

УДК 666.913

## НАНОМОДИФИЦИРОВАННОЕ ГИПСОВОЕ ВЯЖУЩЕЕ

ДЕРЕВ'ЯНКО В. Н.<sup>1</sup>, д.т.н., проф.

МОРОЗ Л. В.<sup>2</sup>, к.т.н., доц.

МОРОЗ В. Ю.<sup>3</sup>, аспірант

КУШНЕРОВА Л. А.<sup>4</sup>, к.т.н., доц.

ГРИШКО А. Н.<sup>5</sup>, к.т.н., доц.

<sup>1</sup> кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций, ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского 24а, 49000, Днепро, Украина, +38(0562) 47-16-22, e-mail: derev@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID 0000-0002-2537-4389

<sup>2</sup> кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций, ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского 24а, 49000, Днепро, Украина, +38(0562) 46-93-76, e-mail: [linysekslv@mail.ru](mailto:linysekslv@mail.ru), ORCID ID 0000-0003-3150-7472

<sup>3</sup> кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций, ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского 24а, 49000, Днепро, Украина, +38(0562) 46-93-76, e-mail: [MorozDnepr@mail.ru](mailto:MorozDnepr@mail.ru), ORCID ID 0000-0003-2435-8050

<sup>4</sup> кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций, ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского 24а, 49000, Днепро, Украина, +38(0562) 46-93-76 e-mail: [lilu300184@yandex.ua](mailto:lilu300184@yandex.ua), ORCID ID 0000-0003-0759-8050

<sup>5</sup> кафедра гидромелиоративных систем и технологии строительства, Днепропетровский государственный аграрный университет, ул. Ворошилова 25, 49600, Днепро, Украина, +38(0562) 713-51-37, e-mail: gryshko\_anna@mail.ru, ORCID ID 0000-0001-7046-1177

**Аннотация. Постановка проблемы.** Тенденции развития нанотехнологий в области строительства направлены на разработку продуктов с улучшенными качественными и функциональными характеристиками, повышение эффективности использования уже существующих материалов. Гипсовое вяжущее по сравнению с другими является более экологичным и менее опасными для рабочих. Поэтому устранение недостатков гипсового вяжущего, позволит расширить сферу его применения и улучшить ряд технологических факторов. **Цель.** Получение гипсового вяжущего с повышенными прочностными характеристиками. **Методика проведения исследований.** При проведении исследований использовалась стандартная методика определения свойств гипсового вяжущего. **Основной материал.** Наиболее эффективной, среди исследуемых, является добавка Сика Viscocrete G; так как наблюдается значительный пластифицирующий эффект с существенным приростом прочностных показателей (прочность при изгибе 70%, прочность при сжатии 40%) и достаточным замедлением сроков схватывания – с 12 до 29 минут (конец схватывания). Таурит – это природный полимер кластерного типа, имеющий в своей структуре как органическую, так и минеральную части, не похожий на уже известные углеродсодержащие ископаемые минералы. Несмотря на увеличение водогипсового отношения, введение в состав таурита приводит к увеличению показателей прочности. При этом следует отметить, что введение в составы таурита позволяет получить абсолютно гладкую поверхность образцов – без видимых невооруженным глазом пор. **Выводы.** Введение в состав гипсового вяжущего добавок пластификаторов позволяет значительно уменьшить водогипсовое отношение. Добавление к составам модифицированного вяжущего таурита приводит к незначительному (до 2%) увеличению водогипсового отношения и приросту показателей прочности. На основании полученных результатов были определены оптимальные составы модифицированного гипсового вяжущего.

*Ключевые слова:* нанотехнологии; гипсовое вяжущее; таурит; добавки пластификаторы; свойства; влияние

## НАНОМОДИФІКОВАНЕ ГПСОВЕ В'ЯЖУЧЕ

ДЕРЕВ'ЯНКО В. М.<sup>1</sup>, д.т.н., проф.

МОРОЗ Л. В.<sup>2</sup>, к.т.н., доц.

