительство вододерживающих сооружений (плотин).

К началу 1920-х годов использование технологии сухого торкрета получило широкое распространение по всей Северной Америке, а затем стало популярной технологией в Германии уже в 1921 году.

В Великобритании технология была реализована в 1924 году, а к концу десятилетия – в других странах Европы, а также в Индии и Южной Африке. Использование технологии продолжало расширяться во всем мире в течение 1930-х и 1940-х годов, при этом установка, изобретенная Карлом Эйкли с камерой двойного давления, была преобладающим методом подачи материала.

В начале 1930-х годов американская железно-дорожная инженерная ассоциация приняла термин «торкретбетон» для описания процесса приготовления сухой смеси, а в 1951 году Американский институт бетона (ACI), чтобы стандартизировать терминологию, также принял термин «торкретбетон». Первоначально термин «торкретбетон» применялся только к процессу приготовления сухих смесей, но после Второй мировой войны, с развитием процесса приготовления мокрых смесей, ACI приняла термин «*мокрый*» способ торкретирования. В Европе вместо торкретбетона обычно используется термин «напыляемый бетон».

Первые установки для торкретирования появились в России во времена СССР – в 1920-х годах. Первое применение технологии торкретирования было осуществлено на Волховстрое в 1924–1925 годах. При использовании данного способа укладки бетона были покрыты поверхности сооружений общей площадью 75 тыс. м². На основании этого опыта в 1930-х годах П.Н. Глушке и С.Н. Дружинин подробно описали

прочностные характеристики торкретбетона и его применение. В 1978 году российские ученые провели комплексное испытание торкретбетона, которое показало, что бетон, уложенный таким методом, имеет повышенные показатели прочности по сравнению с традиционной укладкой монолитного бетона в опалубку с вибрированием [1, 2].

Поверхность конструкции, которую изготовили с помощью технологии торкретирования, отличается высокой прочностью (на 28 сутки показатель составляет 40–60 МПа), плотностью (2400 кг/м³), водонепроницаемостью (< W4) и морозостойкостью (< F300). Уплотненный бетон, нанесенный под высоким давлением, имеет отличную адгезию с породами: с мрамором – 30 кгс/см², гранитом – 10–18 кгс/см², известняком – 25 кгс/см² [1].

Первый этап эксперимента – разработка съемной опалубки. Для создания образцов различной толщины по технологии мокрого торкретирования была изготовлена индивидуальная съемная опалубка с применением CAD и аддитивных технологий. Эталонные размеры образцов, с учетом специфики технологии торкретирования, были выбраны следующие:

1. 50 × 100 × 100 мм (рис. 1а);
2. 100 × 100 × 100 мм (рис. 1б);
3. 150 × 100 × 100 мм (рис. 1в).

Выбор толщины слоя торкретбетона обусловлен анализом, проведенным авторами в ранних исследованиях [3].

Разработка съемной опалубки осуществлялась с помощью программы САПР для трехмерного моделирования SolidWorks. После проектирования опалубки следующим этапом было написание программы (рис. 2) для ее производства методом аддитивных технологий – на 3D-принтере методом FDM (Fused Deposition Modeling с английского языка переводится как моделирование методом наплавления). Послойным нанесением PLA-пластика. PLA (Polylactic Acid) – биоразлагаемый полиэфир. Сырьем для него служит кукуруза, тростник или соя. Написание программы осуществлялось с помощью ПО, которое поставляется вместе с самим 3D-принтером – Anycubic Slicer 1.1.1.

Благодаря индивидуальной разработке опалубка получается полностью разборной, прочной и многоразовой (рис. 3а,б), что позволяет провести несколько различных экспериментов по испытаниям образцов.

