

Одеська державна академія будівництва та архітектури  
Технічний університет Молдови



# МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОМПОЗИТІВ

Матеріали міжнародного семінару

Одеса, 18-19 листопада 2021

## MODELLING AND OPTIMIZATION OF BUILDING COMPOSITES

Proceedings of International Seminar

Odessa, November 18-19, 2021

УДК 004.942:691

Рекомендовано до друку Вченою Радою  
Одеської державної академії будівництва та  
архітектури (протокол №3 від 28 жовтня 2021 р.)

**Моделювання та оптимізація будівельних композитів** : *мат-ли міжнарод. сем.*  
Одеса: ОДАБА, 2021. 98 с.

**Редакційна колегія:** Суханов В.Г., д.т.н., проф.; Хлицов М.В., к.т.н., доц.; Барабаш І.В., д.т.н., проф.; Вировой В.М., д.т.н., проф.; Керш В.Я., к.т.н., проф.; Лященко Т.В., д.т.н., проф.; Шинкевич. О.С., д.т.н., проф.; Русу І.В., д.т.н., проф.

**Відповідальна за випуск:** Антонюк Н.Р., к.т.н., доц.

Міжнародний семінар з моделювання та оптимізації будівельних композитів (**МОБК**) продовжує традицію кафедри процесів та апаратів в технології будівельних матеріалів. З моменту заснування кафедрою керував заслужений діяч науки і техніки, д.т.н., професор В.А. Вознесенський. Віталій Анатолійович створив та очолював Раду з комп'ютерного матеріалознавства при Міжнародній інженерній академії. Під його керівництвом з 1996 по 2008 рік в Одеському домі вчених проводились міжнародні семінари з моделювання та оптимізації композитів (МОК'35-47). Матеріали **МОБК** 2021 р. охоплюють питання застосування експериментально-статистичних та інших моделей в будівельному матеріалознавстві, включаючи елементи комп'ютерного матеріалознавства. Оргкомітет (**patsm@ukr.net**) не завжди поділяє думку авторів.

Международный семинар по моделированию и оптимизации строительных композитов (**МОСК**) продолжает традицию кафедры процессов и аппаратов в технологии строительных материалов. С момента основания кафедрой руководил заслуженный деятель науки и техники, д.т.н., профессор В.А. Вознесенский (1934-2012). Виталий Анатольевич создал и возглавлял Совет по компьютерному материаловедению при Международной инженерной академии. Под его руководством с 1996 по 2008 год в Одесском доме ученых проводились международные семинары по моделированию и оптимизации композитов (МОК'35-47). Материалы **МОСК** 2021 г. охватывают вопросы применения экспериментально-статистических и других моделей в строительном материаловедении, включая элементы компьютерного материаловедения. Оргкомитет (**patsm@ukr.net**) не всегда разделяет мнение авторов.

International Seminar *Modelling and Optimization of Building Composites (MOBC)* continues the tradition of the Department of Chemical Engineering at Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. The head of the department (and its founder) Professor V.A. Voznesensky (1934-2012), D.Sc., honoured scientist, had organized and headed the Scientific Council on Computational Materials Science at International Academy of Engineering. Under his leadership the International Seminars on Modelling and Optimization of Composites (MOC'35-47) were conducted in 1996-2008, in Odessa House of Scientists. The Proceedings of the present seminar cover the issues of using experimental-statistical and other models in building materials science, including the elements of computational materials science. Opinions of Organizing Committee may differ from those of the authors.

ISBN 978-617-7195-29-9

© Одеська державна академія  
будівництва та архітектури, 2021

## НАНОМОДИФІКОВАНІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ ДЛЯ ІОНОЗАХИСНИХ РОЗЧИНІВ

<sup>1</sup>Дерев'янюк В.М., <sup>2</sup>Кондратьєва Н.В., <sup>3</sup>Гришко Г.М., <sup>1</sup>Мороз В.Ю.  
(<sup>1</sup>Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», <sup>2</sup>Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпро; <sup>3</sup>Дніпровський державний аграрно-економічний університет)

**Abstract.** Increasing the total attenuation coefficient of ionizing radiation up to  $0.354 \text{ cm}^{-1}$ , and more gives an opportunity to reduce the equivalent ( $14.6 \text{ cm}^{-1}$ ) thickness of the radiation protective layer by 1-1.5 mm.