МОРОЗ В. Ю.<sup>3</sup>, аспірант

КУШНЕРОВА Л. О.<sup>4</sup>, к.т.н., доц.

ГРИШКО Г. М.<sup>5</sup>, к.т.н., доц.

<sup>1</sup> кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського 24а, 49000, Дніпро, Україна, +38(0562) 47-16-22, e-mail: derev@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID 0000-0002-2537-4389

<sup>2</sup> кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського 24а, 49000, Дніпро, Україна, +38(0562) 46-93-76, e-mail: [linysekslv@mail.ru](mailto:linysekslv@mail.ru), ORCID ID 0000-0003-3150-7472

<sup>3</sup> кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського 24а, 49000, Дніпро, Україна, +38(0562) 46-93-76, e-mail: [MorozDnepr@mail.ru](mailto:MorozDnepr@mail.ru), ORCID ID 0000-0003-2435-8050

<sup>4</sup> кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського 24а, 49000, Дніпро, Україна, +38(0562) 46-93-76, e-mail: [lilu300184@yandex.ua](mailto:lilu300184@yandex.ua), ORCID ID 0000-0003-0759-8050

<sup>5</sup> кафедра експлуатації гідромеліоративних систем і технології будівництва, Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, вул. Ворошилова 25, 49600, Дніпро, Україна, +38(0562) 713-51-37, e-mail: [gryshko\\_anna@mail.ru](mailto:gryshko_anna@mail.ru), ORCID ID 0000-0001-7046-1177

**Анотація. Постановка проблеми.** Тенденції розвитку нанотехнологій у сфері будівництва спрямовані на розробку продуктів з поліпшеними якісними і функціональними характеристиками, підвищення ефективності використання вже існуючих матеріалів. Гіпсове в'язуче порівняно з іншими є більш екологічним і менш небезпечним для робітників. Тому усунення недоліків гіпсового в'язучого, дозволить розширити сферу його застосування і поліпшити ряд технологічних чинників. **Мета.** Отримання гіпсового в'язучого з підвищеними характеристиками міцності. **Методика проведення досліджень.** При проведенні досліджень використовувалася стандартна методика визначення властивостей гіпсового в'язучого. **Основний матеріал.** Найбільш ефективною, серед досліджуваних, є добавка Сіка Viscocrete G; так як спостерігається значний пластифікуючий ефект з суттєвим приростом показників міцності (міцність при вигині 70%, міцність при стисненні 40%) та достатнім уповільненням термінів тужавлення – з 12 до 29 хвилин (кінець тужавлення). Таурит – це природний полімер кластерного типу, що має у своїй структурі як органічну, так і мінеральну частини, не схожий на вже відомі вуглецеві містки копалини. Незважаючи на збільшення водогіпсового відношення, додавання до складу таурита призводить до збільшення показників міцності. При цьому слід зазначити, що введення в склад таурита дозволяє отримати абсолютно гладку поверхню зразків – без видимих неозброєним оком пір. **Висновки.** Введення у склад гіпсового в'язучого добавок пластифікаторів дає змогу значно зменшити водогіпсове відношення. Додавання до складів модифікованого в'язучого таурита призводить до незначного (до 2%) збільшення водогіпсового відношення і приросту показників міцності. На підставі отриманих результатів були визначені оптимальні склади модифікованого гіпсового в'язучого.

Ключові слова: нанотехнології; гіпсове в'язуче, таурит, добавки пластифікатори, властивості, вплив

## NANOMODIFIED GYPSUM BINDER

DEREVIANKO V. N.<sup>1</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

MOROZ L. V.<sup>2</sup>, *Ph.D., Assoc. Prof.*,

MOROZ V. Y.<sup>3</sup>, *postgraduate student.*

KUSHNEROVA I. O.<sup>4</sup>, *Ph.D., Assoc. Prof.*,

HRYSKO H. M.<sup>5</sup>, *Ph.D., Assoc. Prof.*,

<sup>1</sup> department of Technology of building materials, products and structures, PHEI «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», Chernyshevskogo street, 24a, 49000, Dnipro, Ukraine, +38(0562) 47-16-22, e-mail: [derev@mail.pgasa.dp.ua](mailto:derev@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID 0000-0002-2537-4389