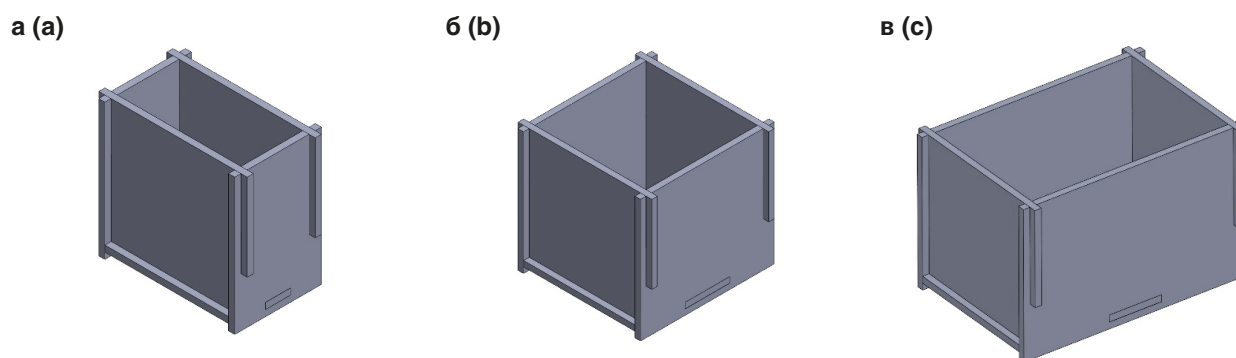


Рис. 1. а – форма для образцов размером $50 \times 100 \times 100$ мм; б – форма для образцов размером $100 \times 100 \times 100$ мм; в – форма для образцов размером $150 \times 100 \times 100$ мм
Fig. 1. a – sample mold with dimensions $50 \times 100 \times 100$ mm; b – sample mold with dimensions $100 \times 100 \times 100$ mm; c – sample mold with dimensions $150 \times 100 \times 100$ mm

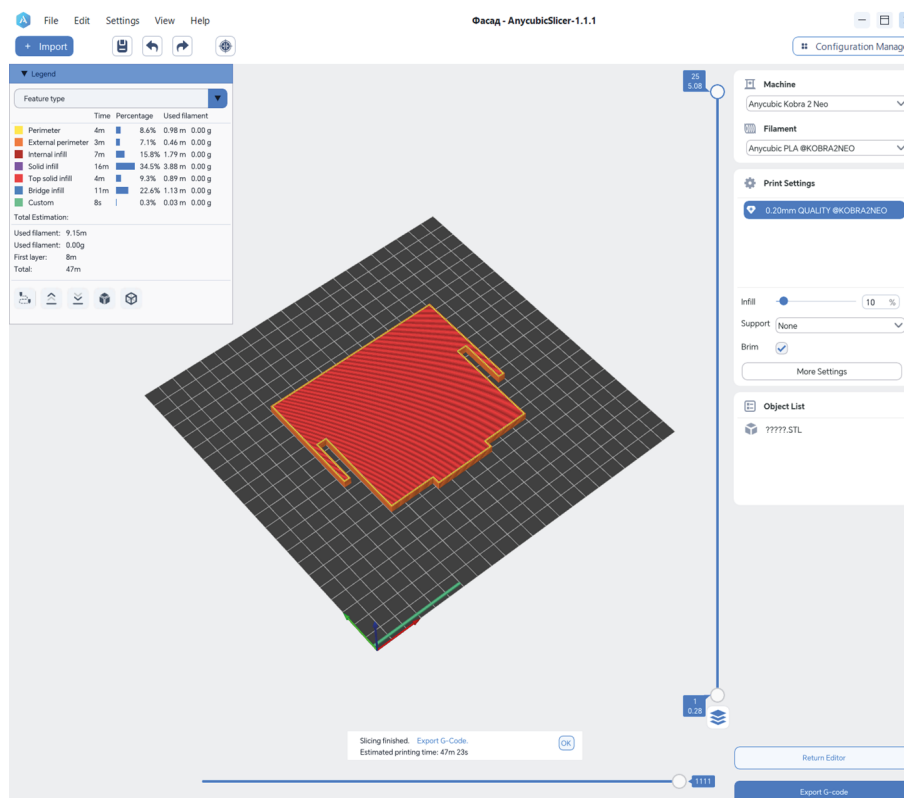


Рис. 2. Этап написания программы для отправки на 3D-принтер
Fig. 2. Stage of writing a program for sending to a 3D-printer

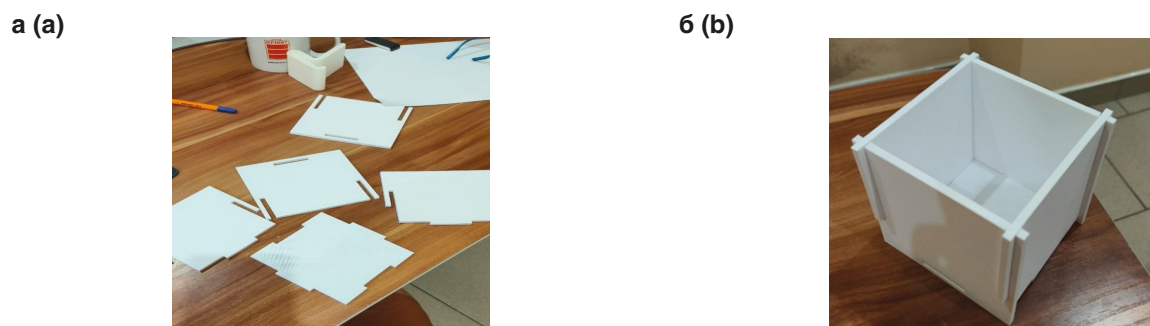


Рис. 3. а – элементы опалубки; б – опалубка в сборе
Fig. 3. a – formwork elements; b – assembled formwork

