

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ  
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ»**

# **ВІСНИК**

**ПРИДНІПРОВСЬКОЇ  
ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ  
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

**НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ**

**Заснований у травні 1997 року**

**№ 6 (247-248)  
листопад – грудень 2018**

**Дніпро 2018**

## РЕДАКЦІЙНА РАДА:

Головний редактор	В. І. Большаков, д-р техн. наук
Заступник головного редактора	М. В. Савицький, д-р техн. наук
Відповідальний секретар	Г. П. Євсєєва, д-р наук держ. упр.
Видавничий редактор	В. В. Данішевський, д-р техн. наук

## ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ РАДИ:

В. М. Дерев'янка, д-р техн. наук, Н. І. Верхоглядова, д-р екон. наук, І. В. Рижков, канд. техн. наук, В. Г. Заренбін, д-р техн. наук, С. В. Іванов, д-р екон. наук, Т. С. Кравчуновська, д-р техн. наук, С. О. Слободянюк, д-р техн. наук, О. В. Челноков, канд. техн. наук, М. В. Шпірько, д-р техн. наук

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

В. Ф. Башев, д-р фіз.-мат. наук, *Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро*. А. І. Білоконь, д-р техн. наук, *Придніпровська державна академія будівництва та архітектури (ПДАБА), Дніпро*. В. М. Вадимов, д-р архітектури, *Полтава*. Н. І. Верхоглядова, д-р екон. наук, *ПДАБА, Дніпро*. Д. Ф. Гончаренко, д-р техн. наук, *Харківський національний університет будівництва та архітектури (ХНУБА), Харків*. В. В. Данішевський, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. В. М. Дерев'янка, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. В. І. Дубницький, д-р екон. наук, *Донецький економіко-гуманітарний інститут, Донецьк*. М. М. Дьомін, д-р архітектури, *Київський національний університет будівництва та архітектури (КНУБА), Київ*. Г. П. Євсєєва, д-р наук держ. упр., *ПДАБА, Дніпро*. Є. А. Єгоров, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. В. Г. Заренбін, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. С. В. Іванов, д-р екон. наук, *ПДАБА, Дніпро*. С. В. Каламбет, д-р екон. наук, *Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна, Дніпро*. Г. М. Ковшов, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. Ю. О. Кірічек, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. Т. С. Кравчуновська, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. В. П. Мироненко, д-р архітектури, *ХНУБА, Харків*. Ю. В. Орловська, д-р екон. наук, *ПДАБА, Дніпро*. А. В. Плеханов, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. В. Л. Седін, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. С. О. Слободянюк, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. В. О. Тимохін, д-р архітектури, *КНУБА, Київ*. А. В. Челноков, канд. техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. М. В. Шпірько, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпро*. М. Куна-Бронійовська, проф., *Університет природничих наук, Люблін (Польща)*. Є. Красовський, д-р техн. наук, проф., *Польська Академія наук, Комісія механізації та енергетики землеробства, Люблін (Польща)*. В. І. Проскураков, д-р арх., *НУ «Львівська політехніка», Львів*. Дашнор Ходжа, д-р техн. наук, *Орлеанський університет, Франція*. Міхаель Шмідт, канд. техн. наук, проф., *Бранденбурзький технічний університет, Котбус-Зенфтенберг, Німеччина*. Станіслав Дукач, проф., *Словацький технічний університет, Братислава, Словацька Республіка*

Науково-практичний журнал входить	до переліку №1 наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата технічних наук та архітектури згідно з наказом Міністерства освіти і науки України від 07.10.2015 № 1021
Свідоцтво про Державну реєстрацію	друкованого засобу масової інформації – серія КВ № 22724-12624ПР – видане Міністерством юстиції України 4 травня 2017 р.
Засновник та видавець	Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» Виходить 6 разів на рік
Рекомендовано до друку	вченою радою академії, протокол № 5 від 26.12.2018 р.
Сайт видання	<a href="http://visnyk.pgasa.dp.ua">http://visnyk.pgasa.dp.ua</a>
Наукометричні бази та електронні бібліотеки, в яких зареєстрований науково-практичний журнал	<i>Інформаційно-аналітичні системи:</i> РІНЦ (eLibrary), InfoBase Index (IBI Factor = 3,96), Universal Impact Factor, Open Academic Journal Index, Directory, Indexing of International Research Journals (CiteFactor). <i>Електронні бібліотеки та пошукові системи:</i> Bielefeld Academic Search Engine (BASE), CyberLeninka, OCLC WorldCat, Open Journal Systems, Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського Художній і технічний редактор С. Д. Моїсеєнко Перекладач Л. В. Михайлова Редактор В. Д. Маловик Коректор В. Д. Маловик

