



ВОДОСТІЙКА ЗОЛОГІПСОЦЕМЕНТНА В'ЯЖУЧА РЕЧОВИНА ТА ВИРОБИ НА ЇЇ ОСНОВІ ДЛЯ ЗОВНІШНЬОГО ОПОРЯДЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ

Ю. Г. Гасан, Г. В. Кучерова, І. О. Азнаурян, С. В. Бондаренко Є. О. Білокур

*Державний науково-дослідний інститут в'яжучих матеріалів ім. В.Д. Глухівського при Київському
національному університеті будівництва та архітектури (м. Київ, Україна)*

E-mail: galakuch@ukr.net

Отримана 28 квітня 2007; прийнята 21 вересня 2007.

Анотація. Наведені результати досліджень масопереносних характеристик зологіпсоцементного в'яжучого, які свідчать про те, що сформована матриця зологіпсоцементного каменя, яка за своєю структурою і вологопереносними характеристиками більш схожа на матрицю цементного каменя, ніж матриця звичайної гіпсоцементнопуццоланової в'яжучої речовини. Можливість експлуатації виробів із зологіпсоцементного в'яжучого у зовнішньому середовищі при різних кліматичних умовах визначали на основі комплексного аналізу результатів вимірювання основних фізико-механічних характеристик та дослідження кінетики капілярного всмоктування води зразками. Проведена серія порівняльних експериментів на зразках зологіпсоцементного в'яжучого, в якому пуццоланізуючою добавкою була зола-виносу ТЕС, та на зразках різних складів гіпсошлакопортландцементного в'яжучого, в яких пуццоланізуючою добавкою є шлакопортландцемент. Встановлено, що динаміка капілярного всмоктування води у зразках зологіпсоцементного в'яжучого та гіпсошлакопортландцементного в'яжучого однакова. Висота підняття води по всьому часовому діапазоні у зразках зологіпсоцементного в'яжучого вища, ніж у контрольних зразках гіпсошлакопортландцементного в'яжучого, але виявлена різниця між рівнями підняття води у досліджуваних зразках не є значною. Це дозволяє стверджувати, що під час експлуатації за однакових умов виробів на основі зологіпсоцементного та гіпсошлакопортландцементного в'яжучого морозостійкість, довговічність та основні фізико-технічні характеристики виробів суттєво не відрізняться.

Ключові слова: масоперенос, зологіпсоцементне в'яжуче, вологопереносні характеристики, зола-виносу, довговічність, морозостійкість.

ВОДОУСТОЙЧИВАЯ ЗОЛОГИПСОЦЕМЕНТНОЕ ВЯЖУЩЕЕ ВЕЩЕСТВО И ИЗДЕЛИЯ НА ЕГО ОСНОВЕ ДЛЯ ВНЕШНЕЙ ОТДЕЛКИ ЗДАНИЙ

Ю.Г. Гасан, Г.В. Кучерова, И.О. Азнаурян, С.В. Бондаренко, Е.А. Билюкур

*Государственный научно-исследовательский институт вяжущих материалов им. В.Д. Глуховского при
Киевском национальном университете строительства и архитектуры (г. Киев, Украина).*

E-mail: galakuch@ukr.net

Получена 28 апреля 2007; принята 21 сентября 2007.

Аннотация. Приведены результаты исследований массопереносных характеристик зологипсоцементного (ЗГЦ) вяжущего, которые свидетельствуют о том, что сформированная матрица ЗГЦ камня по своей структуре и влагопереносным характеристикам более похожа на матрицу цементного камня, чем матрица обыкновенного гипсоцементнопуццоланового вяжущего вещества. Возможность дальнейшей эксплуатации изделий из ЗГЦ вяжущего во внешней среде при различных климатических условиях определяли на основе комплексного анализа результатов измерений основных физико-механических характеристик и исследования кинетики капиллярного подсоса воды образцами.

Проведена серія сравнительних експериментів на образцях ЗГЦ вяжущого, в якому пуццоланізуючої добавкою була зола-уноса ТЭС, і на образцях різних складів гіпсошлакопортландцементного (ГШПЦ) вяжущого, в якому пуццоланізуючої добавкою був шлакопортландцемент. Установлено, що динаміка капілярного підсосу води в образцях ЗГЦ вяжущого однакова. Висота підняття води по всьому часовому діапазону в образцях ЗГЦ вяжущого вище, ніж у контрольних образцях ГШПЦ вяжущого, однак, різниця між рівнем підняття води в досліджуваних образцях незначительна. Це дозволяє утверджувати, що в час експлуатації при однакових умовах виробництва на основі ЗГЦ і ГШПЦ вяжущого їх морозостійкість, довговечність і основні фізико-технічні характеристики суттєво не відрізняються.

