

Научная статья

УДК 624.121.542

DOI: 10.26730/1999-4125-2022-1-83-90

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТОЙ ЗАКЛАДКИ
НЕЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
В ГОРОДСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

Угляница Андрей Владимирович

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

*для корреспонденции: uav@Kuzstu.ru

**Информация о статье**

Поступила:

29 декабря 2021 г.

Одобрена после
рецензирования:

30 января 2022 г.

Принята к публикации:

25 февраля 2022 г.

Ключевые слова:

подземное сооружение,
обрушение, литая закладка,
бетонная смесь,
тонкомолотый заполнитель,
осадочная порода

Аннотация.

Для предотвращения образования провалов или осадок земной поверхности на территории города в результате обрушения неэксплуатируемых аварийных подземных сооружений, не имеющих транспортную доступность к своему пространству, предложено производить их закладку литым способом твердеющей бетонной смесью на цементном вяжущем с заполнителем из тонкомолотой горной породы. Для обоснования параметров технологии литой закладки подземного сооружения выполнены лабораторные экспериментальные исследования по определению рационального состава закладочной породо-цементной бетонной смеси. Установлено, что для закладочного бетона в качестве заполнителя следует применять осадочные горные породы с пределом прочности на одноосное сжатие (25 - 40) МПа с одной или двумя мелкими стандартными фракциями с размерами: «-0,315», «-0,63 +0,315» и «-1,25 + 0,63», при этом по совокупности технических, технологических и физико-механических показателей рекомендовано применять закладочный бетон с однокомпонентным заполнителем из фракции -0,315 мм. Предложена методика определения рационального состава компонентов закладочной бетонной смеси с подвижностью, обеспечивающей ее транспортирование по трубам в пространство подземного сооружения.

Для цитирования: Угляница А.В. Обоснование параметров технологии литой закладки неэксплуатируемых подземных сооружений в городском пространстве // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2022. № 1 (149). С. 83-90. doi: 10.26730/1999-4125-2022-1-83-90

Введение. В настоящее время практически под всеми городами расположены различные эксплуатируемые и неэксплуатируемые подземные сооружения жилищно-коммунального, промышленного, транспортного и другого назначения. Часть этих сооружений, которые были построены в основном в 20 веке, известны и, как правило, хорошо изучены, при этом многие из этих сооружений находятся в аварийном или предаварийном состоянии и могут в любой момент частично или полностью обрушиться.

Кроме этого, в подземном пространстве городов, особенно с большим историческим прошлым, периодически обнаруживают подземные сооружения, происхождение и назначение которых неизвестно и явно уходит в глубину веков и, возможно, тысячелетий. Такие старинные,

а порой и древние сооружения в подземном пространстве городов проявляют себя при их полном или частичном обрушении в виде осадки земной поверхности или провала грунтов на городской территории. Такие провалы или осадки земной поверхности на территории города приводят к деформации и разрушению зданий, сооружений, дорог, наземных и подземных коммуникаций, причем нередко и с человеческими жертвами.

Для предотвращения образования провалов или осадок земной поверхности на территории города в результате обрушения подземных сооружений необходимо проводить мониторинг подземного городского пространства с целью выявления и ликвидации в нем аварийных неэксплуатируемых подземных сооружений. При этом ликвидация подземного сооружения в подземном пространстве для исключения просадки грунтов над ним должна выполняться путем закладки внутреннего пространства подземного сооружения твердеющими закладочными смесями [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

На практике для закладки пространства подземного сооружения применяют инъекционный или литой способы возведения твердеющей закладки [9].

Инъекционный способ возведения твердеющей закладки выполняют в два этапа. На первом этапе внутреннее пространство подземного сооружения или его части в виде захватки заполняют дробленным закладочным материалом, транспортирование которого в подземное сооружение производят конвейерами, вагонетками, погрузочно-доставочными машинами или пневмотранспортом (по трубам сжатым воздухом). Размер кусков транспортируемого закладочного материала ограничен в данном случае только возможностями средств их доставки. На втором этапе в пространство подземного сооружения, заполненное кусковым закладочным материалом, по трубам подают вяжущий раствор, который проникает в пустоты между кусками закладочного материала, твердеет и превращает его в монолит с заданной прочностью.