Подготовка к эксперименту. Характеристики исходных материалов

Таблица 1

Показатели прочности волокон на удлинение и разрыв

Table 1

Fiber elongation and tear strength indicators

Наименование фибры	Размер сечения, мм	Плотность, кг/м ³	Относительное удлинение, %	Разрывная нагрузка, кг	Прочность при растяжении, МПа
Полипропиленовая фибриллиновая путанка (отходы) ПППВ	Ø 2 мм	910	9	680	2165

Таблица 2

Характеристики исходных материалов

Table 2

Characteristics of the raw materials

Вяжущее – ЦЕМЕНТ II/A-И 42.5Н ExtraCEM (М-500) «Холсим», г. Вольск		
Параметр	ед. изм.	Значение
Минералогический состав	%	CaO _{св} – 1,9; C4AF – 0,1; C3S – 73; C3A – 10,4; C2S – 13,3
Химический состав	%	SiO ₂ – 20,7; Al ₂ O ₃ – 5,3; Fe ₂ O ₃ – 0,4; CaO – 66,0; MgO – 1,0; TiO ₂ – 0,1; P ₂ O ₅ – 0,0; SO ₃ – 3,5; NaO _{экв} – 0,2; Na ₂ O – 0,1; K ₂ O – 0,1; Cl – 0,00
Технологические характеристики		
• Начало схватывания	мин	105
• Конец схватывания	мин	142
• Нормальная густота	%	32,2
• Предел прочности при сжатии на 28 суток	МПа	60,7
• Предел прочности при изгибе на 28 суток	МПа	7,3
• Удельная поверхность по Блейну	см ² /г	4890
• Остаток на сите 0,032	%	32
• Плотность	кг/м ³	3110
• Насыпная плотность	кг/м ³	1250
Заполнитель – песок речной		
• Плотность	кг/м ³	2650
• Насыпная плотность	кг/м ³	1230
• Модуль крупности	М _к	1,4 (мелкий)
• Влажность	%	2
Заполнитель – регенерат (шлак-песок)		
Химический состав соответствует требованиям безопасности по ГОСТ 5578-2019 [4]	%	Fe ₂ O ₃ – 3; Al ₂ O ₃ – 0,13; ZrO ₂ – 0,10; CaO ₂ – 0,07; Na ₂ O – 0,18; K ₂ O – 0,004; MnO – 0,01; SiO ₂ – 99,2

Продолжение таблицы 1

Технологические характеристики		
• Плотность	кг/м ³	2654
• Насыпная плотность	кг/м ³	1800
• Модуль крупности	M _к	0,63 (очень мелкий)
• Пустотность	%	53

Фибра. В этом качестве предложено использовать отходы синтетических волокон (полипропиленовую фибрилиновую путанку).

Свойства (табл. 1) определялись по ГОСТ 14613-83 [5] и СТО 15122014-2014 [6].

Второй этап эксперимента – определение прочностных характеристик торкретбетонных образцов с различной толщиной слоя. В экспериментальных исследованиях второго этапа был определен состав торкретбетона (табл. 2) и определены прочностные характеристики изготовленных образцов. Для повышения прочностных свойств применялся регенерат (шлак-песок), а для повышения трещиностойкости применялось модифицированное полипропиленовое волокно [7].

Было изготовлено следующее количество образцов:

- 50 × 100 × 100 мм – 6 шт.;
- 100 × 100 × 100 мм – 6 шт.;
- 150 × 100 × 100 мм – 6 шт.

Количество цемента, фибры и регенерата осталось неизменным для всех смесей. В/Т варьировалось в зависимости от типа заполнителя в пределах 0,25–0,32.

Смесь изготавливалась в соответствии с требованиями СН 277-80 [8]. Приготовление образцов из неавтоклавного фибробетона, армированного модифицированными волокнами, осуществлялось по технологии мокрого торкретирования послойно с помощью компрессора фирмы PowerTechnic 440/100 с использованием пневмоковша. Твердение происходило в естественных условиях (ГОСТ 12730.0-2020 [9]).

