

**ГЕОТЕХНОЛОГИЯ
GEOTECHNOLOGY**

Научная статья

УДК 622.014.5:624.153.531

DOI: 10.26730/1999-4125-2023-3-91-99

**ПЕСЧАНО-ЦЕМЕНТНЫЕ ФУНДАМЕНТНЫЕ ПОДУШКИ
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОСНОВАНИЙ ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Угляница Андрей Владимирович, Санталова Татьяна Николаевна

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

*для корреспонденции: uav@Kuzstu.ru

**Информация о статье**

Поступила:

07 марта 2023 г.

Одобрена после
рецензирования:

15 июня 2023 г.

Принята к публикации:

20 июня 2023 г.

Опубликована:

30 июня 2023 г.

Ключевые слова:

горно-техническое здание,
техногенный грунт,
вскрышная порода, песок,
портландцемент,
фундаментная подушка.

Аннотация.

Выполнен анализ возможности применения песчаных и грунтоцементных фундаментных подушек при строительстве горно-технических зданий и сооружений на техногенном, структурно-неустойчивом, слабом, водопроницаемом поверхностном слое грунта. Установлено, что применение этих подушек для замены техногенных слабых грунтов основания при строительстве горно-технических зданий и сооружений является неэффективным. Для подготовки оснований фундаментов горно-технических зданий и сооружений, возводимых на техногенных, слабых грунтах, предложено применять песчано-цементные подушки, технология изготовления которых включает: удаление на заданную глубину техногенного слабого грунта, укладку на его место в образованный котлован искусственного песка из тонкомолотой вскрышной горной породы и перемешивание песка с цементным вяжущим в котловане по технологии поверхностного перемешивания грунтов (Shallow Soil Mixing). Выполнены лабораторные экспериментальные исследования по определению рационального состава песчано-цементных фундаментных подушек. Установлено, что двухкомпонентный искусственный песок из молотой вскрышной осадочной породы с пределом прочности на одноосное сжатие $R_c \approx 35-45$ МПа, содержащий 25% песчаной фракции «-0,63 +0,315» и 75% фракции «-0,315», при перемешивании его с цементным раствором с цементно-водным массовым отношением Ц:В = 1:0,5 позволяет изготавливать прочную фундаментную подушку для обеспечения безаварийной эксплуатации горно-технических зданий и сооружений, а также утилизировать отвалы горных пород на горном предприятии и, как следствие, улучшить экологическую ситуацию на прилегающей к нему территории.

Для цитирования: Угляница А.В., Санталова Т.Н. Песчано-цементные фундаментные подушки для подготовки оснований горно-технических зданий и сооружений // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 3 (157). С. 91-99. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-3-91-99, EDN: JOIFWS

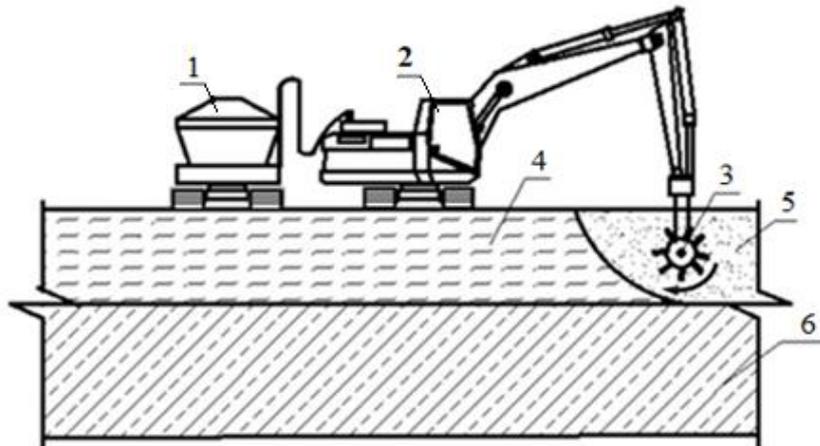


Рис. 1. Схема возведения фундаментной подушки по технологии поверхностного перемешивания грунтов: 1 – станция для приготовления и нагнетания цементного раствора; 2 – самоходная смесительная машина (на базе экскаватора); 3 – роторно-культиваторный рабочий орган для перемешивания грунта с цементным раствором; 4 – слабый поверхностный слой грунтового основания; 5 – грунтоцементная фундаментная подушка; 6 – прочный слой грунтового основания

Fig. 1. Layout of the construction of a cushion using the soil mixing technology: 1 – station for mixing and injection of cement mortar; 2 – self-propelled mixing excavator-based machine; 3 – rotary hoe working body for mixing soil with cement mortar; 4 – man-made loose soil; 5 – soil-cement cushion; 6 – natural subsoil

Введение. На территориях угольных шахт и разрезов в процессе их реконструкции возникает необходимость строительства горно-технических зданий и сооружений на техногенном, структурно-неустойчивом, слабом, водопроницаемом поверхностном слое грунта.