В качестве крупнокусового закладочного материала при инъекционном способе в основном применяют дробленную горную породу, а в качестве вяжущего – цементный или глино-цементный растворы.

Достоинства инъекционного способа – применение для закладки крупных кусков заполнителя без дополнительного их дробления. При этом снижается расход вяжущего за счет уменьшения пустотности с увеличением крупности заполнителя, обеспечивается получение прочного, малоусадочного и достаточно водонепроницаемого закладочного материала, упрощается работа бетоносмесительных машин, необходимых только для приготовления вяжущего раствора, при этом транспортировка готовой закладочной смеси заменяется раздельной доставкой к месту закладки крупного заполнителя и вяжущего раствора [1, 2].

Недостатки инъекционного способа: сложность распределения вяжущего раствора в дробленном кусковом закладочном материале и, как следствие, неравномерная прочность участков закладочного массива; необходимость установки временного крепления на участках с неустойчивым перекрытием для обеспечения безопасности работ по заполнению пространства подземного сооружения закладочным материалом; пространство ликвидируемого подземного сооружения должно иметь транспортную доступность.

Поэтому инъекционный способ применяют для ликвидации неэксплуатируемых аварийных подземных сооружений, которые хорошо изучены и имеют доступность для транспортирования в них кускового закладочного материала.

При литом способе возведения твердеющей закладки пространство подземного сооружения заполняют бетонной смесью, содержащей тонкомолотый мелкозернистый наполнитель, вяжущее и воду. Закладочную бетонную смесь транспортируют в пространство подземного сооружения с поверхности по трубам или скважинам. Состав смеси подбирают таким, чтобы обеспечивалась необходимая прочность закладки, ее экономичность и транспортабельность по трубам или скважинам на значительное расстояние за счет статического напора или с использованием энергии сжатого воздуха [10].

Достоинство литого способа – высокое качество закладочного массива. Недостатки – большие затраты на дробление и измельчение горной породы до мелких фракций на центробежных мельницах и бурение закладочных скважин с обсадными трубами в пространство подземного сооружения, кроме этого, при транспортировании закладочной бетонной смеси по трубе в ней может образовываться пробка, ликвидация которой требует затрат времени [2, 3, 9].

Поэтому литой способ следует применять для закладки подземных сооружений, не имеющих транспортную доступность к своему пространству, к таким, как правило, относятся старинные подземные сооружения, обнаруженные вследствие просадки грунта над ними или в результате мониторинга подземного городского пространства.

При литом способе в качестве заполнителя закладочного бетона обычно применяют тонкомолотые горные породы, а в качестве вяжущего – цементный раствор. При этом на практике часто возникают трудности в назначении рационального состава закладочного тонкомолотого пороодо-цементного бетона, а именно: какую горную породу следует использовать для изготовления тонкомолотого заполнителя, сколько фракций тонкомолотой породы должно быть в заполнителе, какие размеры фракций следует применять и каким должно быть цементно-водное отношение в закладочной бетонной смеси.

Материал и методы исследования. В КузГТУ выполнены лабораторные экспериментальные исследования по определению рационального состава закладочной пороодо-цементной бетонной смеси для литого способа закладки подземных сооружений. Для исследования прочностных свойств закладочного бетона были использованы следующие исходные материалы. Вяжущее – портландцемент, марки ЦЕМ I 42,5Н. Вода – водопроводная с температурой +14° С. Заполнитель из тонкомолотой горной породы трех стандартных фракций: «-0,315», «-0,63 +0,315» и «-1,25 + 0,63». Варьирование содержания фракций в образцах принимали равным 25 %, исходя из принципа минимальной достаточности. Образцы закладочного бетона изготавливали из одной или двух тонкомолотых фракций. При этом испытание образцов с заполнителем из двух фракций было обусловлено тем, что при двухкомпонентной смеси заполнителя частицы меньшей фракции заполняют пустоты между частицами большей фракции, в результате чего уменьшается расход вяжущего для приготовления бетона [11]. Всего было испытано 12 возможных вариаций заполнителя.

