

УДК 691.5:66.973.2

**CEMENT DRY CONSTRUCTION MIXTURES WITH IMPROVED HEAT  
AND SOUND INSULATION PROPERTIES FOR THE DEVICE OF  
ELEMENTS OF FLOORS OF CIVIL BUILDINGS**

**ЦЕМЕНТНЫЕ СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ С УЛУЧШЕННЫМИ ТЕПЛО-  
ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ЭЛЕМЕНТОВ  
ПОЛОВ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ**

**Bondar A.V. / Бондарь А.В.**

*applicant, assistant / соискатель, ассистент*

*ORCID: 0000-0002-8098-1181*

**Kovalsky V.P. / Ковальский В.П.**

*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

*ORCID: 0000-0002-3103-6319*

*SPIN: 8313-4157*

**Ocheretny V.P. / Очеретный В.П.**

*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

*ORCID: 0000-0001-5420-8550*

**Burlakov V.P. / Бурлаков В.П.**

*postgraduate student / аспирант*

*Vinnitsa National Technical University, Vinnitsya, Khmelnytske shose 95, 21021*

*Винницкий национальный технический университет, Винница, Хмельницкое шоссе, 95*

**Аннотация.** В работе рассматривается актуальность разработки сухих строительных смесей для устройства тепло-звукоизоляционных слоев полов гражданских зданий. Сухие смеси разрабатывались на основании портландцемента и минеральных добавок, а также отходов производства таких, как зола-унос теплоэлектростанций, отходы обработки и дробления известняковых пород. Разработка составов облегченных, но прочных сухих строительных смесей, стал возможен при использовании механически-активированных минеральных наполнителей разного гранулометрического состава в комплексе с пенообразователями и поверхностно-активными веществами, редиспергируемыми полимерными порошками, эфирами целлюлозы, пластификаторами, полимерной фиброй. Получаемые растворные смеси имеют подвижность 8-16 см, а растворы – пористую структуру с равномерно распределенными сферическими закрытыми порами и пониженную среднюю плотность в границах 770-1200 кг/м<sup>3</sup> при прочности на сжатие 7,0-14 МПа. Это снижает вес бетонного междуэтажного перекрытия, улучшает звуко- и теплопроницаемость помещений, позволяет укладывать конструкцию слоя по технологии наливного пола, а технология использования готовых смесей на строительной площадке совместно с производством сухих смесей из местного сырья и отходов производства имеет экономический эффект.

**Ключевые слова:** сухие строительные смеси, цемент, тепло-звукоизоляция, полы, гражданские здания, свойства строительных смесей и растворов, пористая структура, легкий раствор, добавка.

**Вступление.**

Сухие строительные смеси (ССС) широко используются современным потребителем для различных видов работ. Возможность варьировать составы и получать заданные свойства смесей, а также упрощенная технология выполнения работ на строительной площадке делают СССР экономически и технологически привлекательнее обычных растворов. Незаменимы стали сухие смеси со специальными свойствами, например, тепло- и гидроизоляционные, клеевые составы и т.п.

Высокие требования к экологичности, ресурсосбережению, срокам и качеству выполнения работ при возведении гражданских зданий сегодня дополнены требованиями теплового и звукового комфорта. Неотъемлемой и важной частью проектирования и возведения любого гражданского здания является правильная конструкция полов первых этажей, междуэтажных перекрытий и перекрытий чердачных этажей. Кроме больших тепловых потерь, неправильно подобранные материалы для устройства элементов полов утяжеляют конструкцию и прекрасно передают воздушные шумы и вибрации, нарушая микроклимат помещения. При этом растут также траты тепловой энергии на отопление здания. Потому актуальным вопросом является разработка эффективных строительных растворов для устройства элементов полов именно из сухих строительных смесей.