**Keywords:** nanomodifying; binders; ion-protective solutions; radiation background; ionizing radiation; nuclear power plants.

Розглянута можливість розробки в'язучих речовин з підвищеною кількістю хімічно-зв'язаної води, які в ряду зниження ІРВ (іонізуючого радіоактивного випромінювання) будуть найбільш ефективними. До таких в'язучих речовин відносяться композиційні цементи системи  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SO}_3\text{-H}_2\text{O}$  [1, 2]. Це дає можливість в процесі гідратації формувати розчин з високим вмістом етtringіту ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot3\text{CaSO}_4\cdot32\text{H}_2\text{O}$ ), мінералу, в якому кількість хімічно-зв'язаної води досягає 46 %.

З метою збільшення кількості хімічно зв'язаної води, що в значній мірі залежить від вмісту етtringіту в роботі проведено дослідження по розробці композиційного цементу системи  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SO}_3\text{-H}_2\text{O}$  (глиноземистий цемент-гіпс): а) 70÷30; б) 50÷50; в) 30÷70 (рис. 1).

Технологія досліджень розробки композиційних в'язучих речовин ГЦ-40+Г5-Н-11 складалась: дослідження властивостей сировинних матеріалів, розробка складів глиноземно-гіпсових композицій та визначення основних властивостей (вміст хімічно-зв'язаної води, міцність, водопоглинання), наномодифікація складів розчинів на основі розробленої в'язучої композиції, визначення коефіцієнта ослаблення ІРВ та механічних характеристик.

Побудовані діаграми залежностей міцнісних і фізичних властивостей композиційної в'язучої речовини системи СаО–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SO<sub>3</sub>–H<sub>2</sub>O (табл.1, рис 1) дають можливість диференційного визначення оптимальних характеристик при розробці складів для певних умов експлуатації.

Таблиця 1. Рівні варіювання співвідношення

Рівні факторів	X1												
	-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1		
X2	-1	30	143.06	140.09	136.52	132.95	129.38	125.81	122.24	118.67	115.10	111.53	107.96
	-0.8	34	140.09	136.83	133.58	130.32	127.07	123.81	120.55	117.30	114.04	110.79	107.53
	-0.6	38	136.52	133.58	130.64	127.69	124.75	121.81	118.87	115.93	112.98	110.04	107.10
	-0.4	42	132.95	130.32	127.69	125.07	122.44	119.81	117.18	114.55	111.93	109.30	106.67
	-0.2	46	129.38	127.07	124.75	122.44	120.12	117.81	115.50	113.18	110.87	108.55	106.24
	0	50	125.81	123.81	121.81	119.81	117.81	115.81	113.81	111.81	109.81	107.81	105.81
	0.2	54	122.24	120.55	118.87	117.18	115.50	113.81	112.12	110.44	108.75	107.07	105.38
	0.4	58	118.67	117.30	115.93	114.55	113.18	111.81	110.44	109.07	107.69	106.32	104.95
	0.6	62	115.10	114.04	112.98	111.93	110.87	109.81	108.75	107.69	106.64	105.58	104.52
	0.8	66	111.53	110.79	110.04	109.30	108.55	107.81	107.07	106.32	105.58	104.83	104.09
1	70	107.96	107.53	107.10	106.67	106.24	105.81	105.38	104.95	104.52	104.09	103.66	