1. Тонкомолотый заполнитель для литой закладки подземных сооружений следует изготавливать из осадочных пород с пределом прочности на одноосное сжатие $R_c \approx (25-40)$ МПа, поскольку породы с такой прочностью легко перемалываются в центробежных мельницах до мелких фракций и обеспечивают достаточную прочность закладочному бетону для предотвращения обрушения пространства подземного сооружения [3]. Поэтому тонкомолотый заполнитель при экспериментальных исследованиях изготавливали из песчаника на глино-известковом цементе с пределом прочности на одноосное сжатие $R_c = 36$ МПа.

2. Для приготовления закладочной бетонной смеси применяли цементный раствор с цементно-водным массовым отношением Ц : В = 1 : 0,5, поскольку он обладает 100% выходом цементного камня [12]. Объем цементного раствора для приготовления бетона принимали равным пустотности тонкомолотого породного заполнителя, которую определяли путем заполнения водой формы с заполнителем исследуемого гранулометрического состава.

3. Образцы пороодо-цементного бетона изготавливали в разъемных металлических формах с размером 100×100×100 мм согласно ГОСТ 10180–2012 [13]. Цементный раствор готовили в лабораторном смесителе. Затем в готовый раствор засыпали заполнитель, готовую бетонную смесь помещали в формы. Отформованные образцы хранили в течение суток в формах, при температуре +20 ± 2° С. После разопалубачивания образцы набирали прочность при той же температуре и постоянной влажности 90% в течение 28 суток.

4. Испытание образцов на сжатие производили на гидравлическом прессе. Для получения достоверного результата количество экспериментов с одинаковым фракционным составом заполнителя было определено на основе методов планирования экспериментов, равным 3 [14]. Из трех полученных результатов для образцов одного состава принимали среднеарифметическое значение предела прочности на сжатие. Всего было испытано 36 образцов закладочного бетона.

Результаты исследований и их обсуждение. В таблице представлены результаты экспериментальных исследований по определению предела прочности образцов закладочного бетона на одноосное сжатие R_c в зависимости от количества и размеров фракций заполнителя в образце и объема цементного раствора.

Таблица. Результаты экспериментальных исследований по определению предела прочности на одноосное сжатие образцов закладочного бетона

Table. Results of tests to determine the ultimate uniaxial compression strength of filling concrete samples

Номер образца	1-ая фракция заполнителя		2-ая фракция заполнителя		Объем цементного раствора V_P , см ³	Средний предел прочности на сжатие R_c , МПа
	Размер фракции, мм	Процентное содержание, %	Размер фракции, мм	Процентное содержание, %		
1	-0,315	100	–	–	647	14,1
2	-0,63+0,315	25	-0,315	75	621	13,4
3	-0,63+0,315	50	-0,315	50	609	12,7
4	-1,25+0,63	25	-0,315	75	611	12,1
5	-0,63+0,315	75	-0,315	25	588	11,9
6	-0,63+0,315	100	–	–	628	11,3
7	-1,25+0,63	50	-0,315	50	591	10,8
8	-1,25+0,63	25	-0,63+0,315	75	597	10,3
9	-1,25+0,63	50	-0,63+0,315	50	583	10,0
10	-1,25+0,63	75	-0,315	25	574	9,6
11	-1,25+0,63	75	-0,63+0,315	25	565	8,9
12	-1,25+0,63	100	–	–	603	8,1

