

ISSN 2415-377X

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

ВІСНИК

***ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ***

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

**Випуск № 71
червень 2018**

ОДЕСА 2018

ВІСНИК ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ
ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ISSN 2415-377X

Випуск № 71, червень 2018

Збірник наукових праць видається з 2000 р., періодичність – 4 рази на рік.

Засновник і видавець – Одеська державна академія будівництва та архітектури.

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 4761 від 25.12.2000 р.

Збірник наукових праць входить до переліку наукових фахових видань України, у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт. Наказ МОН України № 374 від 13.03.2017 року.

З 2016 р. збірник наукових праць включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus.

У збірнику представлені результати наукових і експериментально-теоретичних досліджень у галузі будівництва та архітектури; будівельних конструкцій; будівельних матеріалів та технологій; гідротехнічного та транспортного будівництва; інженерних мереж та обладнання; основ та фундаментів; технологій та організації будівельного виробництва.

Призначений для наукових працівників, спеціалістів проектних установ та виробничих підприємств будівельної галузі, аспірантів та магістрів навчальних закладів.

Головний редактор – Ковров А.В. – к-т техн. наук, проф., ОДАБА;

Відповідальний редактор – Клименко Є.В. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Відповідальний секретар – Антонюк Н.Р. – к-т техн. наук, доц., ОДАБА.

Редакційна колегія:

Азізов Т.Н. – д-р техн. наук, проф., Уманський державний педагогічний університет ім. П. Тичини (за згодою);

Бліхарський З.Я. – д-р техн. наук, проф., НУ “Львівська політехніка” (за згодою);

Вировой В.М. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Грабовський П.О. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Даков Д. – д-р інж., проф., Університет з архітектури, будівництва та геодезії, Болгарія (за згодою);

Дорофєєв В.С. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Зайцева О.Ю. – к.філ.н., доц., ОДАБА, завідувача кафедрою «Іноземних мов»;

Кіосопулос Дж. – проф., Технологічний навчальний університет Афін, Греція (за згодою);

Кожина Горан – проф., університет «Північ», Хорватія (за згодою);

Кусаковська В.А. – к.філ.н., доц., ОДАБА, доцент кафедри «Іноземних мов».

Ляшенко Т.В. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Менейлюк О.І. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Мішутін А.В. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Найчук А.Я. – д-р техн. наук, проф., БілНДІБ, Білорусь (за згодою);

Немчинов Ю.І. – д-р техн. наук, проф., ДП НДІБК (за згодою);

Петраш В.Д. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Рибаков Ю.І. – д-р техн. наук, проф., Університетський центр м. Аріель, Ізраїль (за згодою);

Русу І.В. – д-р техн. наук, проф., Технічний університет Молдови (за згодою);

Сахацький М.П. – д-р екон. наук, проф., ОДАБА;

Семенюк Я.Д. – д-р техн. наук, проф., Російсько-білоруський університет, Білорусь (за згодою);

Стоянов В.В. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Сур'янінов М.Г. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Тугасенко Ю.Ф. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Швабюк В.І. – д-р техн. наук, проф., Луцький національний технічний університет (за згодою).

Рекомендовано до видання Вченою радою ОДАБА

Протокол № 9 від 31.05.2018 р.

Свідоцтво КВ № 4761 від 25.12.2000 р.

Наказ МОН України № 374 від 13.03.2017 р.

ISSN 2415-377X

© Одеська державна академія
будівництва та архітектури
(ОДАБА), 2018

ISSN 2415-377X

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

ODESSA STATE ACADEMY
OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE

BULLETIN

***OF ODESSA STATE ACADEMY
OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE***

COLLECTION OF SCIENTIFIC WORKS

**Issue № 71
June 2018**

ODESSA 2018

BULLETIN OF ODESSA STATE ACADEMY OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE
COLLECTION OF SCIENTIFIC WORKS
ISSN 2415-377X

Issue № 71, June 2018

Collection of scientific works has been published since 2000, frequency – 4 times a year.

Founder and publisher – Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (OSACEA).

Certificate of state registration KB № 4761, 25 December, 2000.

Collection of scientific works enters the list of scientific editions of Ukraine, in which thesis results can be published. Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine № 374, 13 March, 2017.

Since 2016 collection of scientific works is included into International scientometric base of the Index Copernicus.

Results of scientific and experimental-theoretical researches in the field of construction and architecture; building structures, building materials and techniques; hydrotechnical and transport construction; utility networks and facilities; basement and foundations; technology and organization of building production are presented in the collection.