<sup>2</sup> department of Technology of building materials, products and structures, PHEI «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», Chernyshevskogo street, 24a, 49000, Dnipro, Ukraine, +38(0562) 46-93-76, e-mail: [linysek-slv@mail.ru](mailto:linysek-slv@mail.ru), ORCID ID 0000-0003-3150-7472

<sup>3</sup> department of Technology of building materials, products and structures, PHEI «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», Chernyshevskogo street, 24a, 49000, Dnipro, Ukraine, +38(0562) 46-93-76, e-mail: [MorozDnepr@mail.ru](mailto:MorozDnepr@mail.ru), ORCID ID 0000-0003-2435-8050

<sup>4</sup> department of Technology of building materials, products and structures, PHEI «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», Chernyshevskogo street, 24a, 49000, Dnipro, Ukraine, +38(0562) 46-93-76, e-mail: [lilu300184@yandex.ua](mailto:lilu300184@yandex.ua), ORCID ID 0000-0003-0759-8050

<sup>5</sup> department of operation of irrigation and drainage systems and construction technology, Dnepropetrovsk State Agrarian-Economic University, 25 Voroshylov St., 49600, Dnipro, Ukraine, +38(0562) 713-51-37, e-mail: [gryshko\\_anna@mail.ru](mailto:gryshko_anna@mail.ru), ORCID ID 0000-0001-7046-1177

**Summary. Statement of the problem.** Trends in the development of nanotechnology in the field of construction aimed at the development of products with improved quality and functional characteristics, improved utilization of existing materials. Gypsum binder in comparison with others is more environmentally friendly and less dangerous for the workers. Therefore, the deficiencies of gypsum binder, will expand its scope and improve a number of technological factors. **Goal.** Obtaining gypsum binder with high strength characteristics. **The methodology of the research.** When conducting research using the standard methods of determining the properties of the gypsum binder. **The primary material.** The most effective among the studied is the additive sika Viscocrete G; since there is a significant plasticizing effect with a significant increase in strength characteristics (bending strength 70% compressive strength 40%) and sufficiently slow setting time – 12 to 29 minutes (end of setting). Taurit is a natural polymer of the cluster type, having in its structure both organic and mineral parts that are not similar to the already known fossil based carbonaceous minerals. Despite the increase in vodopiyanova relations, introduction to composition Taurito leads to an increase in strength. It

should be noted that the introduction of the compositions of the Taurito allows to obtain an absolutely smooth surface of the samples without visible to the naked eye since. Conclusions. Introduction to the composition of the gypsum binder additives plasticizers can significantly reduce vedogiovane attitude. Add to compositions of modified binder Taurito leads to a slight (2%) increase water gupsum relationships and increase strength. On the basis of the obtained results was determined the optimal compositions of modified gypsum binder.

*Key words:* nanotechnology; gypsum binder; Taurit; additives plasticizers; properties; impact

### Постановка проблемы

Тенденции развития нанотехнологий в области строительства направлены на разработку продуктов с улучшенными качественными и функциональными характеристиками, повышение эффективности использования уже существующих материалов. Основные исследования в области наноструктур строительных материалов связаны с изучением, описанием и моделированием наноструктур, применением наночастиц, углеродных нанотрубок с целью направленного управления свойствами вяжущих материалов, проблемами безопасности и влияния на окружающую среду [4].

Детальный анализ исследований и применения наноматериалов и нанотехнологий в строительстве показывает, что на цемент и бетон приходится более 40% всей нанотехнологической продукции в строительных материалах. Большинство исследований по использованию принципов нанотехнологий в бетоне сосредотачивалось на попытках структурирования цементных материалов и на изучении механизмов их разрушения [9].

