

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 691.23-027.45:666.9

А. А. ДРОЗД¹, О. В. ШТАЙНБРЕШ², Т. М. ДЕХТА³, О. В. ГРОМОВА^{4*}

¹ ТОВ «Тадалс-буд», пров. Біологічний, 2, Дніпро, Україна, 49005, тел. +38 (056) 744 52 52, ел. пошта Li2kondik@ukr.net, ORCID 0000-0001-7588-5569

² Кафедра «Технологія будівельних матеріалів, виробів та конструкцій», Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського 24-а, Дніпро, Україна, 49600, тел. +38 (096) 242 64 41, ел. пошта ov.sharovalova@mail.ru, ORCID 0000-0001-7742-2445

³ Кафедра «Технологія будівельних матеріалів, виробів та конструкцій», Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського 24-а, Дніпро, Україна, 49600, тел. +38 (096) 242 64 41, ел. пошта dehta.tatyana75@gmail.com, ORCID 0000-0001-5023-3070

^{4*} Кафедра «Архітектурне проектування, землеустрій та будівельні матеріали», Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 46, ел. пошта elenagromova@gmail.com, ORCID 0000-0002-5149-4165

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ РЕДИСПЕРСІЙНИХ ПОРОШКІВ ДЛЯ РЕГУЛЮВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІПСОВИХ СУМІШЕЙ

Мета. Розробка сухих будівельних сумішей на основі гіпсу і збільшення терміну їх придатності за рахунок введення складних добавок на основі негашеного вапна та дисперсії [ПВАД] полівінілацетату. **Методика.** У роботі використані стандартні методи дослідження для визначення фізико-механічних властивостей гіпсових в'язучих і якості комплексних добавок згідно з ДСТУ Б В.2.7-82-99, ДСТУ Б В.2.7-23-95, ДСТУ Б В.2.7-65-97. Дослідження фазового складу матеріалів, мікро- та макроструктури проводились за допомогою рентгенофазового аналізу, електронної і світлової мікроскопії. **Результати.** Досліджено вплив основних складових добавки (дисперсії полівінілацетату та вапна) на властивості напівводного гіпсу. Запропоновано та встановлено хімізм взаємодії компонентів складової добавки, згідно з яким лужний гідроліз полівінілацетату призводить до утворення полівінілового спирту, особливістю структури, молекули якої - наявність гідрофільних ОН- груп і гідрофобний компонент – вуглеводородневий радикал. Гідрофільна частина молекули, будучи іонною, адсорбується на поверхні часток в'язучого, утворює мономолекулярну плівку, орієнтовану гідрофобною частиною від часток гіпсу. Можливо також утворення ацетату кальцію $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, що підвищує концентрацію іонів кальцію в розчині. Комбінована дія продуктів гідролізу значно знижує розчинність напівгідрату, швидкість утворення центрів кристалізації, тим самим забезпечуючи ефект сповільнення. **Наукова новизна.** Теоретично обґрунтована та експериментально доказана можливість отримання сухої добавки-сповільнювача утворення гіпсу на основі негашеного вапна і полівінілацетатної дисперсії внаслідок утворення полівінілового спирту і солей ацетату кальцію в результаті лужного гідролізу дисперсії (ПВАД) полівінілацетату під час гасіння вапна в гідратне вапно-пушонку. **Практична значимість.** Результати роботи реалізовано у виробництві сухих гіпсових сумішей.

Ключові слова: суха гіпсова суміш; добавка; міцність; час придатності; строки схоплювання; розчинність

Вступ

В останні роки інтерес до матеріалів на основі гіпсу істотно зріс. Використання сухих гіпсових сумішей показує їх високу ефективність і переваги в порівнянні з традиційними методами ведення оздоблювальних робіт. Вони забезпечують стабільно високий рівень якості обробки, зниження витрат на транспортування, легку переробку матеріалів (Алексеев, 1972; Парикова, 2006; ДСТУ Б В.2.7-126:2006, 2006).

При виготовленні сухих гіпсових сумішей необхідними складовими частинами є добавки, які регулюють строки схоплювання, життєзда-

тність суміші і міцність покриттів. Гіпсові в'язучі є швидко схоплювальними і рішення задачі збільшення придатності полягає в правильному виборі спеціальних добавок – уповільнювачів схоплювання.

В Україні, на жаль, вітчизняна промисловість не приділяє достатньої уваги виробництву високоефективних добавок. І хоча оптимізації, розробці складів і виробництва сухих будівельних сумішей з вітчизняне сировини присвячено значна кількість робіт Ратинов В. Б., Будніков П. П., Пашенко А. А., Бабушкін В. І., Ушеров-Маршак А. В., Мчедлов-Петросян О. П., Рунова

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Р. Ф., Кривенко П. В. та інші, все ж питання розробки вітчизняних добавок є досить гострим.