It is assigned for scientific workers, specialists of design organizations and manufacturing enterprises of construction domain, postgraduates, masters of educational institutions.

Editor-in-chief – Kovrov A.V. – Ph.D., Professor, OSACEA;

Executive editor – Klymenko I.V. – D.Sc., Professor, OSACEA;

Executive Secretary – Antoniuk N.R. – Ph.D., Associate Professor, OSACEA.

Editorial Board:

Azizov T.N. – D.Sc., Professor, Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical;

Blikharskyy Z.Y. – D.Sc., Professor, Lviv National Polytechnic University;

Vyrovoy V.N. – D.Sc., Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture;

Hrabovskyy P.O. – D.Sc., Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture;

Dakov D. – D.Sc., Professor, University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Bulgaria;

Dorofeev V.S. – D.Sc., Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture;

Zaytceva J.Y. – Ph.D., Associate Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture;

Kiousopoulos John – Professor, Technological Educational University Athens, Greece;

Kozina Goran – Ph.D, Professor, University North, Croatia;

Kusakovska V.A. – Ph.D., Associate Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture;

Lyashenko T.V. – D.Sc., Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture;

Meneiliuk A.I. – D.Sc., Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture;

Mishutin A.V. – D.Sc., Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture;

Naichuck A. – D.Sc., Professor, Institute BelNIIS RUE, Belarus;

Nemchynov Y.I. – D.Sc., Professor, The State Enterprise «State Research Institute of Building Constructions»;

Petrash V.D. – D.Sc., Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture;

Ribakov Y.I. – D.Sc., Professor, Ariel University, Israel;

Rusu I.V. – D.Sc., Professor, Technical University of Moldova;

Sakhatskyi M.P. – D. of Economics, Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture;

Semenyuk S.D. – D.Sc., Professor, Belarusian-Russian University, Belarus;

Stojanov V.V. – D.Sc., Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture;

Surianinov N.G. – D.Sc., Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture;

Tugayenko Y. – D.Sc., Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture;

Shvabiuk V.I. – D.Sc., Professor, Lutsk National Technological University.

Recommended for publication by the Academic Board of the OSACEA

Protocol № 9, 31 May, 2018.

Certificate KB № 4761, 25 December, 2000.

Order of Ministry of Education and Science of Ukraine № 374, 13 March, 2017.

ISSN 2415-377X

© Odessa State Academy
of Civil Engineering and Architecture
(OSACEA), 2018

ЗМІСТ

АРХІТЕКТУРА

Ісаєнко Д.В. Особливості законодавчого регулювання будівельної галузі в Україні.....	9
Nikitenko O., Kernytsky I., Kalinin A., Kovalova G. Use of integral calculus for building developments of undevelopable surfaces of revolution...	16

БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ

Babiy I.N., Bichev I., Zhayvoronok D., Kolomiychuk V. Research of lightweight monolithic reinforced concrete slabs with the use of plastic inserts.....	25
Колесніченко С.В. Класифікація дефектів та пошкоджень вузлів сталевих будівельних конструкцій, що знаходяться під впливом динамічних навантажень.....	30
Malakhov V.V., Vykydanets S.M. The character of cracking in the beams with loop joints.....	37
Моргун А.С., Малачковська Р.І. Методика числового моделювання за методом граничних елементів (МГЕ) розвитку зон граничного стану ґрунту кільцевого фундаменту.....	42
Настоящий В.А., Яцун В.В. Об использовании принципов биомеханики при конструировании эластомерных футеровок и покрытий поверхностей технологических, транспортирующих агрегатов и сооружений предприятий горно-металлургического комплекса.....	49
Отрош Ю. А. Розробка підходу до визначення технічного стану будівельних конструкцій при дії силових та високотемпературних впливів.....	54
Пашинський М.В. Методика побудови карт територіального районування за характеристичними значеннями кліматичних навантажень.....	61
Пашинський В.А., Карпушин С.О., Пашинський М.В. Методика визначення кліматичних навантажень в заданій географічній точці.....	68
Polianskyi K.V. About the methodology of experimental investigation of the damages influence on the stress- strain state and the residual bearing capacity of the inclined sections of reinforced concrete beams	73
Сингаевский П.М., Купченко Ю.В., Гилодо А.Ю. Определение оптимальной геометрической формы решетки в комбинированной арочной системе для круглых в плане зданий.....	78