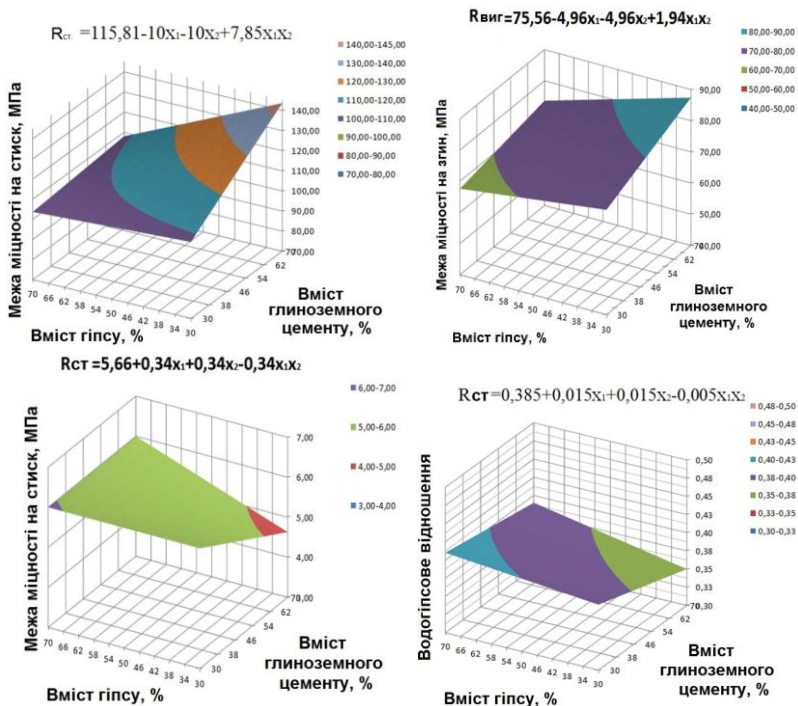


Рис. 1. Діаграми композиційних матеріалів в залежності від співвідношення гіпс/глиноземистий цемент: а) – міцності на стиск; б) – міцності на згин; в) – водопоглинання; г) – водогіпсове відношення

Термічний аналіз проведено з використанням приладів 600 SDT TA. Температура зміни з RT на 800 градусів С при швидкості нагрівання /охладження 10 С/хв в сухому повітряному потоці (100 мл р хв-1) з використанням  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в якості еталона.

Проведенні дослідження показують, що збільшення вмісту сульфату кальцію позитивно впливає на кількість утворення етtringіту і оптимальна величина знаходиться в межах 30-40% від маси композиції. Слід зазначити, точне співвідношення компонентів можна визначити по їх мінералогічних складах і умовах процесу гідратації. Так при співвідношенні ГЦ-40/Г% 70/30 % (рис. 1) залишається досить значно кількість гідроалюмінатів кальцію, які при наявності вільних сульфат іонів можуть сформувати етtringіт. І тоді величину хімічно-зв'язаної вологи можна збільшити на 5-10 %.

Композиційні в'язучі речовини представленні вище можуть використовуватись для виготовлення небезпечних споруд. Вони мають в своєму складі багато хімічно зв'язаної вологи і можуть бути використанні для захисту від нейтронного випромінювання в зв'язку з наявністю значної кількості ядер водню. Водень маючи малу молекулярну масу захоплює потоки гарячих нейтронів, ультрафіолетових променів та інше іонізуючого випромінювання.

**Висновки.** Для досягнення поставленої мети в роботі використано початкові матеріали: глиноземистий цемент Г-40, 50 і будівельний гіпс Г5. Проведено визначення їх властивостей і оптимального співвідношення компонентів для отримання заданого мінералогічного складу з максимальним вмістом хімічно зв'язаної води. Дослідженнями встановлено, що збільшення вмісту сульфату кальцію позитивно впливає на кількість утворення етtringіту і оптимальна величина знаходиться в межах 30-40% від маси композиції. Точне співвідношення компонентів можна визначити по їх мінералогічних складах і умовах процесу гідратації. При співвідношенні ГЦ-40 / Г% – 70/30 % залишається досить значна кількість гідроалюмінатів кальцію, міцність на стиск і згин становить відповідно – 14 і 10 МПа.

1. Большаков, В. И. Углеродные наноструктуры в композитах (структурообразование и применение) / В.И. Большаков, В.Е. Ваганов. Монография. Днепропетровск, 2015. – 315 с.

2. Punetha V. D. et al. Functionalization of carbon nanomaterials for advanced polymer nanocomposites: A comparison study between CNT and graphene // Progress in Polymer Science. – 2017. – Т. 67. – С. 1-47.