Ключові слова: масоперенос, золагіпсоцементне вяжущее, вологопереносні характеристики, золауноса, довговечність, морозостійкість.

WATER RESISTANCE ASH GYPSUM CEMENT BINDING AGENT ASTRINGENT MATTER AND WARES ON ITS BASIS FOR THE EXTERNAL EQUIPMENT OF BUILDINGS

U.G. Gasan, G.V. Kycherova, I.O. Aznayran, S.V. Bondarenko, E.A. Bilokyr

*State research institute of astringent materials the name V.D. Glyukovskogo of at the Kievan national university
of building and architecture*

E-mail: galakuch@ukr.net

Reicieved 28 April 2007; accepted 21 September 2007.

Abstract. The paper covers the results of studying mass transfer characteristics of ash gypsum cement binding agents. The results allowed concluding that the matrix of the ash gypsum cement binding agent stone in its structure and moisture transfer characteristics is more close to a cement stone than the matrix of gypsum pozzolana cement. A possibility of a further use of the products based on the ash gypsum cement binding agents for outdoor application under different climatic conditions was determined by using a complex analysis of the results of measurements of the basic physico-mechanical characteristics and the investigation of kinetics of water adsorbed by capillarity by the samples. A series of comparative experiments was held on the samples of the ash gypsum cement binding agents in which the fly ash from a TPP was used as a pozzolanic additive on the contrary to the gypsum slag Portland cements in which the slag Portland cement was used as a pozzolanic additive. The results of this study allowed to conclude that kinetics of water adsorption by all the samples of the ash gypsum cement binding agents was similar. The height of the water adsorbed by capillarity in all measurements in the samples from the ash gypsum cement binding agents was higher than that of the reference samples. However, the difference in the heights of water adsorbed by capillarity in the samples under study was very small. These results allowed making a conclusion that in the process of service under similar conditions the performance properties (frost resistance, durability and other basic physico-technical characteristics) of the products made of the ash gypsum cement binding agents are very close to those of the products made of the gypsum slag Portland cements.

Keywords: mass transfer, ash gypsum cement binding agent, moisture transfer characteristics, fly ash, durability, frost resistance.

Останнім часом в Україні виникла потреба розширення застосування гіпсових в'язучих і гіпсовмісуючих композитів при зведенні житлових і громадських будинків, виробничих та сільськогосподарських будівель, особливо - для оздоблення їхніх фасадів.

Найбільш перспективним та широко застосовуваним для цієї мети є гіпсове в'язуче. Достатньо відомі позитивні якості гіпсу, які

обумовлюють його перевагу в порівнянні з цементом: широкий діапазон міцнісних характеристик, швидке тужавлення і тверднення, невисока теплопровідність, низька енергоємність та відносна простота виробництва в порівнянні з портландцементом, підвищені естетичні та санітарно-гігієнічні властивості.

Розширення меж застосування гіпсових в'язучих: низька стійкість до дії оточуючого

середовища та різке зменшення міцності при зволоженні, що є однією з основних причин, які не дозволяють ефективно застосовувати гіпсобетони при спорудженні стін житлових будинків, виробничих та сільськогосподарських будівель та для їхнього зовнішнього архітектурного оздоблення.

Дослідження, проведені протягом останніх десятиліть, дозволили виявити найбільш ефективні шляхи підвищення водостійкості матеріалів на основі гіпсового в'язучого: підбір оптимального складу змішаних гіпсовміщуючих композицій, обробка виробів на основі гіпсових в'язучих різними водовідштовхуючими речовинами.

Одним з найбільш розповсюджених способів одержання водостійких матеріалів є використання змішаних гіпсовміщуючих в'язучих (ГЦПВ). Такими композиційними матеріалами є гіпсошлакоцементні (ГШЦВ) та гіпсоцементнозольні (ГЦЗВ) в'язучі, в яких роль пуццоланової добавки зводиться до зв'язування оксиду кальцію та виключення негативно-руйнівного впливу еттрінгіту.