#### **Основной текст.**

Целью работы была разработка составов цементных сухих строительных смесей с минеральными добавками и отходами производства с улучшенными тепло-звукоизоляционными характеристиками. Вопрос решался следующими путями [1-6]:

- 1) оптимизацией составов минеральных смесей с учетом экономии цемента и дорогих полимерных добавок;
- 2) введением в СССР на минеральной основе поверхностно-активных веществ и пенообразователей;
- 3) подбором гранулометрического состава минеральных наполнителей и заполнителей, их механической активацией;

4) определения зависимости свойств смеси от соотношения связующего (цемента) к минеральному заполнителю;

5) регулировкой свойств с помощью органических добавок и полимерной фибры

6) отработкой технологии приготовления смеси на строительной площадке.

В ходе теоретических и практических исследований было установлено эффективности использования отходов дробления и обработки карбонатных пород (известняков местных месторождений) в качестве основного заполнителя и наполнителя сухих смесей пористой структуры [1-3], особенно при введении золы-унос на стадии механической активации данного заполнителя и дальнейшего смешивания с цементом. Результатом является получение ССС со свойствами, приведенными в табл. 1, при затратах цементного вяжущего от 25% до 55% от массы сухих компонентов (в зависимости от степени поризации). Данные результаты объясняются некой остаточной химической и электрической активностью составляющих минеральной смеси [7] и при их дополнительной активации (простейший метод – механическое воздействие на частицы заполнителя) можно получить прирост прочности пористых ССС.

**Таблица 1**

**Свойства разработанных составов пористых ССС**

Гранулометрия основного заполнителя, мм	В/Т	Средняя плотность раствора, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие в возрасте 28 дней, МПа	Коэффициент теплопроводности, λ, Вт/(м×°С)	Подвижность растворной смеси, см
Разработанные составы пористых ССС					
До 0,14 мм	0,367	770	6,93	0,289	16,1
0,14-0,315 мм	0,260	988	13,74	0,402	8,7
0,315-0,63 мм	0,263	813	7,57	0,312	8,8
0,63-1,25 мм	0,276	900	8,05	0,356	12,3
1,25-2,5 мм	0,316	830	12,91	0,320	14,8
0,315-0,63 мм	0,325	1180	14,85	0,467	10,4
Известные на рынке составы ССС на перлитовом заполнителе (для сравнения)					
До 1,2 мм	0,33	350	0,45	0,09	8
До 1,2 мм	0,45	800	1,8	0,132	8

*Авторская разработка*

Данные составы по прочности и подвижности подходят для использования их при устройстве конструкций полов и перекрытый гражданский зданий (кроме стяжек). Регулировка вооудерживающей способности, усадки, трещиностойкости осуществлялась дополнительным введением в минеральную смесь полимерных добавок, широко применяемых для ССС, и легкой полимерной фибры, которая не разрушает сферические равномерные поры в структуре затвердевшего раствора и не утяжеляет его, а также отработкой технологии приготовления смеси [4, 6].

Важнейшим показателем для пенобетонных и пористых легких смесей есть закрытая пористость, поскольку, благодаря закрытым порам и осуществляется тепло- и звукоизоляция материала [7, 8]. Количество закрытых пор в разработанных ССС (свойства см. табл. 2) составляет от 54% до 64%.

**Таблица 2**

**Свойства разработанных составов пористых ССС**

Гранулометрия основного заполнителя, мм	Затраты цемента, %	Пористость, П, %	Закрытая пористость, Пз, %	Коэффициент размягчения, k <sub>p</sub>	Прочность на сжатие в возрасте 28 дней, МПа
До 0,14 мм	25-35	57,27	36,55	0,835	6,09
0,14-0,315 мм	35-55	57,83	33,67	0,830	10,28
0,315-0,63 мм	35-45	54,34	29,54	0,884	6,74
0,63-1,25 мм	35-50	59,05	34,85	0,860	7,41
1,25-2,5 мм	25-55	60,30	35,40	0,900	11,77

*Авторская разработка*

Введение золы-унос в смеси с тонкодисперсными наполнителями с размерами частиц меньше 0,14 мм и до 0,63 мм позволяет повысить закрытую пористость до 8% и прочность на сжатие на 17%, а в смесях с присутствием добавок глины зола-унос позволяет повысить прочность в 2-2,6 раз.