Для обеспечения безаварийной работы системы «основание-фундамент» при строительстве зданий и сооружений на слабых грунтах перед возведением фундамента часто производят работы по созданию искусственно упрочненного грунтового основания путем замены слабого поверхностного слоя грунта на фундаментную подушку из однородного более плотного и прочного материала. В настоящее время для замены слабых грунтов основания распространение получили песчаные фундаментные подушки из уплотненного песка и грунтоцементные фундаментные подушки из перемешанных с цементным вяжущим грунтов основания на месте их залегания [1, 2, 3].

Для возведения песчаной фундаментной подушки на участке грунтового основания здания или сооружения удаляют слой слабого грунта на заданную глубину и производят укладку в разработанную выемку песчаной фундаментной подушки из природного или искусственного крупнозернистого песка, обладающего необходимыми физико-механическими свойствами. Укладку песчаной подушки производят послойно с использованием грунтоуплотняющих тромбовочных машин и механизмов до достижения проектного значения ее плотности [4, 5, 6].

Достоинством песчаных подушек является структурная однородность и надежность оснований, использование местных материалов, простота производства работ, возможность полной механизации и надежный контроль качества работ. К их недостаткам применительно к основаниям горно-технических зданий и сооружений относятся трудность, а часто и невозможность уплотнения песка в теле подушки до требуемых ее плотностных, прочностных и фильтрационных характеристик; необходимость применения специальных грунтоуплотняющих машин и механизмов и невозможность их применения при возведении песчаной подушки вблизи существующих горно-технических зданий, наземных и подземных сооружений вследствие возможности их сейсмического повреждения.

Поэтому применение песчаных подушек при строительстве горно-технических зданий на техногенном, структурно-неустойчивом, слабом, водопроницаемом поверхностном слое грунта распространения не получило.

Для возведения грунтоцементной фундаментной подушки из связанных цементным вяжущим грунтов применяют технологию поверхностного перемешивания грунтов (Shallow Soil Mixing) [7, 8, 9].

Закрепление грунтов по данной технологии производят специальными самоходными смесительными машинами на гусеничном ходу или переоборудованными экскаваторами с рабочим органом роторно-культиваторного типа для разрыхления слабого грунта на месте своего залегания и перемешивания его с цементным вяжущим. Цементное вяжущее к разрыхляемому грунту подается в сухом виде пневмонагнетателем или в виде цементного раствора насосом через сопло, расположенное на рабочем органе. При этом подачу цементного вяжущего в сухом виде применяют при закреплении обводненных грунтов. Обработку грунта основания производят захватками длиной 3–5 м, шириной 2–3 м и на глубину до 5–7 м, которая ограничивается глубиной погружения рабочего органа в грунт [1, 10, 11]. На Рис. 1 представлена схема возведения фундаментной подушки по технологии поверхностного перемешивания грунтов.

Достоинством грунтоцементной фундаментной подушки, возводимой по технологии поверхностного перемешивания грунтов, в сравнении с песчаной подушкой является: отсутствие необходимости замены слабых грунтов под фундаментом, упрочнение слабого грунта на месте его залегания до требуемых плотностных, прочностных и фильтрационных свойств, отсутствие необходимости применения специальных грунтоуплотняющих машин и механизмов.

Недостаток грунтоцементной фундаментной подушки, возводимой по технологии поверхностного перемешивания грунта на месте его залегания, заключается в том, что при перемешивании цементного вяжущего со структурно-неоднородным техногенным грунтом, содержащим в себе большое количество различных техногенных включений от предыдущей эксплуатации данного земельного участка, невозможно получить грунтоцементную фундаментную подушку с однородными физико-механическими свойствами. Кроме этого, грунтоцементные фундаментные подушки имеют сравнительно небольшую прочность и поэтому согласно СНиП 2.02.01-83 их область применения ограничивается зданиями и сооружениями III класса [7].