В якості таких пуццоланових добавок можуть виступати золи-виношення ТЕС та деякі металургійні шлаки.

У роботах [1, 2] наведені результати розробки водостійкого економічного композиційного матеріалу на основі гіпсового в'язучого з підвищеним вмістом золи-виносу ТЕС, яке відрізняється зниженою витратою гіпсу і портландцементу в складі в'язучого.

Компонентами гіпсоцементнозольного в'язучого (ГЦЗВ) були: гіпсове в'язуче марки Г-5, портландцемент Кам'янець - Подільський М400 та некласифікована зола-виношення Ладизинської ГЕС. Підбір оптимального складу проводили методом математичного планування експерименту з використанням двофакторної моделі. Для цього попередньо оцінили стійкість новоутворень гіпсоцементнозольного каменю з врахуванням фізико-хімічних процесів, які відбуваються під час твердіння ГЦП в'язучих.

В результаті серії експериментів була отримана в'язуча речовина, в якій золоцементне відношення дорівнювало 3.

Розроблена в'язуча речовина дістала назву зологіпсоцементне в'язуче (ЗГЦВ), оскільки

основним компонентом (за масою) є не будівельний гіпс, а зола-виношення, вміст якої перевищував сумарний вміст гіпсового в'язучого та портландцементу. ЗГЦВ характеризується зниженою водопотребою і має такі будівельно-технічні характеристики:

Міцність на стиск $R_{\text{СТ}} = 17 \dots 19 \text{ МПа}$

Міцність при вигині $R_{\text{ВІГ}} = 3,5 \dots 4,5 \text{ МПа}$

Середня густина $\rho = 1450 \dots 1550 \text{ кг/м}^3$

Відкрита пористість $\Pi = 23 \dots 25 \%$

Коефіцієнт дифузії вологи

$a_m = (3,0 \dots 4,0) \times 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$

Коефіцієнт розм'якшення

$k_{\text{розм}} = 0,65 \dots 0,75$

Проведені дослідження масопереносних та сорбційних характеристик (методами капілярного просякнення та ізотерм адсорбції) [3, 4, 5, 6] показали, що сформована матриця ЗГЦ каменю за своєю структурою і вологопереносними характеристиками більш схожа на матрицю цементного каменю, ніж матриця звичайної гіпсоцементнопуццоланової в'язучої речовини (табл. 1).

Коефіцієнт масоперенесення та ефективний радіус пор у ЗГЦВ каменя одного порядку з коефіцієнтом масоперенесення цементного каменя, що на практиці означає сповільнення процесів перенесення вологи та сприяє підвищенню водостійкості та довговічності виробів на основі ЗГЦ в'язучого.

На основі нового зологіпсоцементного в'язучого (ЗГЦВ) розроблений економічний та водостійкий легкий бетон класу В 7,5, який за своїми основними фізико-технічними параметрами відповідає вимогам нормативних документів для легкого бетону відповідного класу. Технологія виготовлення таких бетонів повністю співпадає із звичайною технологією виготовлення бетонів на змішаних в'язучих, що дає можливість використання такого в'язучого для виготовлення цілого ряду виробів підвищеної водостійкості, достатньої морозостійкості та вологонепроникності у будівництві низькоповерхових споруд спеціального призначення.

В даній роботі була поставлена задача розглянути можливість застосування нового ЗГЦ в'язучого для виготовлення зовнішніх огорожень, парканів, облицюваних фасадів тощо. Для цього провели

Таблиця 1. Вологопереносні характеристики зразків.

Склад компонентів, мас. %			Відкрита пористість, %	Коефіцієнт масоперенесення, $a_m, \text{м}^2/\text{с}$	Ефективний радіус пор, $r_{\text{эф}}, \text{нм}$
Гіпс	Портланд цемент	Зола			
100	-	-	32	$6,0 \times 10^{-7}$	300
67	13	20	30	$4,0 \times 10^{-7}$	200
70	17	13	29	$3,0 \times 10^{-7}$	150
28	18	54	24	$3,6 \times 10^{-8}$	18
-	100	-	19	$2,0 \times 10^{-8}$	10

серію порівняльних експериментів з в'язкими різного складу. Вимірювали фізичні та фізико-механічні характеристики матеріалів (міцність на стиск $R_{\text{ст}}$, міцність на вигин $R_{\text{зг}}$, коефіцієнт розм'якшення $k_{\text{розм}}$) та терміни тужавлення. У зв'язку із подальшою експлуатацією виробів з даних матеріалів у зовнішньому середовищі при різних кліматичних умовах визначали висоту підняття води у зразках методом капілярного всмоктування. Крім того, були проведені натурні дослідження.