Поскольку закрытопористая равномерная структура полученных смесей позволяет использовать их, как барьер для проникновения и распространения звуковых волн и колебаний, а так же их постепенному затуханию [7, 8], в лабораторных условиях была проведена проверка плитных образцов ССС

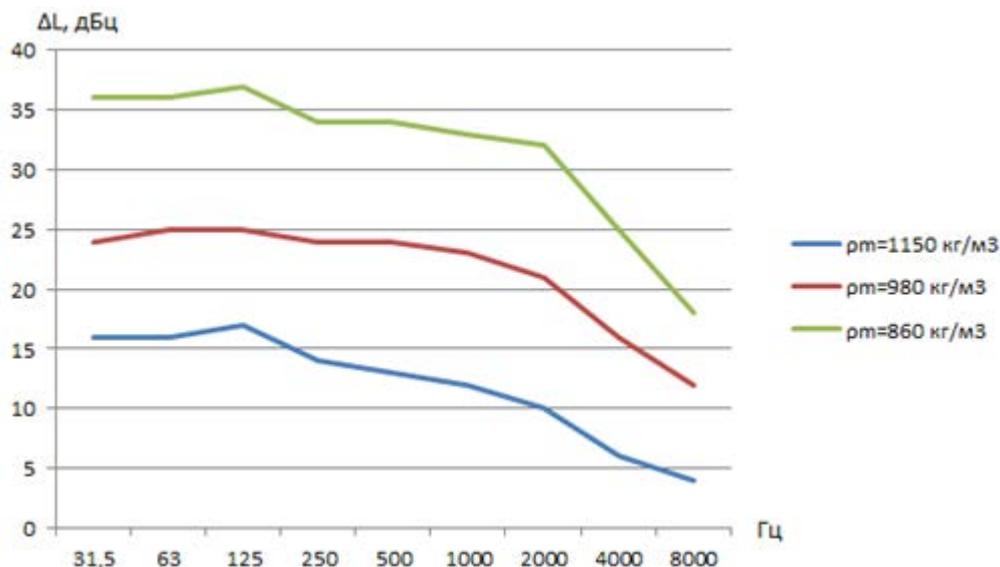
различной толщины и плотности на воздействия шумов и вибрации [5].  
 Результаты лабораторных исследований приведены в табл. 3 и на рис. 1.

**Таблица 3**

**Результаты испытаний растворов, полученных из облегченных составов  
 ССС на акустические воздействия**

Показатели		Уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБ (А)
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Звукоизолирующая способность препятствия из СБС	$\rho_m = 1150 \text{ кг/м}^3$	16	16	17	14	13	12	10	6	4	15
	$\rho_m = 980 \text{ кг/м}^3$	24	25	25	24	24	23	21	16	12	24
	$\rho_m = 860 \text{ кг/м}^3$	36	36	37	34	34	33	32	25	18	35
Звукоизолирующая способность препятствия из пенопласта (для сравнения)		12	8	10	8	11	12	12	26	29	14
Звукоизолирующая способность стяжки из теплоизоляционного раствора Тепловер $<\rho_m = 450 \text{ кг/м}^3$ (для сравнения)		14-18									16
Нормированные допустимые уровни звукового давления и эквивалентные уровни звука (СН 3223-85)		86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

*Авторская разработка*



**Рис. 1. Зависимость звукоизолирующей способности ССС средней плотности**

*Авторская разработка*

Таким образом, из рис. 1 видно, что звукоизоляционная способность разработанных ССС повышается с понижением их плотности и повышением пористости. Если сравнивать с показателями для плит из пенопласта (часто используемый материал для устройства теплозвукоизоляционного слоя чердачных перекрытий), то разработанные ССС эффективнее во всех диапазонах низко- и среднечастотных шумов (шум соседей, труб в стенах, шум дороги и т.п.) до 2000-4000 Гц.

### **Заключение и выводы.**

Были рассмотрены свойства цементных сухих строительных смесей на цементной основе с использованием активных минеральных наполнителей, добавок поризаторов, минеральных и полимерных стабилизаторов пористой структуры.