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

Березюк А.М., Папірник Р.Б., Ганник М.І., Мартиш О.П., Огданський І.Ф., Гайдар А.М. Вплив відходів хімічних виробництв на особливості полімер бетонів.....	84
Derevianko V.M., Kondratieva N.V., Hryshko H.M. The effect of carbon nanotube additives on the structure and properties of calcium sulfate hemihydrate.....	89

Ковальчук О.Ю., Пасько А.В., Зозулинець В.В., Бойко О.В. Дослідження іммобілізуючої здатності лужного цементу при використанні різних сполук заліза.....	94
Коробко О.О., Закорчемний Ю.О., Кушнір О.М., Коцюрубенко О.М. Безпечне функціонування виробу як функція структурного різноманіття бетону.....	101
Kroviakov S.O., Mishutin A.V., Pishev O.V., Kryzhanovskiy V.O. Composition effect on the strength of modified expanded clay lightweight concrete.....	107
Лучко Й.Й., Парнета Б.З., Пенцак А.Я. Дослідження технології ін'єкційної гідроізоляції підземних споруд.....	113
Мартынов В.И., Ветох А.М., Антонюк Н.Р., Бойко Т.В. Влияние акустической активации на свойства твердеющего пенобетона.....	120
Пушкарьова К.К., Каверин К.О. Дослідження впливу температури твердіння на зміну міцності при стиску модифікованих керамзитобетонів.....	125
Савчук В.Ю. Електронно-мікроскопічні дослідження структури ґрунтовмісних матеріалів з використанням відходів.....	130
Solonenko I., Leonova A. Coverings for ensuring the movement of individual environmental transport.....	135
Цапко Ю.В., Цапко О.Ю. Проблемні питання щодо застосування вогнезахисту для виробів з очерету.....	143
ГІДРОТЕХНІЧНЕ ТА ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО	
Великий Д.И., Бааджи В.Г., Гайсюк А.Г., Матвиенко А.А. Влияние пространственной модели откосов грунтовых плотин на результаты расчетов их устойчивости.....	149
Осадчий В.С., Анисимов К.И., Бондаренко А.С. Особенность возведения оградительного волнолома на водонасыщенных слабых грунтах..	154
ОСНОВИ ТА ФУНДАМЕНТИ	
Варивода О.Н., Харин П.Л. Механизм усиления насыпей на слабых основаниях.....	161
Лучко Й.Й., Кравець І.Б. Застосування георадіолокаційного методу на залізницях України.....	169
Pyvonos V.M., Pyvonos V.M., Loginova L.A., Loginova L.V. From experience of preparation bases under clay soils of motorways and buildings with lime pilling	176
ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА	
Дмитриева Н.В., Лукашенко Л.Э., Зайцева Д.В. Об оценке конструктивно-технологических решений перекрытий для акустического комфорта панельных зданий.....	181

CONTENTS

ARCHITECTURE

Isaenko D.V. Features of legislative regulation of the construction industry in Ukraine.....	9
Nikitenko O., Kernytskyy I., Kalinin A., Kovalova G. Use of integral calculus for building developments of undevelopable surfaces of revolution...	16

BUILDING STRUCTURES

Babiy I.N., Bichev I., Zhayvoronok D., Kolomiychuk V. Research of lightweight monolithic reinforced concrete slabs with the use of plastic inserts.....	25
Kolesnichenko S. Classification of damages and imperfections of joints in steel structures under dynamic loading action.....	30
Malakhov V.V., Vykydanets S.M. The character of cracking in the beams with loop joints.....	37
Morgun A.S., Malachkovska R.I. Methodology of numerical modeling by boundary element method (BEM) of development of soil border condition zones of the ring foundation.....	42
Nastoyashiy V.A., Yatsun V.V. About using biomechanic principles during constructing of elastomeric linings and coverings of surfaces of technological, transporting aggregates and structures of enterprises of mining and metallurgical complex.....	49
Otrosh Y.A. Approach to the determination of the technical state of building structures under force and high-temperature influences.....	54
Pashynskiy M.V. Methodology of creation of territorial zoning maps based on characteristic values of climatic loads.....	61
Pashynskiy V.A., Karpushin S.A., Pashynskiy M.V. Methodology of determination of climatic loads in the given geographical point.....	68
Polianskyi K.V. About the methodology of experimental investigation of the damages influence on the stress-strain state and the residual bearing capacity of the inclined sections of reinforced concrete beams	73
Singayevsky P. M., Kupchenko Y.V., Gilodo O.Y. Determination of the lattice optimal geometric shape in the combined arch system for circular plan buildings.....	78