После укладки бетона в формы по технологии мокрого торкретирования и затвердевания образцов

они были извлечены из формы и оставлены в аттестованной лаборатории для набора прочности в течение 28 суток с контролем влажности и температуры с помощью приборов (рис. 4а,б).

Для комплексной проверки прочности испытания проводились в лабораторных условиях на прессе ПСУ-125 в соответствии с ГОСТ 8829-2018 [10].

Так как технология торкретирования позволяет наносить смесь на вертикальные и горизонтальные поверхности, установка образцов под пресс проводилась перпендикулярно направлению укладки бетона, то есть увеличивалась толщина стенки (рис. 5а), и по направлению укладки бетона, то есть увеличивалась площадь, подвергающаяся нагрузке (рис. 5б) [11].

После проведения испытаний были составлены сводные табл. 3 и 4.

Обработка результатов при горизонтальной укладке торкретбетона в опалубку приведена в диаграмме (рис. 6).

Экспериментальные исследования, приведенные в табл. 3, и диаграмма зависимости прочности торкретбетона от его толщины (рис. 6) при нанесении на вертикальные поверхности показали, что самая эффективная толщина при горизонтальной укладке торкретбетона составляет 100 мм.

Обработка результатов при вертикальной укладке торкретбетона в опалубку приведена в диаграмме № 2 (рис. 7).

Экспериментальные исследования, приведенные в табл. 3, и диаграмма зависимости прочности торкретбетона от его толщины (рис. 7) при нанесении на вертикальные поверхности показали, что самая эффективная толщина при вертикальной укладке торкретбетона составляет 50 и 100 мм.

а (a)

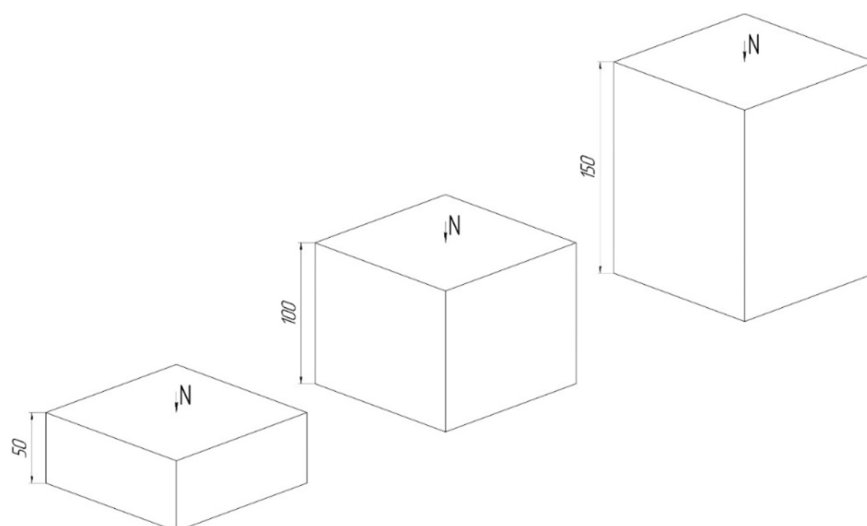


б (b)



Рис. 4. а – образцы, извлеченные из опалубки; б – контроль температуры образцов
Fig. 4. a – samples removed from the formwork; b – temperature control of samples

a (a)



б (b)

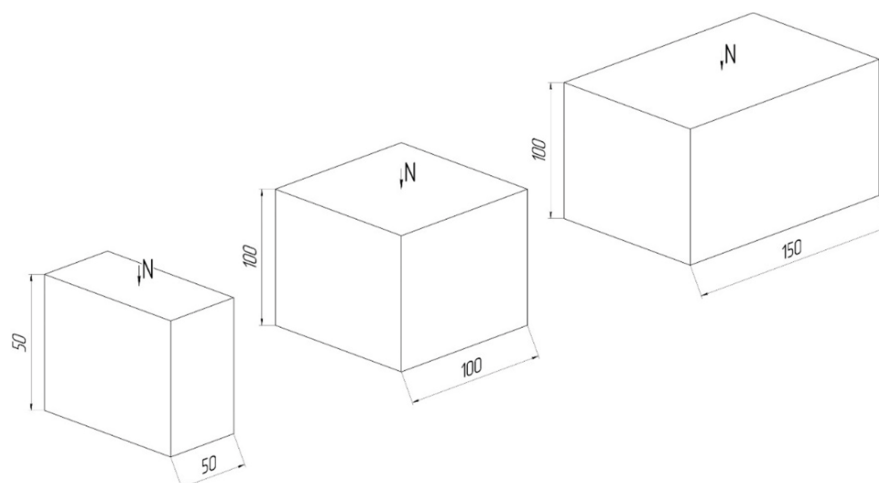


Рис. 5. а – размещение образцов и приложение нагрузки горизонтально направлению укладки торкретбетона;