В Україні представлені різні види функціональних добавок у вигляді редисперсійних полімерних порошоків в основному закордонного виробництва, вартість яких становить значну частину собівартості суміші (Балмасова, & Мешков, 2006; Бердов, & Парикова, 2006). Тому питання розробки і дослідження редисперсійних полімерних добавок, для спрямованого регулювання властивостей розчинних сумішей на основі гіпсу, є актуальним науково-технічним напрямком в будівельному матеріалознавстві.

Мета

Розробити склади добавок на основі полівінілацетатної дисперсії (ПВАД) і негашеного вапна для сповільнення термінів твердіння гіпсу.

Методика

Отриманий редисперсійний полімерний порошок (РПП) в результаті переведення ПВАД в сухий стан (полівінілхлорид) за рахунок тепла, що виділяється в процесі гасіння вапна, вимагає проведення досліджень дії його на процес гідратації напівводного гіпсу. Вплив добавок на властивості гіпсових в'язучих досліджували за основними властивостями, що визначають ефективність добавок: за нормальною густиною, термінами схоплювання, межею міцності при вигині і стиску. Вміст добавки варіювався в межах від 1 % до 3 %.

Водогіпсове відношення для всіх складів брали однакове і відповідно нормальної густоти чистого гіпсу (Голунов, 2004; Ушеров-Маршак, & Залуцкая, 2005).

Склади і властивості досліджуваних сумішей наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Склади і властивості досліджуваних сумішей в залежності термінів схоплювання, міцності при вигині і стиску від змісту добавки (РПП)

Індекс	Склади сумішей			В/Г	Властивості			
	Гіпс, %	Добавка РПП, більш 100 %	Вміст ПВАД в добавці, %		Терміни схоплювання, хв.		Міцність, МПа	
					початок	кінець	при вигині	при стиску
Контр.	100	–	29	0,6	9	13	2,99	5,1
РП 1.1	100	1,0	29	0,6	26	30	3,59	7,17
РП 1.2	100	1,5	29	0,6	28	33	3,3	6,08
РП 1.3	100	2,0	29	0,6	24	30	2,63	5,58
РП 1.4	100	2,5	29	0,6	24	27	2,6	5,38
РП 1.5	100	3,0	29	0,6	23	25	2,51	5,25
РП 2.1	100	1,0	35	0,6	30	32	3,25	6,35
РП 2.2	100	1,5	35	0,6	28,5	35	3,1	5,49
РП 2.3	100	2,0	35	0,6	24	33	2,7	5,45
РП 2.4	100	2,5	35	0,6	23	31	2,53	5,4
РП 2.5	100	3,0	35	0,6	22	29	2,42	5,25
РП 3.1	100	1,0	41	0,6	31	34	3,19	5,65
РП 3.2	100	1,5	41	0,6	35	40	3,0	5,5
РП 3.3	100	2,0	41	0,6	26	32	2,86	5,4
РП 3.4	100	2,5	41	0,6	25	30	2,6	5,3
РП 3.5	100	3,0	41	0,6	23	28	2,45	5,27

Результати

Дослідженнями встановлено, що введення добавки 1...1,5 % дозволяє збільшити час початку схоплювання до 30...35 хв, при вмісті ПВАД в суміші 35 % і 41 %, що є цілком прийнятним для забезпечення живучості гіпсової суміші.

У той же час для цих складів спостерігається і зростання міцності, як при стиску, так і при вигині. Введення до складу гіпсової суміші добавки від 2 % до 3 % викликає деяке сповільнення процесу гідратації в'язучого і, як результат, уповільнення термінів схоплювання, при незначному підвищенні міцності при стиску і зниженні міцності при вигині. Отже, споча-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

роксид кальцію $\text{Ca}(\text{OH})_2$. При змішуванні гіпсового в'язучого з добавкою РПП відповідно змінюється концентрація іонів кальцію Ca^{2+} у розчині (Козлов, 2000; Карапузов, Лутц, & Герольд, 2000).