В тоже время предпринимаются попытки улучшения характеристик гипсовых вяжущих. Среди прочего уделяется внимание изменению свойств гипса и гипсовых материалов за счет введения суспензии, содержащей частицы измельченных алюмосиликатных пород; минеральных добавок, имеющих наноразмерные признаки; комплексной добавки на основе микрокремнезема и многослойных нанотрубок, вводимых с целью увеличения прочностных показателей гипса [5]. В работах [6-8] уделено внимание вопросам изменения структуры ангидритовых вяжущих с различной морфологией кристаллов – от волокнистой до традиционной из блоков и пластинок в ангидритовой матрице после модификации её многослойными углеродными нанотрубками. Группа авторов в своих работах [1,2] также отмечает положительное влияние активного минерального компонента на структурно-физические, физико-механические и технико-эксплуатационные характеристики композиционного наноструктурированного гипсового вяжущего.

Гипсовое вяжущее по сравнению с другими является более экологичным и менее опасными для рабочих. Поэтому устранение недостатков гипсового вяжущего, позволит расширить сферу его применения и улучшить ряд технологических факторов.

### Цель

Получение гипсового вяжущего с повышенными прочностными характеристиками.

### Материалы

Для проведения исследований были использованы следующие материалы:

1. Гипсовое вяжущее вещество марка Г5 Н- II согласно ДСТУ Б В.2.7-82 [3], производства ПАТ «Гипсовик», г. Каменец-Подольский.

2. Добавки пластификаторы следующих торговых марок:

а) ООО «МЦ БАУХЕМИ» - MC-Power Flow 2695 – высокофункциональный суперпластификатор на основе новейших технологий полимеров (поликарбоксилат); Power Flow 7915 – суперпластификатор.

б) ООО «Сика Украина» - Sika Viscocrete G – высокоэффективный суперпластификатор для гипсовых вяжущих на основе поликарбоксилатных полимеров; Sika Plastimen 1135 – лигносульфанатный пластификатор.

в) ООО «СТАХЕМА ЛЬВОВ-СЕРВИС» - STACHEPLAST 156 - гиперпластификатор для производства высокомарочного товарного бетона на основе поликарбоксилатов.

г) «Корал» - N4Sm – полифункциональная добавка, замедлитель схватывания, имеет пластифицирующее и водоредуцирующее действие.

3. Таурит – сланцевый дисперсный порошок черного цвета, производства ТОО «ГРК «КОКСУ», республика Казахстан.

### Методика проведения исследований

При проведении исследований использовалась стандартная методика определения свойств гипсового вяжущего по ДСТУ Б В.2.7-82 [3]. Первоначально были определены свойства (нормальная плотность (В/Г), сроки схватывания ( $\tau_{нач}$ ,  $\tau_{кон}$ ), прочность при изгибе ( $R_{изг}$ ) и сжатии ( $R_{сж}$ )) исследуемого гипсового вяжущего. Далее отслеживалось изменение свойств гипсового вяжущего в результате введения добавок пластификаторов. Были выбраны наиболее эффективные добавки пластификаторы, после чего выполнена оптимизация количественного расхода добавок. Для полученных составов определено изменение свойств после введения таурита.

### Основной материал

В результате проведенных исследований были рассмотрены изменения основных свойств гипсового вяжущего при введении добавок пластификаторов. Введение всех добавок приводит к значительному снижению водогипсового отношения: Сика Viscocrete G на 18,7%, МС Баухеми 2695PF – 14%, Стахема STP 156 GL1 – 13%, МС Баухеми 7915 Power floor – 10%, Корал N4Sm – 9%, Сика Plastiment 1135 - 7%.

Однако, добавка Корал N4Sm вызывает значительное замедление сроков схватывания (с 12 до 43 мин – конец схватывания), что в свою очередь приводит к снижению прочностных показателей при определении по стандартной методике через 2 часа. Образцы, содержащие Корал N4Sm через 2 часа «сырые» на вид. Такой эффект при введении добавки исключает её применение с целью модификации гипсового вяжущего.