б – размещение образцов и приложение нагрузки вертикально направлению укладки торкретбетона

Fig. 5. a – placement of samples and application of load in the first experiment horizontal to the direction of laying shotcrete concrete;

b – placement of samples and application of load in the second experiment vertical to the direction of concrete placement

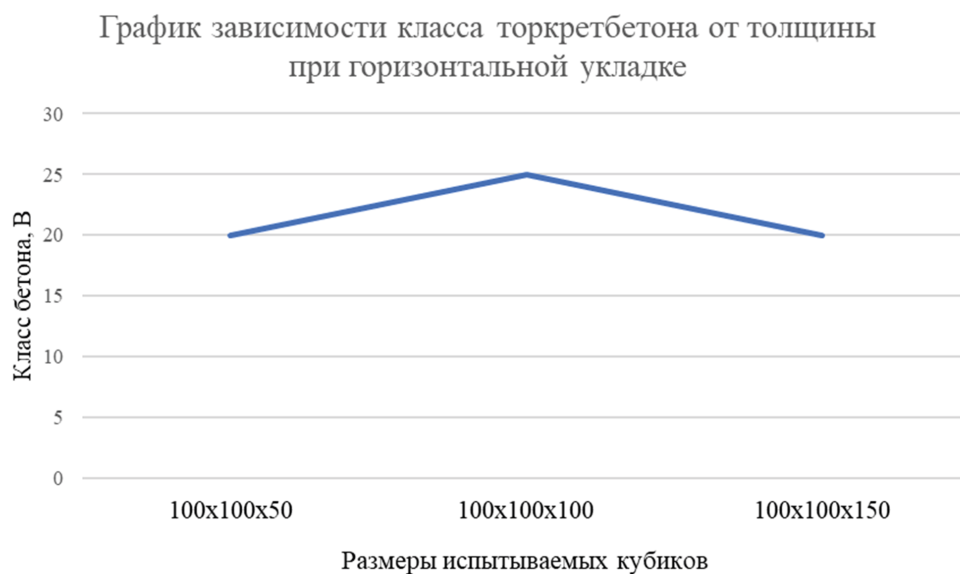


Рис. 6. График зависимости класса торкретбетона от толщины при горизонтальной укладке

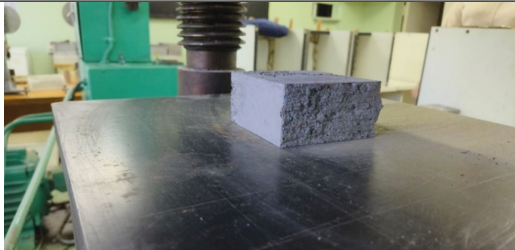
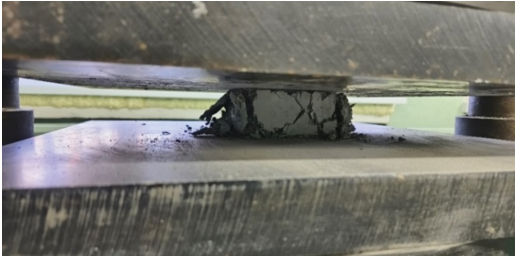
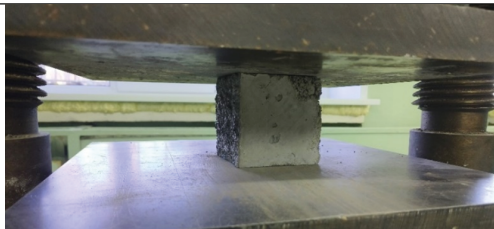
Fig. 6. Graph of the dependence of shotcrete class on thickness with horizontal laying