Поэтому грунтоцементные фундаментные подушки при строительстве горно-технических зданий и сооружений на техногенном, структурно-неустойчивом, слабом, водопроницаемом поверхностном слое грунта не нашли применения.

Для подготовки оснований фундаментов горно-технических зданий и сооружений, возводимых на техногенных, структурно-неоднородных, слабых, водопроницаемых грунтах, в КузГТУ предложено применять песчано-цементные подушки, технология изготовления которых включает: удаление на заданную глубину техногенного структурно-неустойчивого грунта, укладку на его место в образованный котлован искусственного песка из тонкомолотой вскрышной горной породы и перемешивание песка с цементным вяжущим в котловане по технологии поверхностного перемешивания грунтов. Такой способ не будет требовать при изготовлении фундаментной подушки применения виброударных грунтоуплотняющих машин и механизмов и позволит получать прочные песчано-цементные фундаментные подушки с физико-механическими характеристиками, значительно превышающими характеристики песчаных и грунтоцементных подушек при строительстве горно-технических зданий и сооружений на техногенном, структурно-неустойчивом, слабом, водопроницаемом поверхностном слое грунта. Кроме этого, изготовление песка для песчано-цементной фундаментной подушки из вскрышных горных пород позволит утилизировать породные отвалы и улучшить экологическую ситуацию на горном предприятии и прилегающей к нему территории.

Материал и методы исследования. Согласно СНиП 2.02.01-83, закрепление грунтов путем перемешивания их на месте своего залегания с цементом или цементным раствором выполняют с целью повышения их прочности и водонепроницаемости в основании проектируемых сооружений, при этом характеристики закрепленного цементным вяжущим грунтового массива определяют на основе его лабораторного испытания с учетом их возможного изменения при увлажнении в процессе эксплуатации. Полученный массив из закрепленного грунта может быть приравнен к скальным грунтам и использован в качестве конструктивного элемента фундамента здания. При этом основной прочностной характеристикой закрепленного цементным вяжущим грунтового массива является предел прочности на одноосное сжатие R_c [7, п.п. 2.10, 2.11 и 16.1].

В связи с вышесказанным в КузГТУ выполнены лабораторные экспериментальные исследования по определению рационального состава песчано-цементных фундаментных подушек для подготовки оснований горно-технических зданий и сооружений, расположенных на техногенных, структурно-неустойчивых, слабых, водопроницаемых грунтах.

Для исследования прочностных свойств песчано-цементных фундаментных подушек были использованы следующие исходные материалы. Вяжущее – портландцемент, марки ЦЕМ I 42,5Н. Вода – водопроводная с температурой +14° С. Для получения более плотного, прочного и водонепроницаемого песчано-цементного камня, а также для снижения расхода цемента наиболее часто применяют двухкомпонентную (бинарную) смесь, при которой формируется каркасно-заполненная структура песка. При этом частицы мелкой фракции песка заполняют пустоты между частицами крупной фракции, в результате образуется более плотная песчаная смесь, содержащая большое количество твердого вещества [12].

Для изготовления образцов принимали три стандартные фракции песка: «-0,315», «-0,63 +0,315» и «-1,25 +0,63» мм. Песок с более крупными стандартными фракциями при исследовании не применяли, поскольку известно, что с увеличением размеров песчаных фракций в песке прочность песчано-цементного камня снижается [13].

Варьирование содержания фракций песка в образцах принимали, исходя из принципа минимальной достаточности, равного 25%. Всего было испытано 9 возможных вариантов содержания фракций песка в песчано-цементном камне.

Искусственный песок для песчано-цементных фундаментных подушек следует изготавливать из песчаника с пределом прочности на одноосное сжатие $R_c \approx 35-45$ МПа, поскольку песчаники с такой прочностью легко перемалываются в современных промышленных мельницах, например, в центробежной мельнице Титан М-160 с производительностью 10-25 т/ч и крупностью измельчения 0,06-3,0 мм. В этой связи при экспериментальных исследованиях искусственный песок изготавливали в лабораторной шаровой мельнице из песчаника на глино-известковом цементе с пределом прочности на одноосное сжатие $R_c=38$ МПа. Перемолотую породу рассеивали на фракции: «-1,25 +0,63», «-0,63 +0,315» и «-0,315» мм на лабораторных ситах [13, 14].