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ  
«ПРИДНИПРОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ  
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»**

# **ВЕСТНИК**

**ПРИДНИПРОВСКОЙ  
ГОСУДАРСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ  
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ**

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

**Основан в мае 1997 года**

**№ 6 (247-247)  
ноябрь – декабрь 2018**

**Днепро 2018**

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Главный редактор В. И. Большаков, д-р техн. наук

Заместитель главного редактора Н. В. Савицкий, д-р техн. наук

Ответственный секретарь Г. П. Евсеева, д-р наук гос. упр.

Выпускающий редактор В. В. Данишевский, д-р техн. наук

## ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

В. Н. Деревянко, д-р техн. наук, Н. И. Верхоглядова, д-р экон. наук, И. В. Рыжков, канд. техн. наук, В. Г. Заренбин, д-р техн. наук, С. В. Иванов, д-р экон. наук, Т. С. Кравчуновская, д-р техн. наук, С. А. Слободянюк, д-р техн. наук, А. В. Челноков, канд. техн. наук, Н. В. Шпирько, д-р техн. наук

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

В. Ф. Башев, д-р физ.-мат. наук, *Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, Днепро.* А. И. Белоконь, д-р техн. наук, *Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры (ПГАСА), Днепро.* В. М. Вадимов, д-р архитектуры, *Полтава.* Н. И. Верхоглядова, д-р экон. наук, *ПГАСА, Днепро.* Д. Ф. Гончаренко, д-р техн. наук, *Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (ХНУСА), Харьков.* В. В. Данишевский, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепро.* В. Н. Деревянко, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепро.* В. И. Дубницкий, д-р экон. наук, *Донецкий экономико-гуманитарный институт, Донецк.* Н. М. Демин, д-р архитектуры, *Киевский национальный университет строительства и архитектуры (КНУСА), Киев.* Г. П. Евсеева, д-р наук гос. упр., *ПГАСА, Днепро.* Е. А. Егоров, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепро.* В. Г. Заренбин, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепро.* С. В. Иванов, д-р экон. наук, *ПГАСА, Днепро.* С. В. Каламбет, д-р экон. наук, *Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени акад. В. Лазаряна, Днепро.* Г. Н. Ковшов, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепро.* Ю. А. Киричек, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепро.* Т. С. Кравчуновская, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепро.* В. П. Мироненко, д-р архитектуры, *ХНУСА, Харьков.* Ю. В. Орловская, д-р экон. наук, *ПГАСА, Днепро.* А. В. Плеханов, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепро.* В. Л. Седин, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепро.* С. А. Слободянюк, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепро.* В. А. Тимохин, д-р архитектуры, *КНУСА, Киев.* А. В. Челноков, канд. техн. наук, *ПГАСА, Днепро.* Н. В. Шпирько, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепро.* М. Куна-Бронийовски, проф., *Университет естественных наук, Люблин (Польша).* Е. Красовский, д-р техн. наук, проф., *Польская Академия наук, Комиссия механизации и энергетики земледелия, Люблин (Польша).* В. И. Проскураков, д-р арх., *НУ «Львовская политехника», Львов.* Дашнор Ходжа, д-р техн. наук, *Орлеанский университет, Франция.* Михаэль Шмидт, канд. техн. наук, проф., *Бранденбургский технический университет, Котбус-Зенфтенберг, Германия.* Станислав Дукат, проф., *Словацкий технический университет, Братислава, Словацкая Республика*

Научно-практический журнал входит в перечень № 1 научных профессиональных изданий Украины, в которых могут публиковаться результаты диссертационных работ на получение ученых степеней доктора и кандидата технических наук и архитектуры в соответствии с приказом Министерства образования и науки Украины от 07.10.2015 № 1021

Свидетельство о государственной регистрации печатного средства массовой информации – серия КВ № 22724-12624ПР – выдано Министерством юстиции Украины 4 мая 2017 г.

Основатель и издатель Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»  
Выходит 6 раз в год

Рекомендовано к печати ученым советом академии, протокол № 5 от 26.12.2018 г.