Дійсно (Алексеев, 1972; Коровяков, 2008; Урецкая, Плотникова, & Кухта, 2006) добуток розчинності, добуток концентрацій (точніше активностей) іонів будь-якого малорозчинного електроліту в насиченому розчині його представляє собою величину, постійну при даній температурі і дорівнює добутку розчинності електроліту, в нашому випадку $\text{CaSO}_4 \cdot [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{SO}_4^{2-}] = PP_{\text{CaSO}_4} = 25 \cdot 10^{-6}$, а розчинність CaSO_4 визначається:

$$P_{\text{CaSO}_4} = \frac{\sqrt{PP}}{[\text{Ca}^{2+}]} = \frac{\sqrt{25 \cdot 10^{-6}}}{[\text{Ca}^{2+}]} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{[\text{Ca}^{2+}]}$$

де $[\text{Ca}^{2+}] = \frac{m_{\text{CaO}} - v - p - pe}{M_{\text{CaO}}}$ – концентрація

іонів кальцію у розчині; m – маса оксиду CaO у розчині, г; M – молекулярна маса CaO = 56 г/моль.

Розрахунки розчинності CaSO_4 за вище наведеними формулами в залежності від витрати (редисперсійних полімерних порошоків і, відповідно, від маси CaO в розчині) наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Розчинність гіпсових в'язучих від змісту РПП

Зміст РПП у гіпсовій суміші, %	Співвідношення CaO : ПВАД в РПП	Маса CaO в РПП, г	Концентрація іонів Ca у розчині	Розчинність, моль/л
1	1,3:1	1,7	0,0304	0,164
1,5	1,3:1	2,54	0,045	0,111
2	1,3:1	3,4	0,0607	0,0823
2,5	1,3:1	4,24	0,0757	0,066
3	1,3:1	5,1	0,091	0,0549

Дані табл. 2 підтверджують, що збільшення концентрації іонів Ca^{2+} в розчині за рахунок введення редисперсійних полімерних добавок знижує розчинність сульфату кальцію і, як результат, уповільнює терміни схоплювання.

Наукова новизна та практична значимість

Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено можливість отримання сухої добавки-сповільнювача тужавлення гіпсу на основі негашеного вапна та полівінілацетатної дисперсії за рахунок утворення полівінілового спирту та солей ацетату кальцію в результаті лужного гідролізу полівінілацетатної дисперсії (ПВАД) при гасінні вапна в гідратне вапно – пушонку. Результати роботи реалізовано у виробництві сухих гіпсових сумішей.

Висновки

Результати досліджень підтвердили можливість використання запропонованих складів редисперсійних добавок для регулювання властивостей гіпсових в'язучих.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Алексеев, В. Н. (1972). *Количественный анализ*. Москва: Химия.
- Балмасова, Г. Ф., & Мешков, П. И. (2006). Сравнительный анализ европейского и азиатского рынков химических добавок для сухих строительных смесей. *Строительные материалы*, 3, 9-11.
- Бердов, Г. И., & Парикова, Е. В. (2006). Влияние природных минеральных добавок на свойства гипсовых смесей. *Строительство и архитектура*, 9, 9-12.
- Василик, П. Г., & Голубев, В. И. (2009). Новые эфиры целлюлозы для производства гипсовых штукатурок. *Строительные материалы*, 1, 36-38.
- Голунов, С.А. (2004). Модификация плиточных клеев редисперсионными полимерными порошками VINNAPAS. *Строительные материалы*, 3, 47-49.
- ДСТУ Б В.2.7-126:2006 (2006). *Смеси строительные сухие модифицированные. Общие технические условия*. Киев: Мин. строит., архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Украины.
- Карапузов, Е. К., Лутц, Г., & Герольд, Х. (2000). *Сухие строительные смеси. Справочное пособие*. Киев: Техника.
- Козлов, В. В. (2000). *Сухие строительные смеси. Учебное пособие*. Москва: АСВ.
- Коровяков, В. Ф. (2008). Гипсовые сухие смеси. *Сухие строительные смеси*, 4, 10-13.
- Парикова, Е. В. (2006). Модифицирование сухих гипсовых смесей введением комплексной добавки на основе метилцеллюлозы. *Строительные материалы*, 3, 18-19.
- Рунова, Р. Ф., & Носовский, Ю. Л. (2007). *Технология модифицированных строительных растворов*. Київ: КНУБА.

- Урецкая, Е. А., Плотникова, Е. А., & Кухта, Т. М. (2006). Теория и практика создания конкурентоспособных материалов на основе гипсовых вяжущего. *Строительная наука и техника*, 5, 70.
- Ушеров-Маршак, А. В., & Залуцкая И. А. (2005). Добавки в бетон. Систематика и оценка эффективности. *Строительные материалы и изделия*, 3, 15-18.