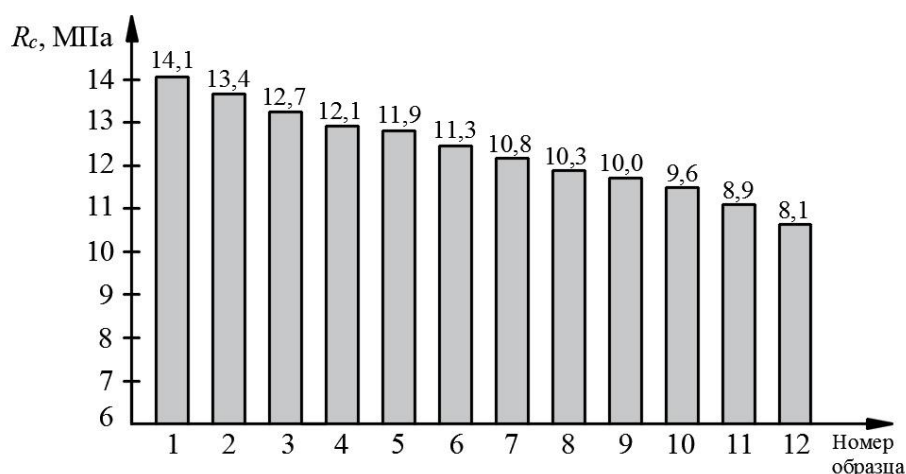


Рис. 1. Зависимость значения предела прочности образцов закладочного бетона R_c от количества и состава фракций заполнителя

Fig. 1. Dependence of the value of the ultimate strength of filling concrete samples R_c on the amount and composition of aggregate fractions

На рис. 1 представлена зависимость предела прочности образцов закладочного бетона на одноосное сжатие R_c от количества и состава фракций заполнителя (количество и состав фракций заполнителя в образцах см. табл.).

На рис. 2 представлена зависимость расхода цементного раствора V_P для приготовления образцов закладочного бетона в зависимости от количества и состава фракций заполнителя.

Анализ выполненных лабораторных исследований показал, что наибольшая прочность на одноосное сжатие, равная $R_c = 14,1$ МПа, была достигнута на образцах закладочного бетона с однокомпонентным заполнителем фракции $-0,315$ мм при максимальном объеме цементного раствора в образце, равным $V_P = 647$ см³. При изготовлении образцов бетона с однокомпонентным заполнителем из более крупных фракций с размерами $-0,63+0,315$ и $-1,25+0,63$ мм прочность бетона снижалась до 11,3 и 8,1 МПа с незначительным уменьшением объема цементного раствора в образцах до 628 и 603 см³ соответственно.

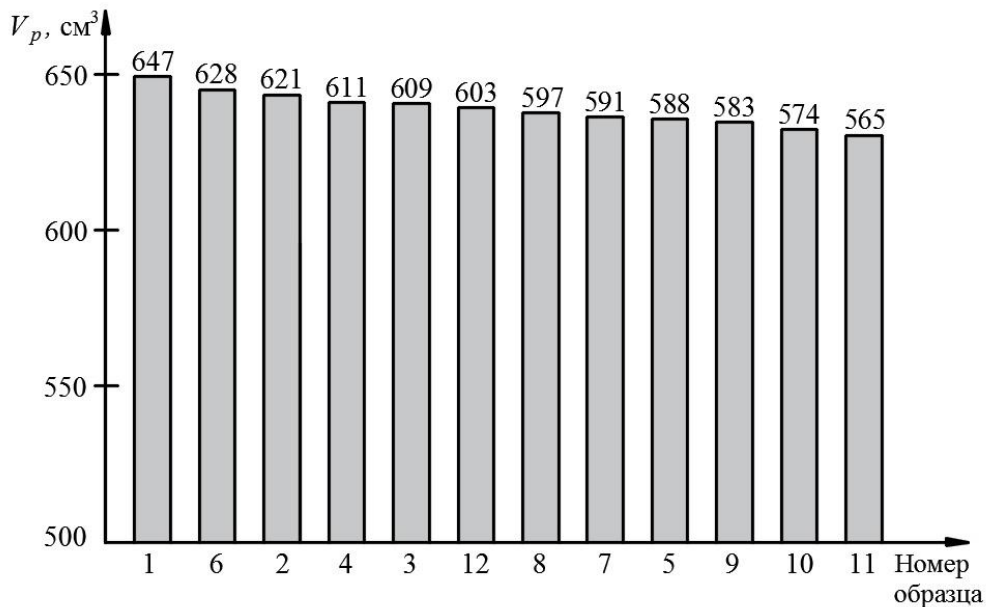


Рис. 2. Зависимость расхода цементного раствора V_p для приготовления образцов закладочного бетона в зависимости от количества и состава фракций его заполнителя