Таблица 3

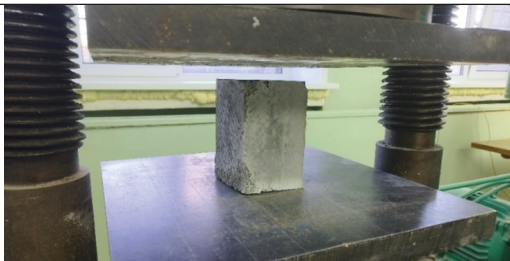
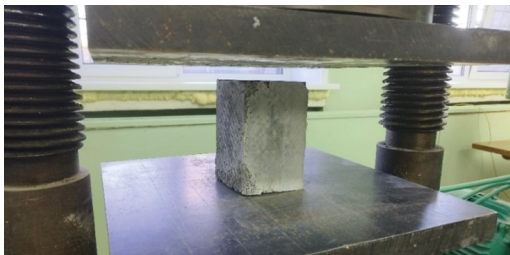
Результаты испытаний образцов при горизонтальной укладке торкретбетона

Table 3

Test results of samples with horizontal laying of shotcrete

№ п/п	Серия размеров		Фото
I	100 × 100 × 50		
	№ образца	Значение разрушающей нагрузки, N, кН	
	1	20	
	2	20	
	3	20	
	Среднее значение		
	$N_{cp} = \frac{(20+20+20)}{3} = 20 + 2$		
	Определение расчетного сопротивления		
	$R_b = \alpha \frac{N_{cp}}{A} = 0,9 \frac{2000}{100} = 180 \text{ д. е.}$		
	Класс бетона по СП 63.13330.2018 [12]		
B20			
II	100 × 100 × 100		
	№ образца	Значение разрушающей нагрузки, N, кН	
	1	21,8	
	2	21,6	
	3	21,8	
	Среднее значение		
	$N_{cp} = \frac{(21,8+21,6+21,8)}{3} = 21,721$		
	Определение расчетного сопротивления		
	$R_b = \alpha \frac{N_{cp}}{A} = 0,9 \frac{2170}{100} = 19,53 \text{ МПа}$		
	Класс бетона по СП 63.13330.2018 [12]		
B25			

Продолжение таблицы 3

№ п/п	Серия размеров		Фото
III	100 × 100 × 150		
	№ образца	Значение разрушающей нагрузки, N, кН	
	1	20	
	2	20	
	3	20	
	Среднее значение		
	$N_{cp} = (20+20+20)/3 = 20$		
	Определение расчетного сопротивления		
	$R_b = \alpha \frac{N_{cp}}{A} = 0,9 \frac{2000}{100} = 180 \text{ Д. е.}$		
	Класс бетона по СП 63.13330.2018 [12]		
	B20		

Результаты испытаний образцов при вертикальной укладке торкретбетона

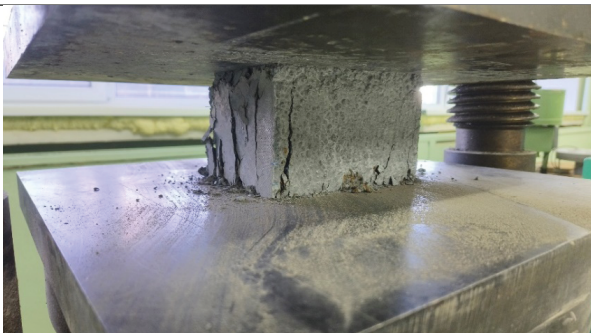
Таблица 4

Table 4

Test results of samples with vertical laying of shotcrete

№ п/п	Серия размеров		Фото
I	100 × 50 × 100		
	№ образца	Значение разрушающей нагрузки, N, кН	
	1	12,1	
	2	12	
	3	12,1	
	Среднее значение		
	$N_{cp} = \frac{(12,1+12+12,1)}{3} = 12,0722$		

Продолжение таблицы 4

№ п/п	Серия размеров		Фото
I	Определение расчетного сопротивления		
	$R_b = \alpha \frac{N_{cp}}{A} = 0,9 \frac{1207}{50} = 21,7217$		
	Класс бетона по СП 63.13330.2018 [12]		
	B25		
III	100 × 50 × 100		
	№ образца	Значение разрушающей нагрузки, N, кН	
	1	30	
	2	30	
	3	30	
	Среднее значение		
	$N_{cp} = \frac{(30+30+30)}{3} = 30 + 3$		
	Определение расчетного сопротивления		
	$R_b = \alpha \frac{N_{cp}}{A} = 0,9 \frac{1260}{50} = 22,7220$		
	Класс бетона по СП 63.13330.2018 [12]		
	B20		