Для проведення експериментальних досліджень були виготовлені зразки кубічної форми (4x4x4 см) та зразки-балочки (4x4x16 см) наступних складів у % за масою в'язучого:
 –ЗГЦВ (Зола – 54 %; гіпс – 28 %; ПЦ – 18 %);
 –ШПЦ+Г (ШПЦ – 50 %; Г – 50 %);
 –ШПЦ+Г (ШПЦ – 30 %; Г – 70 %);
 –ШПЦ (100 %).

Результати досліджень наведені в таблиці 2.

Як видно з таблиці 2, контрольний зразок із шлакопортландцементу (ШПЦ) характеризується максимальною водостійкістю ($k_{\text{розм}}=0,85$), але й має найбільшу висоту підняття води через 3 год. внаслідок капілярного всмоктування ($h=40$ мм).

Контрольні зразки з однаковою кількістю шлакопортландцементу та гіпсу і із збільшеним вмістом гіпсу через 3 год мають однакову мінімальну висоту підняття води, яка становить 27 мм, але водостійкість зразка із збільшеним вмістом гіпсу найнижча серед всіх досліджуваних композицій ($k_{\text{розм}}=0,58$). Підвищену водостійкість ($k_{\text{розм}}=0,78$) мають зразки ЗГЦВ

та зразки з однаковою кількістю шлакопортландцементу та гіпсу, але висота підняття води через 3 год. у зразка ЗГЦВ на 6 мм вища, ніж у зразка з однаковою кількістю шлакопортландцементу та гіпсу.

Дослідження кінетики капілярного всмоктування води більш детально проводили на зразках-балочках із ЗГЦ в'язучого, в якому пуццоланізуючою добавкою була зола-виносу ТЕС, та на контрольних зразках-балочках з однаковою кількістю шлакопортландцементу та гіпсу і із збільшеним вмістом гіпсу, в яких пуццоланізуючою добавкою є шлакопортландцемент. Результати вимірювання висоти підняття води отримували через кожні 30 хв.

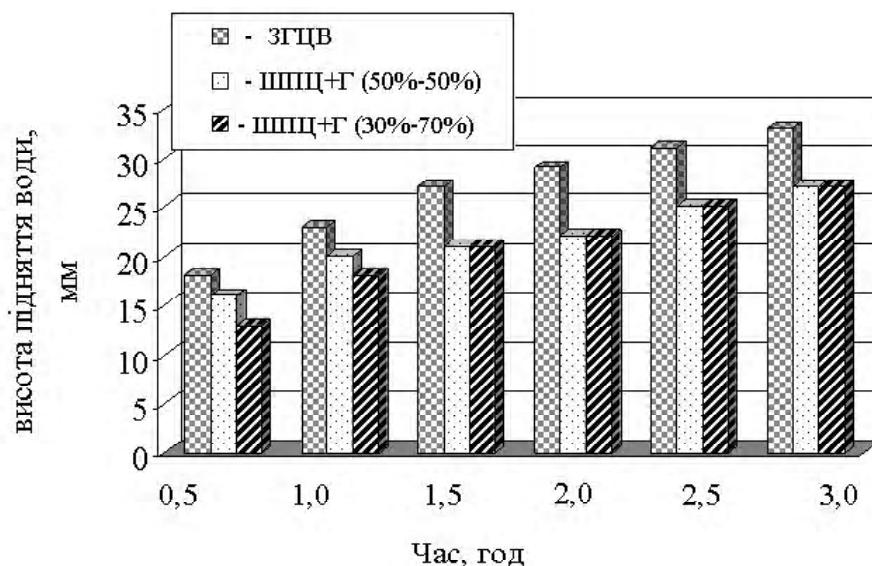
Кінетика капілярного всмоктування наведена на рисунку 1 у вигляді діаграми залежності висоти підняття води у зразках відповідного складу від часу.

Якщо порівняти в динаміці кінетику капілярного всмоктування контрольних зразків з однаковою кількістю шлакопортландцементу та гіпсу і із збільшеним вмістом гіпсу, то, як видно з діаграми (рис.1), з 90 хвилини темп всмоктування та висота підняття води, за виключенням початкового етапу, однакові.