Для приготовления песчано-цементной смеси применяли цементный раствор с цементно-водным массовым отношением Ц:В = 1:0,5, поскольку он обладает 100% выходом цементного камня [14, 15]. Объем цементного раствора принимали равным пустотности песка, которую определяли путем заполнения водой мерной формы с песком заданной фракции.

Образцы песчано-цементного камня изготавливали в металлических формах с размером 100×100×100 мм согласно ГОСТ 10180–2012 [16]. Цементный раствор приготавливали в лабораторном турбулентном смесителе. Затем в лопастном лабораторном смесителе перемешивали песок заданной фракции с цементным раствором, имитируя поверхностное перемешивание песка с цементным раствором роторно-культиваторным рабочим органом смесительной машины. Готовую песчано-цементную смесь помещали в металлические формы. Отформованные образцы хранили в течение суток в формах при температуре +22 ± 2° С. После разопалубачивания образцы песчано-цементного камня набирали прочность при той же температуре и постоянной влажности 90% в течение 28 сут.

Определение предела прочности образцов на сжатие производили на гидравлическом прессе. Для получения достоверного результата количество экспериментов с одинаковыми по составу образцами было определено на основе методов статистической обработки и планирования экспериментов равным 3. Из трех полученных результатов для образцов одного состава принимали среднеарифметическое значение предела прочности на одноосное сжатие. Всего было испытано 27 образцов песчано-цементного камня.

Испытание на снижение прочности при водонасыщении песчано-цементного камня производили только для образцов с фракционным составом песка, при котором было получено максимальное значение предела прочности на сжатие. Всего было испытано 6 образцов, из которых 3 образца были испытаны на прочность сухими, а оставшиеся 3 – после их водонасыщения. Перед водонасыщением каждый образец вначале взвешивали сухим. Взвешивание осуществляли на электронных весах с точностью измерения 0,0005 г. Затем образец помещали в воду и периодически, раз в сутки, взвешивали. После того, как вес образца стабилизировался, его испытывали на прочность на гидравлическом прессе по той же методике,

как и для сухих образцов. Определяли коэффициент размягчения песчано-цементного камня K_p как отношение пределов прочности при сжатии образца в водонасыщенном состоянии R_C^B к пределу прочности образца в сухом состоянии R_C^C . Из трех полученных результатов принимали среднеарифметическое значение предела прочности на сжатие водонасыщенного песчано-цементного камня.

Результаты исследований и их обсуждение. В Табл. 1 представлены результаты экспериментальных исследований по определению предела прочности образцов песчано-цементного камня на одноосное сжатие R_c в зависимости от размеров фракций песка и их процентного содержания.

Таблица 1. Результаты экспериментальных исследований по определению предела прочности на одноосное сжатие образцов песчано-цементного камня в зависимости от размеров фракций песка и их процентного содержания
Table 1. Results of experimental studies to determine the uniaxial compressive strength of sand-cement stone samples depending on the size of sand fractions and their percentage

Номер образца	Крупная фракция песка		Мелкая фракция песка		Объем цементного раствора V_p , см ³	Средний предел прочности на одноосное сжатие R_c , МПа
	Размер фракции, мм	Процентное содержание, %	Размер фракции, мм	Процентное содержание, %		
1	-1,25+0,63	25	0,63+0,315	75	592	11,8
2	-1,25+0,63	50	0,63+0,315	50	578	11,3
3	-1,25+0,63	75	0,63+0,315	25	563	10,2
4	-1,25+0,63	25	-0,315	75	607	13,2
5	-1,25+0,63	50	-0,315	50	587	12,3
6	-1,25+0,63	75	-0,315	25	570	11,0
7	-0,63+0,315	25	-0,315	75	617	14,9
8	-0,63+0,315	50	-0,315	50	605	13,8
9	-0,63+0,315	75	-0,315	25	584	13,3

На Рис. 2 представлена зависимость предела прочности образцов песчано-цементного камня на одноосное сжатие R_c в зависимости от размеров фракций песка и их процентного содержания.