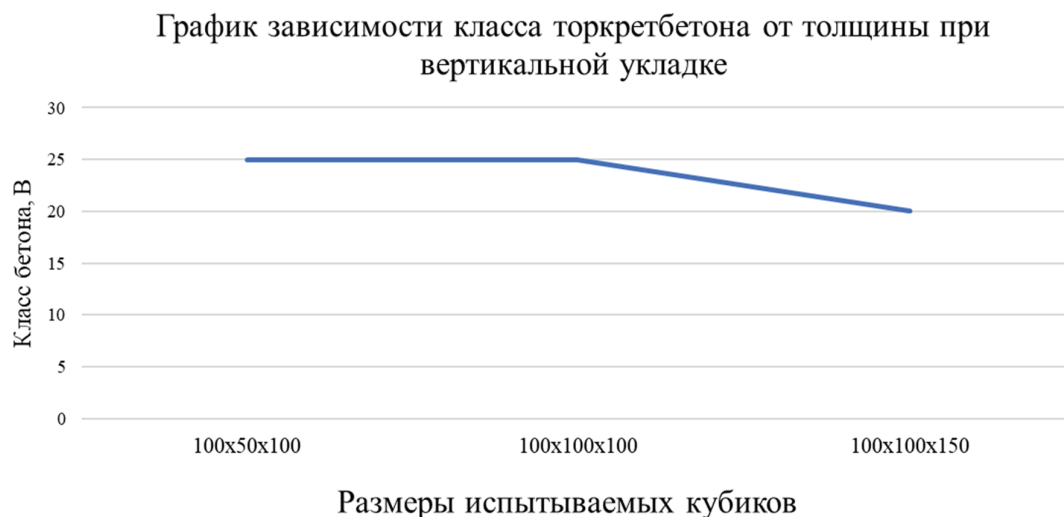


Рис. 7. График зависимости класса торкретбетона от толщины при вертикальной укладке
Fig. 7. Graph of the dependence of shotcrete class on thickness with vertical laying



Рис. 8. Разрушение образца после испытаний, форма – песочные часы (выделено красным)

Fig. 8. Destruction of a sample after testing, hourglass shape (highlighted in red)

Разрушение образцов при сжатии имело форму усеченных призм, сложенных малыми основаниями, что служит подтверждением достоверности работы торкретбетона (рис. 8) и расхождения трещин от середины образцов – ядра (рис. 9).

Исходя из полученных данных можно сделать вывод о том, что рост прочности, класса бетона и несущей способности идет до определенных размеров. Самой эффективной толщиной несущего слоя в данном эксперименте является 100 мм.

Результаты

Была разработана конструкция разборной опалубки методом аддитивных технологий для создания лабораторных образцов с различной толщиной несущего слоя торкретбетона, подобрана рецептура торкретбетонной смеси. По результатам выполнено сравнение прочности образцов торкретбетона с различной толщиной. Установлена толщина несущего слоя для зданий и сооружений, которая составляет 100 мм при нанесении на горизонтальные конструкции, 50 и 100 мм – при нанесении на вертикальные конструкции.



Рис. 9. Разрушение образца после испытаний, расхождение трещин от середины

Fig. 9. Destruction of the sample after testing, cracks diverging from the middle

Выводы

Предложена конструкция индивидуальной разборной опалубки для экспериментальных образцов. При проведении испытаний учитывался опыт применения торкретбетона в строительстве. Анализ экспериментальных данных показал схожесть работы торкретбетона с обычным бетоном, что подтверждено результатами испытаний 18-ти образцов торкретбетона с различной толщиной и соответствует действующим нормам. С учетом проведенных рецептурных исследований необходимо провести дополнительные испытания для фиброторкретбетонов.

Список литературы

1. Андреева Н.В. Система фиброторкретбетонных объемных блоков нового поколения для мало- и среднеэтажных зданий. Технология изготовления и конструктивные решения [диссертация]. Ростов-на-Дону, 2024. 178 с.
2. История торкретбетона в горной промышленности // *Евротех* [сайт]. URL: <https://stroifak.ru/> (дата обращения: 25.09.2025).