А. А. ДРОЗД¹, О. В. ШТАЙНБРЕШ², Т. Н. ДЕХТА³, Е. В. ГРОМОВА^{4*}

¹ ООО «Тадалс-буд», пер. Биологический, 2, Днепр, Украина, 49005, тел. +38(056) 744 52 52, эл. почта Li2kondik@ukr.net, ORCID 0000-0001-7588-5569

² Кафедра «Технология строительных материалов, изделий и конструкций», Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, Днепр, Украина, 49600, тел. +38(067) 760 65 71, эл. почта ov.shapovalova@mail.ru, ORCID 0000-0001-7742-2445

³ Кафедра «Технология строительных материалов, изделий и конструкций», Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, Днепр, Украина, 49600, тел. +38 (096) 242-64-41, эл. почта dehta.tatyana75@gmail.com, ORCID 0000-0001-5023-3070

^{4*} Кафедра «Архитектурное проектирование, землеустройство и строительные материалы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепр, Украина, 49010, тел. +38(056) 373 15 46, эл. почта elenagromova@gmail.com, ORCID 0000-0002-5149-4165

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕДИСПЕРСИОННЫХ ПОРОШКОВ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ГИПСОВЫХ СМЕСЕЙ

Цель. Разработка сухих строительных смесей на основе гипса и увеличение сроков их пригодности за счет введения сложных добавок на основе негашеной извести и дисперсии [ПВАД] поливинилацетата. **Методика.** В работе использованы стандартные методы исследования для определения физико-механических свойств гипсовых вяжущих и качества комплексных добавок согласно ДСТУ Б В.2.7-82-99, ДСТУ Б В.2.7-23-95, ДСТУ Б В.2.7-65-97. Исследование фазового состава материалов, микро- и макроструктуры проводились методами рентгенофазового анализа, электронной и световой микроскопии. **Результаты.** Исследовано влияние основных составляющих добавки (дисперсии поливинилацетата и извести) на свойства полуводного гипса. Предложен и установлен химизм взаимодействия компонентов составляющей добавки, согласно которого в результате щелочного гидролиза поливинилацетата образуется поливиниловый спирт, особенностью структуры, молекулы которой является наличие гидрофильных ОН-групп и гидрофобный компонент – углеводородный радикал. Гидрофильная часть молекулы, являясь ионной, адсорбируется на поверхности частиц вяжущего, образуя мономолекулярную пленку, ориентированную гидрофобной частью от частиц гипса. Возможно также образование ацетата кальция $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, который повышает концентрацию ионов кальция в растворе. Совместное действие продуктов гидролиза значительно снижают растворимость полу-гидрата, скорость образования центров кристаллизации, тем самым обеспечивая замедляющий эффект этих добавок. **Научная новизна.** Теоретически обоснована и экспериментально доказана возможность получения сухой добавки-замедлителя образования гипса на основе негашеной извести и поливинилацетатной дисперсии вследствие образования поливинилового спирта и солей ацетата кальция в результате щелочного гидролиза дисперсии (ПВАД) поливинилацетата при гашении извести в гидратную известь-пушонку. **Практическая значимость.** Результаты работы реализованы в производстве сухих гипсовых смесей.

Ключевые слова: сухая гипсовая смесь; добавка; прочность; время пригодности; сроки схватывания; растворимость

А. А. ДРОЗД¹, О. В. ШТАЙНБРЕШ², Т. М. ДЕХТА³, О. В. ГРОМОВА^{4*}

¹ Limited Liability Company «Tadals-bud», lane Biological, 2, Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 744 52 52, e-mail Li2kondik@ukr.net, ORCID 0000-0001-7588-5569

² Department «Technology of Building Materials, Products and Constructions», State Higher Educational Establishment «Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», str. Chernyshevskogo, 24-a, Dnipro, Ukraine, 49600, tel. +38 (067) 760 65 71, e-mail ov.shapovalova@mail.ru, ORCID 0000-0001-7742-2445

³ Department «Technology of Building Materials, Products and Constructions», State Higher Educational Establishment «Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», str. Chernyshevskogo, 24-a, Dnipro, Ukraine, 49600, tel. +38 (096) 242 64 41, e-mail dehta.tatyana75@gmail.com, ORCID 0000-0001-5023-3070

^{4*} Department «Architectural design, land management and building materials», Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, str. Lazaryan, 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 46, e-mail elenagromova@gmail.com, ORCID 0000-0002-5149-4165