Анализ выполненных лабораторных экспериментальных исследований показал, что наибольшая прочность на одноосное сжатие, равная $R_c = 14,9$ МПа, была достигнута на образцах песчано-цементного камня с двухкомпонентной песчаной смесью, содержащей 25% песка с фракцией «-0,63 +0,315» и 75% песка с фракцией «-0,315». При использовании для изготовления песчано-цементного камня песка с более крупной фракцией «-1,25+0,63», а также при уменьшении процентного содержания в песке мелкой фракции «-0,315» до 50 и 25% прочность образцов песчано-цементного камня снижалась, при этом минимальная прочность на сжатие, равная $R_c = 10,2$ МПа, была получена при песчаной смеси, содержащей 75% песка с фракцией «-1,25+0,63» и 25% песка с фракцией «-0,63 +0,315». Объем цементного раствора

Ц:В = 1:0,5 для приготовления образца песчано-цементного камня размером 10×10×10 см незначительно возрастал с увеличением содержания в ней мелких фракций песка, при этом максимальный объем цементного раствора, равный $V = 617 \text{ см}^3$, был получен для песчаной смеси, содержащей 25% песка с фракцией «-0,63 +0,315» и 75% песка с фракцией «-0,315», а минимальный объем цементного раствора, равный $V = 570 \text{ см}^3$ – для песчаной смеси, содержащей 75% песка с фракцией «-1,25+0,63» и 25% песка с фракцией «-0,63 +0,315».

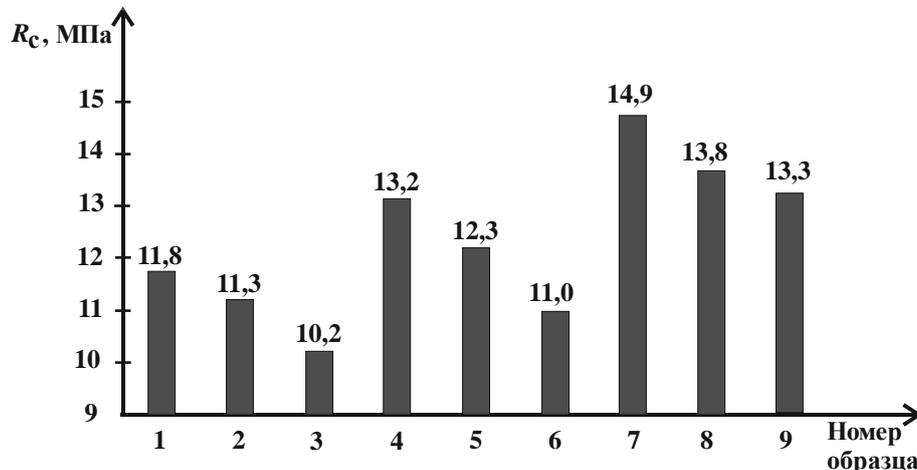


Рис. 2. Зависимость значения предела прочности образцов песчано-цементного камня на одноосное сжатие R_c в зависимости от размеров фракций песка и их процентного содержания (номера и составы образцов см. в Табл. 1)

Fig. 2. Dependence of the ultimate uniaxial compression strength R_c of sand-cement stone samples on the size of the sand fractions and their percentage (numbers and compositions of samples are shown in Table 1).

Таблица 2. Снижение предела прочности на одноосное сжатие при водонасыщении образцов песчано-цементного камня

Table 2. Decrease in uniaxial compression strength at water saturation of sand-cement stone samples

Параметр	Номер образца		
	1	2	3
Предел прочности сухого образца R_c^c , МПа	14,85	14,90	14,95
Предел прочности водонасыщенного образца R_c^b , МПа	11,75	11,95	12,45
Коэффициент размягчения K_R , %	0,79	0,80	0,83

Для испытания на снижение предела прочности на одноосное сжатие песчано-цементного камня при его водонасыщении было изготовлено 6 одинаковых образцов песчано-цементного камня, содержащего 25% песка с фракцией «-0,63 +0,315» и 75% песка с фракцией «-0,315», то есть образцов с максимальной прочностью. При этом 3 образца были испытаны на прочность при одноосном сжатии сухими, а оставшиеся три – после их водонасыщения.

Результаты испытания на снижение предела прочности на одноосное сжатие при водонасыщении образцов песчано-цементного камня представлены в Табл. 2.

Процесс водонасыщения образцов песчано-цементного камня продолжался 13–15 суток. Основное поглощение воды образцами происходило в первые сутки ($\approx 90\%$). В оставшееся время происходило незначительное водонасыщение образцов. При этом снижение прочности на одноосное сжатие при водонасыщении образцов песчано-цементного камня составило 17–21%.