Fig. 2. The dependence of the consumption of cement mortar V_p for the preparation of filling concrete samples on the amount and composition of fractions of its filler

В образцах закладочного бетона с двухкомпонентным заполнителем добавка к мелкой фракции заполнителя более крупной фракции приводила к снижению прочности бетона и уменьшению объема цементного раствора в образцах пропорционально росту доли крупной фракции в заполнителе. Так, добавка к фракции $-0,315$ мм более крупной фракции $-1,25+0,63$ мм в количестве 25, 50 и 75% приводила к снижению прочности бетона до 12,1; 10,8 и 8,9 МПа с незначительным уменьшением расхода цементного раствора до 611, 591 и 565 cm^3 соответственно.

Анализ полученных результатов экспериментальных исследований показал, что применение двухкомпонентного заполнителя в бетонной смеси по сравнению с однокомпонентным приводит к существенному снижению прочности закладочного бетона при сравнительно незначительном сокращении содержания вяжущего цементного раствора. Учитывая также, что комплекс оборудования для приготовления закладочного бетона с двухкомпонентным заполнителем по сравнению с комплексом для приготовления бетона с однокомпонентным заполнителем должен включать две отдельные технологические линии для перемалывания, просеивания и дозирования разных фракций заполнителя в бетоносмеситель, при проектировании закладочных работ предпочтение следует отдавать закладочному бетону с однокомпонентным заполнителем из тонкомолотой горной породы с фракцией $-0,315$ мм.

Бетонные смеси для литой закладки должны обладать достаточной подвижностью для обеспечения их самотечного или принудительного транспортирования по трубам и заполнения пространства подземного сооружения.

Подбор рационального состава закладочной бетонной смеси с необходимой подвижностью следует производить экспериментально. При этом сначала приготавливают бетонную смесь с отношением цемент:заполнитель = 1 : 3 и цементно-водным отношением цемент : вода = 1 : 0,5 по массе. Затем согласно ГОСТ 10181.1-81 определяют подвижность приготовленной бетонной смеси по глубине погружения в нее измерительного конуса с углом при вершине 30° , высотой 15 см и массой 300 г [15].

Закладочная бетонная смесь для литой закладки должна иметь подвижность, при которой измерительный конус погружается в смесь на 10 - 12 см. При меньшей глубине погружения конуса закладочная смесь будет излишне вязкой для транспортирования по трубам, а при большей глубине погружения конуса смесь начнет быстро расслаиваться (заполнитель из смеси будет выпадать в осадок), в результате смесь окажется нетранспортабельной.

Если в результате испытания подвижность закладочной бетонной смеси оказалась неудовлетворительной, то производят корректировку ее подвижности путем изменения содержания в ней объема воды затворения.