BUILDING MATERIALS AND TECHNIQUES

Berezuk A.N., Papirnik R.B., Gannik N.I., Martush A.P., Ogdanskiy I.F., Gaidar A.N. Effects of the chemical waste production on the peculiarities of the polymerconcrete.....	84
Derevianko V.M., Kondratieva N.V., Hryshko H.M. The effect of carbon nanotube additives on the structure and properties of calcium sulfate hemihydrate.....	89

CONTENTS

Kovalchuk O.Yu., Pasko A.V., Zozulynets V.V., Boiko O.V. Investigation of immobilized ability of alkali activated cement using various iron compounds	94
Korobko O.A., Zakorchemny Yu.O., Kushnir A.M., Kotsiurubenko O.N. Safe functioning of the product as a function of the structural variety of concrete.....	101
Kroviakov S.O., Mishutin A.V., Pishev O.V., Kryzhanovskiy V.O. Composition effect on the strength of modified expanded clay lightweight concrete.....	107
Luchko J.J., Parneta B.Z., Pentsak A.Ya. Investigation of technology of injection waterproofing of underground structures.....	113
Martinov V.I., Vietokh A.M., Antoniuk N.R., Boyko T.V. Influence of acoustic activation on the properties of foam concrete.....	120
Pushkarova E.K., Kavervyn K.A. Study of the influence of the hardening temperature on the change of strength during compression of modified expanded clay lightweight concretes.....	125
Savchuk V.Yu. Electron microscopic study of the soil-containing material structure with waste usage.....	130
Solonenko I., Leonova A. Coverings for ensuring the movement of individual environmental transport.....	135
Tsapko Yu.V., Tsapko A. Yu. Problematic issues for application of fire protection products for wood products preparing....	143

HYDROTECHNICAL AND TRANSPORT CONSTRUCTION

Velykyi D.I., Baadgi V.G., Gaysyuk A.G., Matvienko A.A. Influence of the spatial model of earth dams slopes on the results of the calculations of their stability.....	149
Osadczy W.S., Anisimov K.I., Bondarenko A.S. Peculiarities of constructing of a protective seawall on water bearing soft soils.....	154

BASEMENT AND FOUNDATIONS

Varivoda O.M., Kharin P.L. Mechanism of strengthening of embankments on weak bases.....	161
Luchko J.J., Kravets I.B. Application of the ground penetrating radar method for the Ukrainian railways.....	169
Pyvonos V.M., Pyvonos V.M., Loginova L.A., Loginova L.V. From experience of preparation bases under clay soils of motorways and buildings with lime pilling.....	176

TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF BUILDING PRODUCTION

Dmitrieva N.V., Lukaschenko L.E., Zaitseva D.V. Assessment of constructive and technological solutions of floors for acoustic comfort of panel buildings.....	181
---	-----

THE EFFECT OF CARBON NANOTUBE ADDITIVES ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF CALCIUM SULFATE HEMIHYDRATE

Derevianko V.M., Dr. Sc. Eng., Professor,
State Higher Educational Establishment "Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture"

derev@mail.pgasa.dp.ua

Kondratieva N.V., Cand. Sc. Eng., Assistant Professor,
State Higher Educational Establishment "Ukrainian State University of Chemistry and Chemical Technology"

kondratyeva_n@i.ua

Hryshko H.M., Cand. Sc. Eng., Assistant Professor,
Dniprovskiy State Agrarian-Economic University
gryshko.anna0101@gmail.com

Abstract. Problem statement. In recent years, development of nanostructured materials with the use of carbon nanotubes (CNT) has become one of the most topical trends in modern nanomaterials science due to their mechanical, chemical and electronic properties. **Purpose.** The investigation of the effect of carbon nanotubes on the structure and physical and mechanical properties of calcium sulfate hemihydrate. **Conclusion.** The research conducted to evaluate ultimate bending strength and ultimate compressive strength as well as water-gypsum ratio of test beams at 2 hours has shown that an increased content of the nanoadditive causes the improvement of structural characteristics of the composite material. Given the same content of the nanomodifier in a calcium sulfate matrix, maximum increase in compressive strength of 27-29% has been achieved by using carbon nanotubes (CNTs) and hydroxyl groups. Using non-modified carbon nanotubes in the presence of the additive has provided an increase in strength of 13-15% only. Chemical functionalization of the surface of carbon nanotubes promotes reduced sedimentation effect inherent to nanoparticles; moreover, it makes it possible to achieve a more uniform nanostructure dispersion throughout the modified material volume and provides chemical interaction between the substance matrix and nanotubes. Interaction of calcium sulfate dihydrate molecule with graphene-like surface is a chemical process, which has been proved by methods of quantum chemical analysis. The improved strength of CNT-containing gypsum composite has been achieved due to the accelerated process of calcium sulfate dihydrate crystallization at the graphene surface.