Выводы. По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Установлено, что двухкомпонентный искусственный песок, изготовленный из молотой вскрышной осадочной породы с пределом прочности на одноосное сжатие

$R_c \approx 35-45$ МПа, содержащий 25% песчаной фракции « $-0,63 +0,315$ » и 75% фракции « $-0,315$ », при перемешивании его цементным вяжущим позволяет получать прочный в сухом и водонасыщенном состояниях песчано-цементный камень.

2. Приготовление песчано-цементного камня способом поверхностного перемешивания двухкомпонентного искусственного песка из молотой вскрышной породы с цементным вяжущим в котловане на месте удаленного техногенного, структурно-неустойчивого, слабого, водопроницаемого грунта позволяет изготавливать прочную фундаментную подушку для обеспечения безаварийной эксплуатации горно-технических зданий и сооружений.

3. Изготовление песка для фундаментной подушки из вскрышных горных пород на практике позволяет утилизировать отвалы горных пород и, как следствие, улучшить экологическую ситуацию на горном предприятии и прилегающей к нему территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мангушев Р. А., Усманов Р. А., Ланько С. В., Конюшков В. В. Методы подготовки устройства искусственных оснований. Москва – Санкт-Петербург : Изд. АСВ, 2012. 280 с.
2. Далматов Б. И. [и др.] Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений. Москва : Изд-во АСВ, 2006. 428 с.
3. Коновалов П. А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. М. : Стройиздат, 1988. 287 с.
4. Абелев М. Ю. Строительство промышленных и гражданских сооружений на слабых водонасыщенных грунтах. М. : Стройиздат, 1983. 248 с.
5. Берлинов М. В. Основания и фундаменты: Учеб. для строит. спец. вузов. М. : Высш. шк., 1998. 319 с.
6. СП 45.13330.2012 «СНиП 3.02.01-87». Земляные сооружения, основания и фундаменты. М. : ФГУП ЦПП, 2012. 56 с.
7. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений. М. : ФГУП ЦПП, 2006. 48 с.
8. Technical specifications shallow soil mixing construction [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.geo-solution.com>, свободный. (дата обращения 31.01.2023).
9. Mass stabilization Manual. ALLU Finland, 2015. 68 p.
10. 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. pp. 217-222.
11. Сажка Р., Burkovic K., Bucht, V. Foundation Slab in Interaction with Subsoil // Advanced Materials Research. 2014. № 838–841. pp. 375-380.
12. Угляница А. В., Гилязидинова Н. В., Машкин Н. А., Каргин А. А.: Разработка строительных материалов на основе отходов промышленного производства: монография. Кемерово: Изд-во КузГТУ, 2017. 175 с.
13. Угляница А. В. Трехслойный сплошной плитный фундамент для застройки подработанных территорий ликвидированных угольных шахт и разрезов. М. : Русайнс. №1, 2020. С. 270–274.
14. Угляница А. В. Обоснование параметров технологии литой закладки неэксплуатируемых подземных сооружений в городском пространстве // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2022. № 1. С. 83–90.
15. 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.
16. ГОСТ 10180–2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. М. : Стандартинформ, 2013. 30 с.

© 2023 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, д.т.н., профессор, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, (650000, г. Кемерово, Весенняя, 28), e-mail: uav@kuzstu.ru
Санталова Татьяна Николаевна, доцент, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, (650000, г. Кемерово, Весенняя, 28), e-mail: santalovatn@kuzstu.ru

Заявленный вклад авторов:

Угляница Андрей Владимирович – постановка исследовательской задачи, концептуализация

исследования, анализ данных, выводы, написание текста.

Санталова Татьяна Николаевна – научный менеджмент, обзор соответствующей литературы, сбор данных, обзор соответствующей литературы.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

SAND-CEMENT CUSHIONS FOR PREPARATION OF THE BASES OF MINING BUILDINGS AND STRUCTURES

Andrey V. Uglyanitsa, Tatiana N. Santalova

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

*for correspondence: uav@Kuzstu.ru



Article info

Received:

07 March 2023

Accepted for publication:

15 June 2023

Accepted:

20 June 2023

Published:

30 June 2023

Keywords: mining building, man-made soil, overburden, sand, Portland cement, cushion

Abstract.