Выводы. По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- литой способ закладки следует применять для ликвидации неэксплуатируемых подземных сооружений, не имеющих транспортную доступность к своему пространству;
- заполнитель для закладочного бетона следует изготавливать из тонкомолотых осадочных горных пород с пределом прочности на одноосное сжатие (25-40) МПа, поскольку такие породы достаточно легко перемалываются в центробежных мельницах до мелких фракций, обеспечивают с цементным вяжущим требуемую текучесть бетонной смеси и необходимую прочность бетонной закладки;
- заполнитель из тонкомолотой горной породы (искусственный песок) можно изготавливать из одной или двух мелких стандартных фракций с размерами: «-0,315», «-0,63 +0,315» и «-1,25 + 0,63», но по совокупности технических, технологических и физико-механических показателей рекомендуется применять закладочный бетон с однокомпонентным заполнителем из фракции -0,315 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыжков Ю. А., Волков А. П., Гоголин В. А. Механика и технология формирования закладочных массивов. М. : Недра, 1985. 191 с.
2. Применение систем разработки с твердеющей и бетонной закладкой выработанного пространства (сб. ст.). М. : 1967. 168 с.
3. Рыжков Ю. А., Волков А. П., Гоголин В. А. Структура и свойства закладочных массивов: учеб. пособие. Кемерово : КузПИ, 1978. 104 с.
4. Dolzhikov P., Kiriya K., Ivlieva E. Research of deformations of the base-fundaments system on underworked and hydroactivated territories by finite elements method. Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane and Ores Mining, CRC Press / Balkema. Leiden the Netherlands, 2014. P. 217-222.
5. Liu Hongjun, Yuan Feng, Yang Donghai. The strength varieties of the seibersurface made of lime and fine coal ash of the Hingwaj from Changba to Baichengt. Dongbei linye daxue xuehao = J. Nort-East Forest. Univ. 2000. 28, №1.
6. Chen Xiaotong, Shao Jiexin, Zhang Jun, Chen Rongsheng, Don Younian, Zhang Fan. Dongnan daxue xuebao. Ziran kexue ban. = J. Southeast Univ. Natur. Sci. Ed. 2001. 31. №3.
7. Uglyanitsa A. V., Khmelenko T. I., Solonin K. D. Slag-alkaline concrete-efficient building material: International journal of applied engineering research (IAER). India. Vol. 9. №22. 2014. P. 16837-16842.
8. Uglyanitsa A. V., Solonin K. D., Strukova E. A. Charcterization of autoclaved slag concrete for stowing the vertical mine workings under liquidation: «Research Journal of Applied Sciences». 2015. №10(2) P. 84-91.
9. Д. М. Бронников [и др.]. Закладочные работы в шахтах: справочник. М. : Недра, 1989. 400 с.
10. Основы технологии подземной разработки месторождений с закладкой / отв. ред. проф., д-р техн. наук А. Ф. Назарчик. М. : Наука, 1973. – 200 с.
11. Бондарев В. Г. Совершенствование структуры закладочных смесей на базе теории бинарных систем : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.15.02 / Моск. гос. горн. ун-т. М. : 1999. 20 с.
12. Докукин О. С., Косков И. Г., Друцко В. П., Бернштейн С. А. Бетоны и растворы для подземного шахтного строительства: Справочное пособие. М. : Недра, 1989. 211 с.
13. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. М. : Стандартинформ, 2013. 30 с.
14. Ашмарин И. П., Васильев И. Н., Амбросов В. А. Быстрые методы статистической обработки и планирование экспериментов. Л. : ЛГУ, 1975. 76 с.
15. ГОСТ 10181.1-81. Смеси бетонные. Методы определения удобоукладываемости. М. : Стандартинформ, 1997. 17с.

© 2022 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Угляница Андрей Владимирович, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), доктор технических наук, профессор, uav@Kuzstu.ru

Заявленный вклад авторов:

Угляница А.В. - постановка исследовательской задачи; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; написание текста, сбор и анализ данных; обзор соответствующей литературы; выводы; написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS TECHNOLOGY OF STOWING UNUSED URBAN UNDERGROUND STRUCTURES BY CASTING

Andrey V. Uglyanitsa

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

*for correspondence: uav@kuzstu.ru



Article info

Submitted:
29 December 2021

Approved after reviewing:
30 January 2022

Accepted for publication:
25 February 2022

Keywords: underground structure, collapse, stowing by casting, concrete mix, fine aggregate, sedimentary rock.

Abstract.