Keywords: carbon nanotubes, sulfate calcium hemihydrate, gypsum binder, nanomodifiers, hydration, strength.

ВПЛИВ ДОБАВОК ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ НАПІВГІДРАТУ СУЛЬФАТУ КАЛЬЦІЮ

Дерев'янко В. М., д.т.н., професор,
Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

derev@mail.pgasa.dp.ua

Кондратьєва Н. В., к.т.н., доцент,
Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет»

kondratyeva_n@i.ua

Гришко Г. М., к.т.н., доцент,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
gryshko.anna0101@gmail.com

Анотація. Застосування наносистем у різних областях будівництва спонукає проводити дослідження структуроутворення, яке впливає на різні властивості мінеральних в'язучих матеріалів. Проведені дослідження з визначення границі міцності на вигин і при стиску, водогіпсового відношення зразків-балочок у віці 2-х годин показують, що при однаковому вмісті наномодифікаторів в гіпсовій матриці максимальний приріст міцності при стиску досягається при використанні вуглецевих нанотрубок (ВНТ) з гідроксильними групами і становить 27 – 29 %. При використанні немодифікованих ВНТ приріст міцності при вмісті добавки становить лише 13 – 15 %. Підвищення міцності гіпсового композиту, що містить ВНТ, обумовлене прискореним процесом кристалізації двухводного гіпсу поблизу графенової поверхні.

Ключові слова: вуглецеві нанотрубки, напівгідрат сульфату кальцію, гіпсові в'язучі, наномодифікатори, гідратація, міцність.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОЛУГИДРАТА СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ

Деревянко В. Н., д.т.н., профессор,

Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

derev@mail.pgasa.dp.ua

Кондратьева Н. В., к.т.н., доцент,

Государственное высшее учебное заведение «Украинский государственный химико-технологический университет»

kondratyeva_n@i.ua

Гришко Г. М., к.т.н., доцент,

Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет

gryshko.anna0101@gmail.com

Аннотация. Применение наносистем в различных областях строительства побуждает проводить исследования структурообразования, которое влияет на различные свойства минеральных вяжущих материалов. Проведенные исследования по определению предела прочности на изгиб и при сжатии, водогипсового отношения образцов-балочек в возрасте 2-х часов показывают, что при одинаковом содержании наномодификатора в гипсовой матрице максимальный прирост прочности при сжатии достигается при использовании углеродных нанотрубок (УНТ) с гидроксильными группами и составляет 27 – 29 %. При использовании немодифицированных УНТ прирост прочности при содержании добавки составляет лишь 13 – 15 %. Повышение прочности гипсового композита, содержащего УНТ, обусловлено, ускоренным процессом кристаллизации двухводного гипса вблизи графеновой поверхности.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, полугидрат сульфата кальция, гипсовые вяжущие, наномодификаторы, гидратация, прочность.

Introduction. In recent years, development of nanostructured materials with the use of carbon nanotubes (CNT) has become one of the most topical trends of modern nanomaterials science due to their mechanical, chemical and electronic properties [1-7].

Creation of nanocrystalline materials with improved performance properties is essential to the optimization of structures, improvement of their reliability, energy saving and resource saving as well as improvement of strength and antiwear properties of products.

Review of latest research studies and published papers. Articles [8-11] represent the review of up-to-date approaches to the implementation of nanotechnology principles in construction materials science. Impact of nanomaterials on the initial stage of structure formation process, i.e. heterogeneous nucleation (nucleus formation) has been assessed. The authors of the papers [8-11] have investigated the influence of main factors on heterogeneous nucleation and showed that the mentioned factors form

three mechanisms of influence of primary nanomaterials on the material structure formation process.