Однак динаміка капілярного всмоктування показує, що висота підняття води по всьому часовому діапазоні у зразка ЗГЦВ вища, ніж у контрольних зразків. Тим не менше, різниця рівнів підняття води у зразка на ЗГЦВ та у зразків з однаковою кількістю шлакопортландцементу та гіпсу і із збільшеним вмістом гіпсу на початковому етапі (до 60 хв) становить 12,5 % – 38,5 %. Але, починаючи з 90 хвилини,

Таблиця 2. Основні фізико-механічні та вологопереносні характеристики змішаних композицій на гіпсовому в'язучому.

Склад в'язучого, мас., %	$R_{зг}$, МПа	$R_{ст}$, МПа	$k_{розм}$	Терміни тужавлення, хв.	Висота підйому води через 3 год., h , мм
ЗГЦВ (З–54%; Г–28%; ПЦ – 18%)	3,7	19,3	0,78	7-11	33
ШПЦ+Г (ШПЦ – 50%; Г– 50 %)	3,9	21,6	0,78	10,5-15	27
ШПЦ+Г (ШПЦ–30 %; Г– 70 %)	8,3	27,0	0,58	10-7	27
ШПЦ (100 %)	2,0	30,8	0,85	-	40

**Рис. 1.** Кінетика капілярного всмоктування.

різниця рівнів підняття води у зразка ЗГЦВ та контрольних зразків ШПЦ сягає 6 мм (що становить 22,2 %). Ця різниця залишається незмінною під час подальшого всмоктування до 3 год (рис.1).

Отже, даний експеримент показує, що різниця рівнів підняття води у зразках ЗГЦВ та ШПЦ в динаміці однакова і не є значною. Це дозволяє стверджувати, що морозостійкість, довговічність та основні фізико-технічні характеристики ЗГЦВ та ШПУ суттєво не відрізнятимуться.

Таким чином, на основі ЗГЦВ, можна виготовляти вироби для зовнішнього опорядження

будівель, садово-паркової архітектури, парканів тощо за умови гідроізоляції основи і верхньої площини виробу від можливого зволоження.

Література

- Гасан Ю.Г., Кучерова Г.В. В'язуче та бетон з його використанням – Бюлетень “Промислова вартість” Держпатенту України, патент № 9512А 30.09.96 бюл. №3
- Гасан Ю.Г., Кучерова Г.В., Клапченко В.И., Дугин В.Е. Особенности структурообразования смешанного зологипсоцементного вяжущего для композиционных изделий /В кн. “Структурообразование и разрушение композиционных

- строительных материалов и конструкций”. – Одесса: 1994., - С. 8-9.
3. В.М. Казанский, И.Ю. Петренко. - Физические методы исследования структуры строительных материалов. – Киев: КИСИ, 1984.- 76 С.
 4. Гасан Ю.Г., Дорошенко А.Ю., Тарасевич В.И., Азнаурян И.А., Бондаренко С.В., Кучерова Г.В. Гіпсовміщуючі композити, модифіковані сіркою і золою// Збірник. наук. праць. Київський. інст. залізничного транспорту. -Київ: 1998, -Т.1. – вип. 1. – С.120-125.
 5. Гасан Ю.Г., Кучерова Г.В., Бондаренко С.В., Азнаурян І.О. Застосування математичного планування для керування технологічними властивостями бетонних сумішей на золотіпсоцементному в'язучому з відходів хімічного виробництва// Прогнозування у матеріалознавстві: Матеріали до 41-го Міжнародного семінару з моделювання та оптимізації композитів – МОК'41. “ Одеса: Астропринт, 2002. “ 196С.
 6. Гасан Ю.Г., Кучерова Г.В., Бондаренко С.В., Азнаурян І.О. Вологопереносні характеристики ЗГЦ в'язучого та бетону на його основі з домішками відходів хімічного виробництва // Строительство. Материаловедение. Машиностроение // Сб.науч. тр. № 29, - Днепропетровск: ПГАСА, 2003. – 106 С.

Гасан Юрій Гусейнович працює професором Київського національного університету будівництва і архітектури, кафедри будівельних матеріалів. Наукові інтереси: дослідження можливості застосування попередньо розробленого авторами водостійкого економічного золотіпсоцементного в'язучого з підвищеним вмістом золи-виносу ТЕС.