3. Голова Т.А., Магеррамова И.А., Андреева Н.В. Технология производства неавтоклавных пенобетонов, дисперсно армированных модифицированными волокнами // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура*. 2020. № 1 (78). С. 126–135. EDN: TMDUOX.
4. ГОСТ 5578-2019. Щебень и песок из шлаков черной и цветной металлургии для бетонов. Технические условия. Москва: Стандартинформ, 2019.
5. ГОСТ 14613-83. Фибра. Технические условия. Москва: Издательство стандартов, 1989.
6. СТО 15122014-2014. Бетон, армированный конструкционной синтетической полипропиленовой фиброй DURUS S400, DURUS S500. Технические условия. Санкт-Петербург: ООО «НТБ», 2014.
7. Голова Т.А., Маляян Л.Р. Кластеризация технологии торкретирования с позиции единого системного комплексного подхода // *Строительство и архитектура*. 2022. Т. 10. № 2. С. 41–45. DOI: <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2022-10-2-41-45>. EDN: YGFYOE.
8. СН 277-80. Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона / Госстрой России. Москва: ГУП ЦПП, 2001. 47 с.
9. ГОСТ 12730.0-2020. Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости. Москва: Стандартинформ, 2020.
10. ГОСТ 8829-2018. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости. Москва: Стандартинформ, 2019.
11. Маляян Л.Р., Голова Т.А. Легкий бетон на основе пенополиамидбетонной композиции // *Строительство и архитектура*. 2019. Т. 7. № 1. С. 70–75. DOI: https://doi.org/10.29039/article_5ca75fa9df9457.56609824. EDN: UPYPIL.
12. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная версия СНиП 52-01-2003. Москва: Стандартинформ, 2019.
13. Иванова Т.А. Технологии торкретирования для строительства и реконструкции зданий и сооружений. Чебоксары: Издательский дом «Среда», 2024. 88 с.
4. State Standard 5578-2019. Slag crushed stone and slag sand of ferrous and non-ferrous metallurgy for concretes. Specifications. Moscow: Standartinform Publ., 2019. (In Russian).
5. State Standard 14613-83. Vulcanized fibre. Specifications. Moscow: Publishing House of Standards, 1989. (In Russian).
6. STO 15122014-2014. Concrete reinforced with structural synthetic polypropylene fibre DURUS S400, DURUS S500. Specifications. Saint Petersburg: NTB LLC, 2014. (In Russian).
7. Golova T., Mailyan L. Clustering of shotcrete technology from the position of a single system integrated approach. *Construction and Architecture*. 2022, vol. 10, no. 2, pp. 41–45. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.29039/2308-0191-2022-10-2-41-45>. EDN: YGFYOE.
8. SN 277-80. Instructions for the manufacture of cellular concrete products / Gosstroy of Russia. Moscow: SUE CDP, 2001, 47 p. (In Russian).
9. State Standard 12730.0-2020. Concretes. General requirements for methods of determination of density, moisture content, water absorption, porosity and water tightness. Moscow: Standartinform Publ., 2020. (In Russian).
10. State Standard 8829-2018. Prefabricated construction concrete and reinforced concrete products. Load testing methods. Rules for assessment of strength, rigidity and crack resistance. Moscow: Standartinform Publ., 2019. (In Russian).
11. Mailyan L., Golova T. Light concrete based on foam polyamidbe-tonic composition. *Construction and Architecture*. 2019, vol. 7, no. 1, pp. 70–75. (In Russian). DOI: https://doi.org/10.29039/article_5ca75fa9df9457.56609824. EDN: UPYPIL.
12. SP 63.13330.2018. Concrete and reinforced concrete structures. General provisions. Updated version of SNiP 52-01-2003. Moscow: Standartinform Publ., 2019. (In Russian).
13. Ivanova T.A. Shotcret technologies for construction and reconstruction of buildings and structures. Cheboksary: Publishing House "Sreda", 2024, 88 p. (In Russian).

References

1. Andreeva N.V. A new-generation system of fiber-reinforced shotcrete blocks for low- and mid-rise buildings. Manufacturing technology and design solutions [dissertation]. Rostov-on-Don, 2024, 178 p. (In Russian).
2. History of shotcrete in the mining. *Eurotech* [website]. URL: <https://stroifak.ru/> (accessed: 09.25.2025).
3. Golova T.A., Magerramova I.A., Andreeva N.V.

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

Татьяна Александровна Иванова, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры архитектуры, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар
e-mail: emelyanova-tanya@mail.ru

Tatyana A. Ivanova, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Architecture, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin", Krasnodar
e-mail: emelyanova-tanya@mail.ru

Алексей Дмитриевич Жуков✉, аспирант, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар
e-mail: alekseyzhukov9926@yandex.ru

Alexey D. Zhukov✉, Graduate Student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin", Krasnodar
e-mail: alexeyzhukov9926@yandex.ru

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author