Были получены результаты лабораторных испытаний на акустические воздействия, средняя плотность и прочность данных смесей в возрасте 28 дней, рассчитан коэффициент теплопроводности, показатель водостойкости ( $k_p$ ), пористость общая и закрытая.

Результатом работы есть получение цементных сухих строительных смесей с улучшенными тепло-звукоизоляционными свойствами в сравнении с обычными растворами для устройства элементов полов гражданских зданий. Применение обосновано высокой прочностью в сравнении с известными на рынке ССС на пористых заполнителях, и лучшим сопротивлением звуковым воздействиям в сравнение с этими же ССС и легкими полимерными материалами, например, пенопластом, которые используются в конструкциях полов и перекрытий для звукоизоляции.

### **Литература:**

1. Бондар А.В. Вплив мінеральних мікронаповнювачів на властивості поризованих сухих будівельних сумішей / В.П. Очеретний, В.П. Ковальський, А.В. Бондар // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: «Будівництво». – Випуск 10 (18). – 2014. – С. 44-47.

2. Бондарь А.В. Использование карбонатных пород как микронаполнителей в сухих строительных смесях пористой структуры / В.П. Ковальський, В.П. Очеретный, А.В. Бондарь // Актуальные проблемы архитектуры, строительства, энергоэффективности и экологии – 2016: сборник материалов международной научно-практической конференции. – В 3-х т. – Т. I. – Тюмень: РИО ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, 2016. – С. 207-213.

3. Бондар А.В. Утилізація відходів промисловості шляхом виготовлення на їх основі сухих будівельних сумішей / А.В. Бондар, В.П. Ковальський, В.П. Бурлаков, Є.Р. Матвійчук // Екологічні науки: науково-практичний журнал. – К: ДЕА, 2018. – № 3(22). – С. 21-24. – ISSN 2306-9716.

4. Бондар А.В. Вплив мінеральних мікронаповнювачів і полімерних добавок на властивості сухих будівельних сумішей / А.В. Бондар // Інноваційні технології в будівництві. Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції 13-15 листопада 2018 р. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – С. 215-218.

5. Ковальський В.П. Звукоизоляционные сухие строительные смеси на основании отходов производства / В.П. Ковальський, В.П. Очеретный, А.В. Бондарь // Инновационное развитие территорий: Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (г. Череповец, 26 февраля 2016 г.). – Череповец: ЧГУ, 2016. – С. 73-78. – ISBN 978-5-85341-688-8.

6. Бондар А.В. Вплив технологічних факторів на властивості поризованих будівельних розчинів на основі сухих будівельних сумішей // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: Науково-технічний журнал. – Вінниця: ВНТУ. – 2018. – № 2 (25). – С. 31-36.

7. Семириков И. С. Физическая химия строительных материалов: Учебное пособие / И. С. Семириков. – Екатеринбург: ГОУ УГТУ-УПИ, 2002. – 245 с. – ISBN 5-321-00162-6.

8. Горлов Ю. П. Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий: Учебник для вузов по спец. «Пр-во строительный

изделий и конструкций» / Ю. П. Горлов. – М: Высшая школа, 1989. – 384 с.: ил.  
– ISBN 5-06-000155-5.

### **References:**

1. Bondar A.V. Vpliv mineralnih mikronapovnyuvachiv na vlastivosti porizovanikh sukhikh budivelnikh sumishey [The use of carbonate rocks as microfillers in dry building mixtures of porous structure] / V.P. Ocheretnyy, V.P. Kovalskiy, A.V. Bondar // Visnik Sumskogo natsionalnogo agrarnogo universitetu. Seriya: «Budivnitstvo» [Visnyk SAU]. – Vipusk 10 (18). – 2014. – pp. 44-47.

2. Bondar A.V. Ispolzovaniye karbonatnykh porod kak mikronapolniteley v sukhikh stroitelnykh smesyakh poristoy struktury [The use of carbonate rocks as microfillers in dry building mixtures of porous structure] / V.P. Kovalskiy, V.P. Ocheretnyy, A.V. Bondar // Aktualnyye problemy arkhitektury, stroitelstva, energoeffektivnosti i ekologii – 2016: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – V 3-kh t. – T. I. – Tyumen: RIO FGBOU VO Tyumenskiy industrialnyy universitet. 2016. – pp. 207-213.