Up-to-date ideas on electrical, magnetic, thermal, optical, diffusion, chemical and mechanical properties of nanomaterials have been summarized [12-17]. The papers have emphasized and demonstrated the dependence of these properties on the structure of materials and geometry of nanoparticles. Significant attention has been devoted to storage and transportation of nanomaterials.

Based on the conducted review of reference sources, it seems reasonable to study the influence of carbon nanotubes on the structure and main physical and chemical properties of calcium sulfate hemihydrate.

Research purpose. Research of the impact of carbon nanotube (CNT) type nanomodifiers on the structure, physical and mechanical properties of calcium sulfate hemihydrate.

Research methods. Methods of X-ray phase analysis and calorimetric tests have been used to investigate the mineralogical composition and kinetics of processes occurring in a modified matrix. The structure, size and morphology of newgrowths have been investigated by using scanning electron microscopes.

The surface of CNTs has been chemically modified with functional groups to improve the performance of carbon nanotubes (CNTs) [17]. Carboxylation of carbon nanotubes has been carried out through their interaction with various oxidizing agents [18-21]. For the oxidization of CNTs by hydroxyl groups, a mechanochemical method [21] has been used; the method involves milling of CNTs together with alkali within 60 minutes.

Research findings. The influence of nanomodifiers content – carbon nanotubes on the structure and main physical and chemical properties of gypsum binders has been determined.

The analysis of gypsum binder and building gypsum-based samples (both non-modified and modified with the CNTs) has been performed during the research.

During this research, we have used carbon nanotubes obtained from a catalytic hydrocarbon pyrolysis unit at the Center for Carbon Nanomaterials of the Vladimir State University named after A.G. And N.G. Stoletovs, Russia (Table. 1).

Table 1 – Properties of multi-walled carbon nanotubes CNTs

Material	Number of walls	Length, μm	Diameter, nm	Specific surface area, m^2/g	Purity, %
CNT, %	not more than 30	2-5	10-60	120	95

Gypsum binder with the addition of surfactant in the amount of 0.4% of dry weight of binder has been used as a reference standard (Table 2).

Table 2 – Content and properties of the reference standard (over 100%)

Gypsum, %	Surfactant, %	W/G, %	pH	Setting time, min		Strength, MPa	
				Start	End	Compressive strength	Bending strength
100	0.4	59	7.2	6	8	4.6	2.2

Carbon nanotubes have been added in the form of a suspension that has been prepared as follows: multi-walled carbon nanotube powder has been first added to a plasticizer-water solution with further processing in an ultrasonic dispersion machine, which has enabled us to obtain the stable dispersion of suspended nanoparticles in water. Polycarboxylate P-11 from Macromer Research and Development Enterprise (Vladimir, Russia) and Sika Retarder plasticizer (Switzerland) have been used as plasticizers. The suspension preparation process has been controlled by the parameters as follows: suspension density, colloidal system stability (evaluation of zeta potential), CNT concentration and viscosity.

The research conducted to evaluate water-gypsum ratio, ultimate bending strength and ultimate compressive strength of test beams at 2 hours has shown that an increased content of the nanoadditive causes the improvement of structural characteristics of the composite material (Fig. 1).

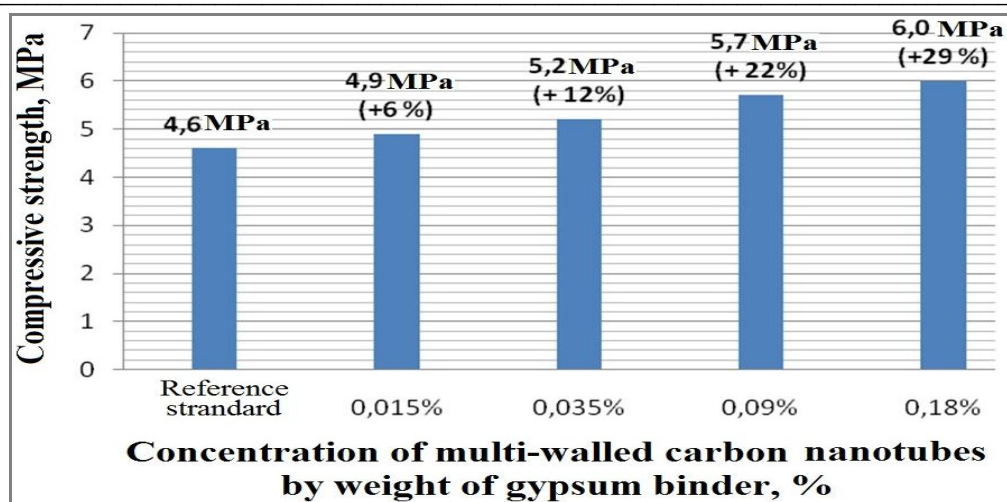


Fig. 1. Histogram of impact of carbon nanotubes on strength of a gypsum binder

Maximum increase in strength (27-29%) has been achieved by using carbon nanotubes (CNTs) and hydroxyl groups. When using initial nanotubes an increase in strength of 13-15% has been achieved (Fig. 2).