PROSPECTS FOR THE USE OF REDISPERSION POWDERS FOR THE REGULATION OF PROPERTIES OF GYPSUM MIXES

Purpose. The development of dry building mixes based on gypsum and time increase of time of their conformance through adding of complex additives on the basis of burnt lime and polyvinyl acetate dispersions [PVAD]. **Methodology.** The study used standard research techniques to determine physical and mechanical properties of gypsum binders and quality of complex additives according to ДСТУ Б В.2.7-82-99, ДСТУ Б В.2.7-23-95, ДСТУ Б В.2.7-65-97. Study of phase composition of materials, micro- and macrostructure was carried out by x-ray diffraction, electron and light microscopy. **Findings.** The influence of the main components of the additive (polyvinyl acetate dispersion and lime) on the properties of hemihydrate gypsum is investigated. The chemistry of the interaction of components of the complex additive, according to which the result of alkaline hydrolysis of polyvinyl acetate is formed: polyvinyl alcohol, a feature of its molecules structure is the presence of hydrophilic OH-groups and the hydrophobic component – a hydrocarbon radical. The hydrophilic part of the molecule being ion adsorbed on the surface of the particles of the binder, forms a monomolecular layer that is oriented with the hydrophobic part of the gypsum particles. It is also possible the formation of calcium acetate $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, which increases the concentration of calcium ions in solution. The combined effect of hydrolysis products significantly reduce the solubility of hemihydrate, the rate of formation of crystallization centers, due to the slowing effect of these supplements. **Originality.** The results is theoretically substantiated and experimentally confirmed the possibility of obtaining a dry additive-retarder of gypsum setting based on lime and polyvinyl acetate dispersions due to the formation of polyvinyl alcohol and salts of calcium acetate in the result of alkaline hydrolysis of polyvinyl acetate dispersion (PVAD) with the slaked lime in hydrated lime. **Practical value.** The results of the work implemented in the production of dry gypsum mixes.

Keywords: dry gypsum mixture; additive; strength; availability time; setting time; solubility

REFERENCES

- Alekseev, V. N. (1972). *Kolichestvennyj analiz*. Moskva: Himija. (in Russian)
- Balmasova, G. F., & Meshkov, P. I. (2006). Sravnitel'nyj analiz evropejskogo i aziatskogo ryнков himi-cheskih dobavok dlja suhих stroitel'nyh smesej. *Stroitel'nye materialy*, 3, 9-11. (in Russian)
- Berdov, G. I., & Parikova, E. V. (2006). Vlijanie prirodnyh mineral'nyh dobavok na svoystva gipsovyh smesej. *Stroitel'stvo i arhitektura*, 9, 9-12. (in Russian)
- Vasilik, P. G., & Golubev, V. I. (2009). Novye jefiry celjulozy dlja proizvodstva gipsovyh shtukaturok. *Stroitel'nye materialy*, 1, 36-38. (in Russian)
- Golunov, S.A. (2004). Modifikacija plitochnyh klev redispersionnymi polimernymi poroshkami VINNAPAS. *Stroitel'nye materialy*, 3, 47-49. (in Russian)
- DSTU B V.2.7-126:2006 (2006). *Smesi stroitel'nye suhie modifitsirovannye. Obshee tehnicheckie uslovija*. Kiev: Ministerstvo stroitel'stva, arhitektury i zhilishhno-komunal'nogo hozhajstva Ukrainy. (in Russian)
- Karapuzov, E. K., Lutc, G., & Gerol'd, H. (2000). *Suhie stroitel'nye smesi. Spravochnoe posobie*. Kiev: Tehnika. (in Russian)
- Kozlov, V. V. (2000). *Suhie stroitel'nye smesi. Uchebnoe posobie*. Moskva: ASV. (in Russian)
- Korovjakov, V. F. (2008). Gipsove suhie smesi. *Suhie stroitel'nye smesi*, 4, 10-13. (in Russian)
- Parikova, E. V. (2006). Modifitsirovanie suhих gipsovyh smesej vvedeniem kompleksnoj dobavki na osno-ve metil-celjulozy. *Stroitel'nye materialy*, 3, 18-19. (in Russian)
- Runova, R. F., & Nosovskij, Ju. L. (2007). Tekhnologhija modyfikovanykh budivel'nykh rozchyniv. Kyjiv: KNUBIA. (in Ukrainian)
- Ureckaja, E. A., Plotnikova, E. A., & Kuhta, T. M. (2006). Teorija i praktika sozdanija konkurentosposobnyh materialov na osnove gipsovyh vjazhushhego. *Stroitel'naja nauka i tehnika*, 5, 70. (in Russian)
- Usherov-Marshak, A. V., & Zaluckaja I. A. (2005). Dobavki v beton. Sistematika i ocenka jefektivnosti. *Stroitel'nye materialy i izdelija*, 3, 15-18. (in Russian)

Надійшла до редколегії 13.04.2020

Прийнята до друку 11.05.2020