МС Баухеми 7915 Power floor, хотя и приводит к увеличению прочностных показателей вяжущего, обладает эффектом ускорения сроков схватывания – с 12 до 8 минут (конец схватывания). Такие сроки схватывания будут ограничивать рабочий объем используемой для работы смеси вяжущего и исключат возможность применения данного состава в производственных условиях.

Сика Plastiment 1135 имеет минимальный пластифицирующий эффект среди рассматриваемых добавок и практически незначительное влияние на прочностные показатели смеси. Такая добавка не обеспечит необходимое уплотнение структуры материала и является наименее эффективной среди рассматриваемых, по влиянию на свойства гипсового вяжущего.

Наиболее эффективной, среди исследуемых, является добавка Сика Viscocrete G; так как наблюдается значительный пластифицирующий эффект (см. выше) в сравнении с существенным приростом прочностных показателей (прочность при изгибе 70%, прочность при сжатии 40%) и достаточным замедлением сроков схватывания – с 12 до 29 минут (конец схватывания).

В качестве альтернативных могут быть использованы добавки МС Баухеми 2695PF, Стахема STP 156 GL1. При снижении водогипсового отношения на 13 % добавка Стахема STP 156 GL1 обеспечивает прирост прочностных показателей – прочность при изгибе 23%, прочность при сжатии – 28% и незначительное влияние на сроки схватывания – замедление в пределах двух минут. МС Баухеми 2695PF при пластифицирующем эффекте в 14% имеет менее значительное влияние на прочностные показатели, но замедляет сроки схватывания с 12 до 21 минуты (конец схватывания).

При определении влияния добавок на свойства гипсового вяжущего, каждая добавка вводилась в максимальном количестве, рекомендуемом по паспорту качества. Поэтому были проведены исследования с целью корректировки расхода

добавок, с учетом их эффективного влияния на свойства вяжущего.

После чего для определения влияния таурита на свойства модифицированного вяжущего были выбраны составы: состав 1 – гипсовое вяжущее и Сика Viscocrete G (0,8% от массы вяжущего); состав 2 – гипсовое вяжущее и МС Баухеми 2695PF (2% от массы вяжущего); состав 3 – гипсовое вяжущее и Стахема STP 156 GL1 (1,5% от массы вяжущего).

Таурит – это своего рода природный полимер кластерного типа, имеющий в своей структуре как органическую, так и минеральную части, не похожий на уже известные углеродсодержащие ископаемые минералы. В своем составе он содержит глобулярный «неграфитизируемый» углерод с метастабильной надмолекулярной структурой кремнистого типа. В силу произошедших с ним геологических метаморфоз он не стал ни графитом, ни алмазом. Таурит не магнитен, но электропроводен.

Изменение свойств гипсового вяжущего, в результате введения в смесь таурита в количестве 0,5%; 0,75% и 1%, представлено в таблице 1.

Таблица 1

#### Влияние таурита на свойства модифицированного гипсового вяжущего / The influence of Taurito on the properties of modified gypsum binder

	В/Г	$\tau_{нач}$ , мин-сек	$\tau_{кон}$ , мин-сек	Ризг, МПа	Рсж, МПа	
Гипсовое вяжущее	0,63	8 - 55	12 - 15	2,67	3,4	
Гипс+Сика Viscocrete G (0,8%)	0,45	23 - 00	29 - 00	2,54	4,46	
Гипс+Сика Viscocrete G (0,8%)+Таурит	0,50%	0,467	21 - 00	30 - 00	2,54	4,48
	0,75%	0,473	23 - 00	29 - 00	2,22	4,94
	1%	0,477	26 - 25	33 - 30	2,66	4,11
Гипс +МС Баухеми 2695 PF (2%)	0,527	9 - 20	14 - 30	2,65	4,15	
Гипс+МС Баухеми 2695 PF (2%)+Таурит	0,50%	0,537	10 - 30	15 - 00	2,88	4,17
	0,75%	0,538	9 - 40	13 - 35	2,86	4,1
	1%	0,54	10 - 30	15 - 00	2,55	3,78
Гипсовое вяжущее	0,617	8 - 50	12 - 10	2,32	3,35	
Гипс +Стахема 156 GL1 (1,5%)	0,533	12 - 30	17 - 10	2,1	3,87	
Гипс +Стахема 156 GL1 (1,5%) + Таурит	0,50%	0,543	11 - 40	15 - 40	2,18	3,8
	0,75%	0,544	12 - 00	16 - 15	2,3	3,7
	1%	0,545	13 - 10	17 - 50	2,3	3,74