3. Bondar A.V. Utilizatsiya vidhodiv promislovosti shlyahom vigotovlennya na yih osnovi suhikh budivelnikh sumishey [Wastes utilization of industry and their making based on their dry building mixtures] / A.V. Bondar, V.P. Kovalskiy, V.P. Burlakov, E.R. Matviychuk // Ekologichni nauki: naukovo-praktichniy zhurnal [Ecological Sciences]. – K: DEA, 2018. – № 3(22). – pp. 21-24.

4. Bondar A.V. Vpliv mineralnih mikronapovnyuvachiv i polimernih dobavok na vlastivosti suhikh budivelnikh sumishey / A.V. Bondar // Innovatsiyni tehnologiyi v budivnitstvi. Zbirnik materialiv Mizhnarodnoyi naukovo-tehnichnoyi konferentsiyi 13-15 listopada 2018 r. – Vinnitsya: VNTU, 2018. – pp. 215-218.

5. Kovalskiy V.P. Zvukoizolyatsionnyye sukhiye stroitelnyye smesi na osnovanii otkhodov proizvodstva / V.P. Kovalskiy, V.P. Ocheretnyy, A.V. Bondar // Innovatsionnoye razvitiye territoriy: materialy iv mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (g. Cherepovets, 26 fevralya 2016 g.). – Cherepovets: CHGU. 2016. – pp. 73-78.

6. Bondar A.V. Vpliv tekhnologichnikh faktoriv na vlastivosti porizovanikh budivelnikh rozchiniv na osnovi sukhikh budivelnikh sumishey [The impact of technological factors on properties of porous building solutions that are based on dry building mixes] // Suchasni tekhnologii. materialy i konstruksii v budivnitstvi: naukovo-tehnichniy zhurnal [Modern technology, materials and design in construction]. – Vinnitsya: VNTU. – 2018. – № 2 (25). – pp. 31-36.

7. Semirikov I. S. Fizicheskaya khimiya stroitelnykh materialov: Uchebnoye posobiye / I. S. Semirikov. – Ekaterinburg: GOU UGTU-UPI. 2002. – 245 p.

8. Gorlov Yu. P. Tekhnologiya teploizolyatsionnykh i akusticheskikh materialov i izdeliy: Uchebnik dlya vuzov po spets. «Pr-vo stroitelnyy izdeliy i konstruksiy» / Yu. P. Gorlov. – M: Vysshaya shkola. 1989. – 384 p.

**Abstract.** *The paper discusses the relevance of the development of dry building mixtures for the device body-sound insulation layers of the floors of civilian buildings. Dry mixes were developed on the basis of Portland cement and mineral additives, as well as waste products such as fly ash from thermal power plants, waste processing and crushing of limestone rocks. The development of lightweight, but durable dry building mixes was made possible with the use of mechanically activated mineral fillers of different particle size in combination with blowing agents and surfactants, redispersible polymer powders, cellulose ethers, plasticizers, polymeric fiber. The resulting mortar mixes have a mobility of 8-16 cm, and the solutions have a porous structure with uniformly distributed spherical closed pores and a lower average density within 770-1200 kg/m<sup>3</sup> with a compressive strength of 7.0-14 MPa. This reduces the weight of the concrete interfloor overlap, improves the sound and heat permeability of the premises, allows laying the layer*

*structure according to the self-leveling floor technology, and the technology of using ready-made mixtures on the construction site together with the production of dry mixes from local raw materials and waste products has an economic effect.*

**Key words:** *dry construction mixtures, cement, heat and sound insulation, floors, civil buildings, properties of construction mixtures and solutions, porous structure, light solution, additive.*

Научный руководитель: к.т.н., доц. Очеретный В.П.

Статья отправлена: 26.02.2019 г.

© Бондарь А.В., Ковальский В.П., Очеретный В.П., Бурлаков В.П.