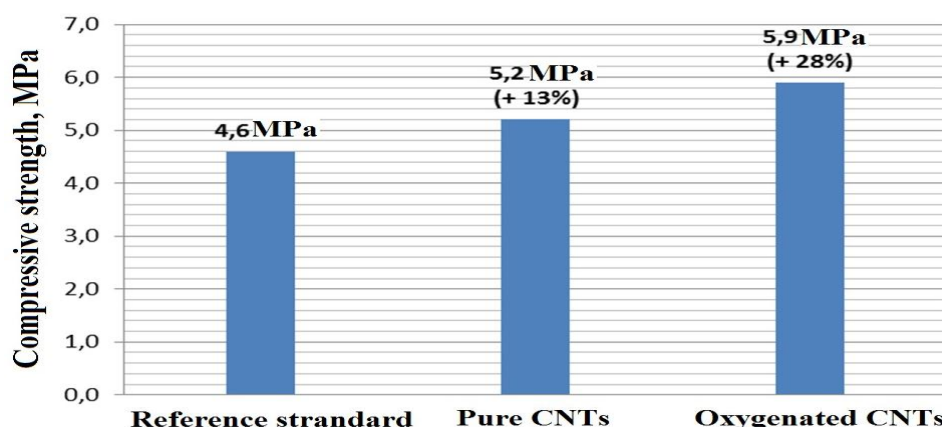


Fig. 2. Histogram of dependence of compressive strength of a gypsum-based composite on the functionalization of carbon nanotube surface

The analysis of the microstructure of gypsum composition samples has shown that the addition of a modifying additive results in the formation of a denser structure of gypsum samples, which improves physical and mechanical properties of the calcium sulfate matrix.

It may be assumed that nanodispersed CNT additives function as „crystallization nuclei“ on the surface of which calcium sulfate matrix structuring occurs with the improvement of structural characteristics of the gypsum composition. It is related to the fact that during growth, crystals partly penetrate into each other and form a three-dimensional network permeating and incorporating the entire gypsum stone into a whole body.

Conclusions and future research prospects. Adding carbon nanostructures into gypsum compositions leads to the increased mechanical strength through the formation of a fine crystalline needle-shaped structure of higher density. Given the same content of a nanomodifier in a calcium sulfate matrix, maximum increase in compressive strength of 27-29% is achieved by using carbon nanotubes (CNTs) functionalized with hydroxyl groups. Chemical functionalization of the surface of carbon nanotubes promotes reduced sedimentation effect inherent to nanoparticles. Moreover, it makes it possible to achieve a more uniform nanostructure dispersion throughout the modified material volume and provides chemical interaction between the substance matrix and nanotubes.

Interaction of calcium sulfate dihydrate molecule with graphene-like surface is a chemical process, which has been proved by methods of quantum chemical analysis. Improved strength of a CNT-containing gypsum composite is achieved due to the accelerated process of calcium sulfate dihydrate crystallization at the graphene surface.