Анализ результатов показывает, что при введении таурита в модифицированное вяжущее наблюдается незначительное (до 2%) увеличение водогипсового

отношения. Также для всех составов наблюдается замедление сроков схватывания. Максимальное замедление сроков схватывания (до 33 мин) наблюдается у составов содержащих добавку Сика Viscocrete G. Составы, содержащие две другие добавки, имеют менее значительное замедление сроков схватывания (до 18 мин). Сроки схватывания, не модифицированного гипсового вяжущего, находятся в пределах 8-12 мин. Несмотря на увеличение водогипсового отношения, введение в состав таурита приводит к увеличению показателей прочности. При этом следует отметить, что введение в составы таурита позволяет получить абсолютно гладкую поверхность образцов – без видимых невооруженным глазом пор. Следует предположить, что гладкая поверхность образцов является следствием изменения поровой структуры материала.

На основании полученных результатов были определены оптимальные составы модифицированного гипсового вяжущего:

Состав 1 – гипсовое вяжущее, Сика Viscocrete G (0,8% от массы вяжущего), таурит (0,75% от массы вяжущего);

Состав 2 – гипсовое вяжущее, МС Баухеми 2695PF (2% от массы вяжущего), таурит (0,5% от массы вяжущего);

### Выводы

Введение в состав гипсового вяжущего добавок пластификаторов позволяет значительно уменьшить водогипсовое отношение. Среди рассматриваемых добавок наиболее эффективными являются добавки Сика Viscocrete G, МС Баухеми 2695PF, Стахема STP 156 GL1. В результате введения в полученные составы таурита наблюдается увеличение показателей прочности при незначительном увеличении водогипсового отношения. Добавление в состав модифицированного гипсового вяжущего таурита позволяет получить гладкую поверхность граней образцов, без видимых невооруженным глазом пор. Таким образом, в результате проведенных исследований были получены составы гипсового вяжущего модифицированные добавками пластификаторами и тауритом.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Войтович, Е. В. Новые виды гипсовых вяжущих с применением наномодификаторов / Е. В. Войтович, И. В. Жерновский, А. В. Череватова // Сухие строительные смеси. – 2011. - №3. – С. 18-19.
2. Войтович, Е. В. Особенности фазообразования в композиционном наноструктурированном гипсовом вяжущем/ Е. В. Войтович, И. В. Жерновский, А. В. Череватова, В. В. Строкова // Строительные материалы. – 2012. - №7. –С. 9-11.
3. ДСТУ Б В.2.7-82:2010. Будівельні матеріали. В'язучі гіпсові. Технічні умови. – Київ.: Мінрегіонбуд України, 2010.
4. Кондратьева, Н. В. Нанотехнологии в производстве строительных материалов / Н. В. Кондратьева // Будівництво України. – 2012. - №6. - С. 2-9.
5. Королев, Е. В. Нанотехнологии в строительном материаловедении. Анализ состояния и достижений. Пути развития. / Е. В. Королев // Строительные материалы. - 2014. –№11. - С. 47-78.
6. Маева, И. С. Модификация ангидритовых композиций многослойными углеродными нанотрубками / И. С. Маева, Г. И. Яковлев, Г. Н. Первушин, А. Ф. Бурьянов, Р. Мачюлайтис // Строительные материалы. – 2010. - №7. – С. 25-27.
7. Маева, И. С. Структурирование ангидритовой матрицы нанодисперсными модифицирующими добавками / И. С. Маева, Г. И. Яковлев, Г. Н. Первушин, А. Ф. Бурьянов, А. П. Пустовгар // Строительные материалы. – 2009. - №6. – С. 4-5.
8. Токарев, Ю. В. О механизме влияния активных добавок на основе магнезита и углеродных нанотрубок на структуру и свойства ангидритового вяжущего / Ю. В. Токарев, Д. В. Головин, А. Ф. Бурьянов, Хуйганг Тшяо, Тао Ду // Строительные материалы. – 2015. - №2. – С.56-62.
9. Фаликман, В. Р. Наноматериалы и нанотехнологии в современных бетонах / В. Р. Фаликман // Промышленное и гражданское строительство. - 2013. - №1. - С.31-34.