Кучерова Галина Василівна працює асистентом Київського національного університету будівництва і архітектури, кафедри фізики. Наукові інтереси: дослідження можливості застосування, попередньо розробленого авторами водостійкого економічного золотіпсоцементного в'язучого з підвищеним вмістом золи-виносу ТЕС.

Азнаурян Ірина Олександрівна працює доцентом Київського національного університету будівництва і архітектури, кафедри фізики. Наукові інтереси: дослідження можливості застосування, попередньо розробленого авторами водостійкого економічного золотіпсоцементного в'язучого з підвищеним вмістом золи-виносу ТЕС.

Бондаренко Сергій Васильович працює науковим співробітником державного науково-дослідного інституту в'язучих речовин і матеріалів ім. В.Д. Глухівського при Київському національному університеті будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження можливості застосування, попередньо розробленого авторами водостійкого економічного золотіпсоцементного в'язучого з підвищеним вмістом золи-виносу ТЕС.

Білокур Євген Олександрович є студентом Київського національного університету будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження можливості застосування, попередньо розробленого авторами водостійкого економічного золотіпсоцементного в'язучого з підвищеним вмістом золи-виносу ТЕС.

Гасан Юрій Гусейнович работает профессором Киевского национального университета строительства и архитектуры, кафедра строительных материалов. Научные интересы: исследование возможности применения ранее разработанного авторами водостойкого экономичного золотіпсоцементного вяжущего с повышенным содержанием золы-уноса ТЭС.

Кучерова Галина Васильевна работает ассистентом Киевского национального университета строительства и архитектуры, кафедра физики. Научные интересы: исследование возможности применения ранее разработанного авторами водостойкого экономичного золотіпсоцементного вяжущего с повышенным содержанием золы-уноса ТЭС.

Азнаурян Ирина Александровна работает доцентом Киевского национального университета строительства и архитектуры, кафедра физики. Научные интересы: исследование возможности применения ранее разработанного авторами водостойкого экономичного золотіпсоцементного вяжущего с повышенным содержанием золы-уноса ТЭС.

Бондаренко Сергей Васильевич работает научным сотрудником государственной научно-исследовательский института вяжущих веществ и материалов им. В.Д. Глуховского при Киевском национальном университете строительства и архитектуры. Научные интересы: исследование возможности применения ранее разработанного авторами водостойкого экономичного золотіпсоцементного вяжущего с повышенным содержанием золы-уноса ТЭС.

Білокур Евгений Александрович является студентом Киевского национального университета строительства и архитектуры. Научные интересы: исследование возможности применения ранее разработанного авторами водостойкого экономичного золотіпсоцементного вяжущего с повышенным содержанием золы-уноса ТЭС.

Gasen Yuri Guseinovich is Professor of the Kiev National University of Civil Engineering and Architecture, Building Materials Department. Scientific interests: the research is dedicated to how to use a developed by different authors before waterproof gypsum cement binding agent (GCBAG) with a higher concentration of fly-ash from a Thermal Power Plant (TPP) for interior finishing.

Kucheroval Galyna Vasylivna is assistant lecturer of the Kiev National University of Civil Engineering and Architecture, Physics Department. Scientific interests: the research is dedicated to how to use a developed by different authors before waterproof gypsum cement binding agent (GCBAG) with a higher concentration of fly-ash from a Thermal Power Plant (TPP) for interior finishing.

Aznavryan Iryna Olexandrivna is associated professor of the Kiev National University of Civil Engineering and Architecture, Physics Department. Scientific interests: the research is dedicated to how to use a developed by different authors before waterproof gypsum cement binding agent (GCBAG) with a higher concentration of fly-ash from a Thermal Power Plant (TPP) for interior finishing.

Bondarenko Sergiy Vasylyovych is Scientist of the V.D. Glukhovsky State Scientific Research Institute of Binders and Materials under Kiev National University of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the research is dedicated to how to use a developed by different authors before waterproof gypsum cement binding agent (GCBAG) with a higher concentration of fly-ash from a Thermal Power Plant (TPP) for interior finishing.

Bilokur Evgen Olexandrovych is a student of the Kiev National University of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the research is dedicated to how to use a developed by different authors before waterproof gypsum cement binding agent (GCBAG) with a higher concentration of fly-ash from a Thermal Power Plant (TPP) for interior finishing.