References

1. Cheng C. Functional graphene nanomaterials based architectures: biointeractions, fabrications, and emerging biological applications / Chong Cheng, Shuang Li, Arne Thomas, Nicholas A. Kotov, Rainer Haag // *Chemical reviews*. – 2017. – Vol. 117 (3). – iss. 3. – P. 1826-1914.
2. Kang J. Solution-Based Processing of Monodisperse Two-Dimensional Nanomaterials / Joohoon Kang, Vinod K. Sangwan, Joshua D. Wood, Mark C. Hersam // *Accounts of Chemical Research*. – 2017. – Vol. 50. – iss. 4. – P. 943-951.
3. Tan C. Recent advances in ultrathin two-dimensional nanomaterials / Chaoliang Tan, Xiehong Cao, Xue-Jun Wu, Qiyuan He, Jian Yang, Xiao Zhang, Junze Chen, Wei Zhao, Shikui Han, Gwang-Hyeon Nam, Melinda Sindoro, and Hua Zhang // *Chemical reviews*. – 2017. – Vol. 117 (9). – iss. 9. – P. 6225-6331.
4. Zhu C. 3D printed functional nanomaterials for electrochemical energy storage / Cheng Zhua, Tianyu Liub, Fang Qiana, Wen Chena, Swetha Chandrasekarana, Bin Yaob, Yu Songb, Eric B. Duoss, Joshua D. Kuntz, Christopher M. Spadaccini, Marcus A. Worsley, Yat Lib // *Nano Today*. – 2017. – P. 107-120.
5. Yang Y. Prospecting nanomaterials in aqueous environments by cloud-point extraction coupled with transmission electron microscopy / Y. Yang, R. Reed, J. Schoepf, K. Hristovski, P. Herckes, P. Westerhoff // *Science of the Total Environment*. – 2017. – Vol. 584. – P. 515-522.
6. de Souza J. S. et al. Nanomaterials for solar energy conversion: dye-sensitized solar cells based on ruthenium (II) Tris-heteroleptic compounds or natural dyes // *Nanoenergy*. – Springer, Cham, 2018. – P. 69-106.
7. Valiyev R.Z. Bulk Nanostructured Metal Materials for Innovative Applications / R.Z. Valiyev, I.V. Aleksandrov. – M.: IKC Akademkniga (Publishing Company), 2007. – p. 398.
8. Foster L. Nanotechnology. Science, Innovation, and Opportunity / Lynn Foster. – Litres, 2017. – p. 2461.
9. Kolmakov A. Technology Fundamentals and Applications of Nanomaterials / A. Kolmakov, S. Barinov, M. Alymov. – Litres, 2013. – p. 208.
10. Rakov E.G. Nanotubes and Fullerenes / E. Rakov. – Litres, 2017. – p. 370.
11. Korolyov E. Nanotechnology in Construction Materials Science / E.V. Korolyov // *Vestnik MGSU (Scientific and Engineering Journal for Construction and Architecture)*. – 2017. – Vol. 12. – No. 7 (106). – P. 711-717.
12. Yeliseyev A.A. Functional Nanomaterials / A.A. Eliseev, A.V. Lukashin. – M.: Fizmatlit, 2010. – p. 456.
13. Gusev A.I. Nanomaterials, Nanostructures, and Nanotechnology / A.I. Gusev. – Moscow: "Physical and Mathematical Literature", 2009. – P. 416.
14. Onishchenko G.G. Ensuring Sanitary and Epidemiological Welfare of the Population under the Increased Use of Nanotechnology and Nanomaterials / G.G. Onishchenko // *Hygiene and Sanitation*. – 2010. – No. 2. – P. 4-8.
15. Ryzhonkov D.I. Nanomaterials / D.I. Ryzhonkov, V.V. Levina, E.L. Dzidziguri. – M.: Binom. – 2010. – p. 365.
16. Alfyorov Zh.I. Nanomaterials and Nanotechnology. Microsystems Engineering / Zh.I. Alfyorov, A.L. Aseyev, S.V. Gaponov, P.S. Kopyov, V.I. Panov, E.A. Poltoratskiy, N.N. Sibeldin, R.A. Suris. – 2003. – Vol. 8. – P. 3-13.
17. Lyakishev N.P. Nanomaterials for Structural Applications / N.P. Lyakishev, M.I. Alymov // *Russian Nanotechnology*. – 2006. – Vol. 1. – No. 1-2. – P. 71-81.
18. Ebbesen T. W. Carbon nanotubes / T. W. Ebbesen // *Annual Review of Materials Science*. – 1994. – Vol. 24. – P. 235-264.
19. Züttela A. Hydrogen storage in carbon nanostructures / A. Züttela, P. Sudana, Ph. Maurona, T. Kiyobayashib, Ch. Emmeneggera, L. Schlapbacha // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2002. – Vol. 27, iss. 2. – P. 203-212.
20. Dillon A. C. Storage of hydrogen in single-walled carbon nanotubes / A. C. Dillon, K. M. Jones, T. A. Bekkedahl, C. H. Kiang, D. S. Bethune, M. J. Heben // *Nature*. – 1997. – Vol. 386. – P. 377-379.
21. Ajayan P.M. Nanometre-size tubes of carbon / P.M. Ajayan, T.W. Ebbesen // *Reports on Progress in Physics*. – 1997. – Vol. 60. – № 10. – P. 1025.