## ЗМІСТ

<b>Барабаш І.В., Ксьоншкевич Л.М., Пирогов Д.О., Горбовий О.Л.</b> Вплив струйної активації на міцність піщаного бетону.....	3
<b>Бачинський В.В., Хлицов М.В.</b> Аддитивні технології у освіті.....	6
<b>Бондаренко О.П., Бердник О.Ю., Апанасенко В.Ю., Ластівка О.В., Жеребчук Д.С.</b> Особливості кінетики набору міцності бетонів на основі модифікованого шлакопортландцементу.....	11
<b>Выровой В.Н., Коробко О.А., Елькин А.В., Суханов В.Г.</b> Многоочаговое структурообразование композиционных материалов.....	15
<b>Гара Ан.А., Гара А.А.</b> Свойства модифицированных эпоксидных композиций при эксплуатации в адсорбционно-активных средах.....	18
<b>Дворкін Л.Й., Житковський В.В., Марчук В.В.</b> Оптимізація складу дрібнозернистого бетону на композиційному золівміщуючому цементі з урахуванням технології його виготовлення.....	21
<b>Дерев'янку В.М., Кондратьєва Н.В., Гришко Г.М., Мороз В.Ю.</b> Наномодифіковані вяжучі речовини для іонозахисних розчинів.....	26
<b>Довгань О.Д.</b> Особливості структуроутворення цементних композитів, армованих високодисперсним волокном.....	29
<b>Колесников А.В., Керш В.Я., Хлыцов Н.В.</b> Характеристики вероятностного распределения как отклики в экспериментально-статистическом моделировании.....	34
<b>Колесников А.В., Семенова С.В., Кириленко Г.А.</b> Локальные коэффициенты поврежденности и их применение в строительном материаловедении.....	38

<b>Коробко О.О., Загорчешний Ю.О., Уразманова Н.Ф.</b> Адаптаційні можливості будівельних композитів.....	43
<b>Кривяков С.О., Крижановський В.О. Заволока М.В.</b> Вплив металевої фібри і прискорювача твердіння на міцність фіробетонів для ремонту жорстких дорожніх і аеродромних покриттів.....	46
<b>Ляшенко Т.В., Антонюк Н.Р.</b> Международные семинары МОК и МОСК: немного статистики....	51
<b>Мартинев В.І., Мартинова О.Б., Казмірчук Н.В., Макарова С.С.</b> Вплив реологічних характеристик на структурну міцність пінобетонної суміші.....	57
<b>Низина Т.А., Балыков А.С., Коровкин Д.И., Володин С.В.</b> Оптимизация составов цементного камня комплексными модификаторами на основе минеральных и пластифицирующих добавок*.....	61
<b>Новицький О.П.</b> Числове моделювання ґрунтоцементних основ.....	66
<b>Парута В.А., Гнып О.П., Лавренюк Л.И., Гриньова И.И., Бачинский В.В., Желько Кос</b> Принципы проектирования составов адгезионно соединенных защитных систем для стеновых конструкций.....	70
<b>Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Ткаченко С.Е.</b> Светопроницаемость комбинированных материалов на основе древесного заполнителя.....	73
<b>Сердюк В.Р., Рудченко Д.Г.</b> Енергоефективний конструкційно-теплоізоляційний газобетон автоклавного твердіння.....	77
<b>Суханов В.Г., Вировой В.М., Гара А.О., Суханова С.В.</b> Визначення глибини карбонізації бетону при обстеженні залізобетонних конструкцій у прибережній зоні.....	80

<b>Trofimova L.E.</b> Application of topological modeling in studying rheological behavior and morphology of polymers.....	83
<b>Цапко Ю.В., Цапко О.Ю., Бондаренко О.П., Ятлук А.Т.</b> Особливості вогнезахисту будівельних конструкцій з текстильних матеріалів.....	86
<b>Shkola A.V., Mosicheva I.I., Marchenko M.V., Dolzhenko M.I., Chaika E.O., Borsch E.R.</b> Experimental research of deformative properties of metallurgical slags as an optimum structural-composite material for artificial bases creation.....	89



*Наукове видання*

**МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ  
БУДІВЕЛЬНИХ КОМПОЗИТІВ**

**Матеріали міжнародного семінару**

**Одеса, 18-19 листопада 2021 р.**

*(українською, російською та англійською мовами)*

Відповідальна за випуск *Антонюк Н.Р.*

Підписано до друку 22.11.2021 р.  
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times.  
Цифровий друк. Ум.-друк. арк. 5,7.  
Наклад 100 прим. Зам. №18-38Е

Видавець і виготовлювач:  
**Одеська державна академія будівництва та архітектури**  
**Свідоцтво ДК № 4515 від 01.04.2013 р.**  
Україна, 65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 4.  
тел. (048) 729-85-34, e-mail: rio@ogasa.org.ua

---

Надруковано в авторській редакції з готового оригінал-макету  
в редакційно-видавничому відділі ОДАБА