To prevent the formation of sinkholes or subsidence of the earth's surface in the city as a result of the collapse of unused dilapidated underground structures out of accessibility for transport means, it is proposed to stow them with a cast method - a hardening concrete mixture based on a cement binder with a finely ground rock filler. To substantiate the parameters of the underground structure stowing by casting, laboratory tests were carried out to determine the rational composition of the filling rock-cement concrete mixture. It was determined that sedimentary rocks with a tensile strength in uniaxial compression (25-40) MPa with one or two small standard fractions with dimensions "-0.315", "-0.63 + 0.315" and "-1.25 + 0.63" should be used as a filler for stowing concrete; nevertheless, according to the totality of engineering, technological, physical and mechanical indicators, it is recommended to use stowing concrete with a one-component -0.315 mm fraction filler. A technique is proposed for determining the rational composition of the components of a filling concrete mixture with mobility, which ensures its transportation through pipes into the underground structure space.

For citation: Uglyanitsa A.V. Substantiation of the parameters technology of stowing unused urban underground structures by casting. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2022; 1(149):83-90. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.26730/1999-4125-2022-1-83-90

REFERENCES

1. Ryzhkov YuA, Volkov AP, Gogolin VA. Mechanics and technology of stowage mass formation. M.: Nedra, 1985. 191 p.
2. Application of mining systems with hardening and concrete stowing of the worked-out space: collected papers. M.: 1967. 168 p.
3. Ryzhkov YuA, Volkov AP, Gogolin VA. Structure and properties of stowage masses: textbook. Kemerovo: KuzPI, 1978. 104 p.
4. Dolzhikov P, Kiriyak K, Ivlieva E. Research of deformations of the base-fundaments system on underworked and

hydroactivated territories by finite elements method. Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane and Ores Mining, CRC Press / Balkema. Leiden the Netherlands. 2014. P. 217-222.

5. Liu Hongjun, Yuan Feng, Yang Donghai. The strength varieties of the seibsurface made of lime and fine coal ash of the Hingwaj from Changba to Baichengt. Dongbei linye daxue xuehao = J. Nort-East Forest. Univ. 2000. 28, №1.

6. Chen Xiaotong, Shao Jiexicn, Zhang Jun, Chen Rongsheng, Don Younian, Zhang Fan. Dongnan daxue xuebao. Ziran kexue ban. = J. Southeast Univ. Natur. Sci. Ed. 2001.31. «3.

7. Uglyanitsa AV, Khmelenko TI, Solonin KD. Slag-alkaline concrete-efficient building material: International journal of applied engineering research (IJAER), India. Vol. 9, №22. 2014. P. 16837-16842.

8. Uglyanitsa AV, Solonin KD, Strukova EA. Charcterization of autoclaved slag concrete for stowing the vertical mine workings under liquidation: «Research Journal of Applied Sciences». 2015. 10(2). P. 84-91.

9. Bronnikov DM et al. Stowing operations in mines: a reference book. M.: Nedra, 1989. 400 p.

10. Fundamentals of technology for underground mining with stowing / editor in chief AF Nazarchik. M.: Nauka, 1973. 200 p.

11. Bondarev VG. Improvement of the structure of filling mixtures based on the theory of binary systems: extended abstract of Cand. Sci. (Eng.) Dissertation: 05.15.02 / Moscow State Mining University. M.: 1999. 20 p.

12. Dokukin OS, Koskov IG, Drutsko VP, Bernshtein SA. Concrete and mortars for underground mine construction: reference guide. M.: Nedra, 1989. 211 p.

13. GOST 10180-2012. Concretes. Methods for strength determination using reference specimens. – M.: Standartinform, 2013. – 30 p.

14. Ashmarin IP, Vasiliev IN, Ambrosov VA. Rapid statistical techniques and experiment design. Leningrad LSU, 1975. 76 p.

15. GOST 10181.1-81. Concrete mixtures. Test methods for determination of workability. M.: Standartinform, 1997. 17 p.

© 2022 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Andrey V. Uglyanitsa, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (28, Vesennyyaya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation), Dr. Sc.in Engineering, Professor, uav@Kuzstu.ru

Contribution of the authors:

Andrey V. Uglyanitsa - research problem statement; scientific management; reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; writing the text, data collection; data analysis; reviewing the relevant literature; drawing the conclusions; writing the text.

All authors have read and approved the final manuscript.