The possibilities of using sand and soil-cement cushions in the construction of mining buildings and structures on man-made, yielding, loose, permeable surface soils are analyzed. It is established that the use of these cushions as a replacement of man-made foundation soils in the construction of mining buildings and structures is inefficient. To prepare the bases of mining buildings and structures that are built on man-made loose soils, it is proposed to use sand-cement cushions, the manufacturing technology is as follows - man-made loose soil is removed to a given depth; artificial sand made of finely ground overburden rock is placed in the formed pit and then the sand is mixed with cement binder in the pit using Shallow Soil Mixing technology. Laboratory experimental studies were carried out to determine the rational composition of sand-cement cushions. It is established that two-component artificial sand from ground overburden sedimentary rock with a uniaxial compressive strength $R_c \approx 35-45$ MPa, containing 25% of the "-0.63 + 0.315" sand fraction and 75% of the "-0.315" fraction when mixed with cement mortar with a cement-water mass ratio $C:W = 1:0.5$ makes it possible to produce a solid cushion to ensure trouble-free operation of mining buildings and structures. The production of sand from overburden rocks will also make it possible to utilize rock dumps and, as a result, improve the environmental situation at the mining enterprise and the territory adjacent to it.

For citation: Uglyanitsa A.V., Santalova T.N. Sand-cement cushions for preparation of the bases of mining buildings and structures. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2023; 2(157):91-99. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2023-3-91-99, EDN: JOIFWS

REFERENCES

1. Mangushev R.A., Usmanov R.A., Lanko S.V., Konyushkov V.V. Methods of artificial foundation work. Moscow, St. Petersburg: ACB; 2012. 280 p.
2. Dalmatov B.I. [at al.] Design of foundations for buildings and underground structures. Moscow: ACB; 2006. 428 p.
3. Konovalov P.A. Bases and foundations of reconstructed buildings. Moscow: Stroyizdat; 1988. 287 p.
4. Abelev M.Yu. Construction of industrial and civil structures on loose water-saturated soils. Moscow: Stroyizdat; 1983. 248 p.
5. Berlinov M.V. Bases and foundations: Textbook for construction specialties of universities. Moscow: Vysshaya shkola; 1998. 319 p.
6. SP 45.13330.2012 «SNiP 3.02.01-87». Earthworks, bases and foundations. Moscow: CPP; 2012. 56 p.
7. SNiP 2.02.01-83. Foundations of buildings and structures. Moscow: CPP; 2006. 48 p.
8. Technical specifications for shallow soil mixing construction [Electronic resource]. Available at: <http://www.geosolution.com> (access date 31.01.2023).
9. Mass stabilization Manual. ALLU Finland, 2015. 68 p.

10. 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. Pp. 217-222.

11. Cajka R., Burkovic K., Buchta, V. Foundation Slab in Interaction with Subsoil // *Advanced Materials Research*. 2014; 838-841:375-380.

12. Uglyanitsa A.V., Gilyazidinova N.V., Mashkin N.A., Kargin A.A. Development of building materials based on industrial waste: monograph. Kemerovo: KuzSTU; 2017. 175 p.

13. Uglyanitsa A.V. Three-layer solid slab foundation for building sunsided areas of abandoned coal mines and open pits. *Ruscience*. 2020;1:270–274.

14. Uglyanitsa A.V. Substantiation of the parameters of the technology of cast laying of non-operated underground structures in the urban space. *Bulletin of KuzSTU*. 2022; 1:83–90.

15. Dokukin O.S., Koskov I.G., Drutsko V.P., Bernshtein S.A. Concretes and mortars for underground mine construction: reference book. Moscow: Nedra; 1989. 211 p.

16. GOST 10180-2012. Concrete. Methods for determining the strength according to control samples. Moscow: Standartinform; 2013. 30 p.

© 2023 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, Dr. Sc.in Engineering, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation), e-mail: uav@kuzstu.ru

Tatiana N. Santalova, Associate Professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation), e-mail: santalovatn@kuzstu.ru

Contribution of the authors:

Andrey V. Uglyanitsa – setting up a research task, conceptualizing research, analyzing data, drawing conclusions, writing a text.

Tatiana N. Santalova – scientific management, review of relevant literature, data collection, review of relevant literature.

All authors have read and approved the final manuscript.