### REFERENCES

1. Voytovich, E. V. Novyye vidy gipsovyih vyazhuschih s primenim nanomodifikatorov [New types of gypsum binders applicable to the nanomodifiers]/ E. V. Voytovich, I. V. Zhernovskiy, A. V. Cherevatova // Suhie stroitelnyie smesi. – 2011. - №3. – S. 18-19.
2. Voytovich, E. V. Osobennosti fazoobrazovaniya v kompozitsionnom nanostrukturirovannom gipsovom vyazhuschem [Peculiarities of phase formation in nanostructured composite gypsum binder] / E. V. Voytovich, I. V. Zhernovskiy, A. V. Cherevatova, V. V. Strokovaya // Stroitelnyie materialy. – 2012. - №7. –S. 9-11.
3. DSTU B V.2.7-82:2010. Budivelnii materialii. V'yazhuchi gipsovi. Tehnichni umovi [Building materials. Gypsum binders. Specifications]. – KiYiv.: Minregionbud UkraYini, 2010.
4. Kondrateva, N. V. Nanotehnologii v proizvodstve stroitelnyih materialov [Nanotechnologies in production of construction materials] / N. V. Kondrateva // BudIvnitstvo UkraYini. – 2012. - №6. - S. 2-9.
5. Korolev, E. V. Nanotehnologii v stroitelnom materialovedenii. Analiz sostoyaniya i dostizheniy. Puti razvitiya [Nanotechnology in construction material science. Analysis of the status and achievements. The path of development]. / E. V. Korolev // Stroitelnyie materialy. - 2014. –№11. - S. 47-78.

6. Maeva, I. S. Modifikatsiya angidritovyih kompozitsiy mnogosloynnymi uglerodnyimi nanotrubkami [Modification of anhydrite compositions with multilayer carbon nanotubes] / I. S. Maeva, G. I. Yakovlev, G. N. Pervushin, A. F. Buryanov, R. Machyulaytis // Stroitelnyie materialyi. – 2010. - №7. – S. 25-27.
7. Maeva, I. S. Strukturirovanie angidritovoy matritsyi nanodispersnyimi modifitsiruyuschimi dobavkami [Structuring of anhydrite matrix of the modifying additives of nanodispersed] / I. S. Maeva, G. I. Yakovlev, G. N. Pervushin, A. F. Buryanov, A. P. Pustovgar // Stroitelnyie materialyi. – 2009. - №6. – S. 4-5.
8. Tokarev, Yu. V. O mehanizme vliyaniya aktivnyih dobavok na osnove magnezita i uglerodnyih nanotrubok na strukturu i svoystva angidritovogo vyazhushego [On the mechanism of the effect of active additives on the basis of magnesite and of carbon nanotubes on the structure and properties of anhydrite binder] / Yu. V. Tokarev, D. V. Golovin, A. F. Buryanov, Huygang Tshyao, Tao Du // Stroitelnyie materialyi. – 2015. - №2. – S.56-62.
9. Falikman, V. R. Nanomaterialyi i nanotehnologii v sovremennyih betonah [Nanomaterials and nanotechnologies in modern concretes] / V. R. Falikman // Promyishlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. - 2013. - №1. - S.31-34.

*Статья рекомендована к публикации д-рами техн. наук, В.И. Большаковым и Д.В. Лаухиным (Украина)*