Сайт издания <http://visnyk.pgasa.dp.ua>

Научометрические базы и электронные библиотеки, в которых зарегистрирован научно-практический журнал  
*Информационно-аналитические системы:* РИНЦ (eLibrary), InfoBase Index (IBI Factor = 3,96), Universal Impact Factor, Open Academic Journal Index, Directory Indexing of International Research Journals (CiteFactor). *Электронные библиотеки и поисковые системы:* Bielefeld Academic Search Engine (BASE), CyberLeninka, OCLC WorldCat, Open Journal Systems, Национальная библиотека Украины им. В. И. Вернадского

Художественный и технический редактор С. Д. Моисеенко

Переводчик Л. В. Михайлова

Редактор В. Д. Маловик

Корректор В. Д. Маловик

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE**

**STATE HIGHER EDUCATION ESTABLISHMENT  
«PRYDNIPROVSKA STATE ACADEMY  
OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE»**

# **BULLETIN**

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

**SCIENTIFIC-PRACTICAL JOURNAL**

**Established in May, 1997**

**№ 6 (247-248)**

**November – December 2018**

**Dnipro 2018**

## EDITORIAL BOARD:

*Chief Editor* V. I. Bolshakov, Doctor of Engineering Science, Professor  
*Deputy Chief Editor* M. V. Savytskyi, Doctor of Engineering Science, Professor  
*Executive Secretary* G. P. Yevseieva, Doctor of Public Management, Professor  
*Executive Editor* V. V. Danyshevskyi, Doctor of Engineering Science

## MEMBERS OF EDITORIAL BOARD:

V. M. Derevianko, Doctor of Engineering Science, N. I. Verkhogliadova, Doctor of Economics, I. V. Ryzhkov, Candidate of Engineering Science, V. G. Zarenbin, Doctor of Engineering Science, S. V. Ivanov, Doctor of Economics, T. S. Kravchunovska, Doctor of Engineering Science, S. O. Slobodianiuk, Doctor of Engineering Science, O. V. Chelnokov, Candidate of Engineering Science, M. V. Shpirko, Doctor of Engineering Science

## EDITORIAL STAFF:

V. F. Bashev, Doctor of Physics and Mathematics, *Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro*. A. I. Bilokon, Doctor of Engineering Science, *Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture (PSACEA), Dnipro*. V. M. Vadymov, Doctor of Architecture, *Poltava*. N. I. Verkhogliadova, Doctor of Economics, *PSACEA, Dnipro*. D. F. Goncharenko, Doctor of Engineering Science, *Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, (KSUCEA), Kharkiv*. V. V. Danyshevskyi, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. V. M. Derevianko, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. V. I. Dubnytskyi, Doctor of Economics, *Donetsk Institute of Economics and Humanities, Donetsk*. M. M. Diomin, Doctor of Architecture, *Kyiv National University of Construction and Architecture (KNUCA), Kyiv*. G. P. Yevseieva, Doctor of Public Management, *PSACEA, Dnipro*. I. A. Yegorov, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. V. G. Zarenbin, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. S. V. Ivanov, Doctor of Economics, *PSACEA, Dnipro*. S. V. Kalambet, Doctor of Economics, *Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnipro*. G. M. Kovshov, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. Yu. O. Kirichek, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. T. S. Kravchunovska, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. V. P. Myronenko, Doctor of Architecture, *KSUCEA, Kharkiv*. Yu. V. Orlovska, Doctor of Economics, *PSACEA, Dnipro*. A. V. Pliekhanov, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. V. L. Siedin, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. S. O. Slobodianiuk, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. V. O. Tymokhin, Doctor of Architecture, *KNUCA, Kyiv*. O. V. Chelnokov, Candidate of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. M. V. Shpirko, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipro*. M. Kuna-Broniowski, Prof., *University of Life Sciences, Lublin, Poland*. E. Krasowski, Doctor of Engineering Science, Prof., *Polish Academy of Sciences, Commission mechanization and energy of agriculture, Lublin, Poland*. V. I. Proskuriakov, Dr. Sc. (Arch.), *The Lviv Politechnic National University, Lviv*. Dashnor Hoxha, Doctor of Engineering Science, *Orlean University, France*. Michael Schmidt, Candidate of Engineering Science, Prof., *Branderburg University of Technology, Cottbus-Senftenberg, Germany*. Stanislav Dukat, Prof., *Slovak Technical University, Bratislava, Slovak Republic*

Scientific-Practical Journal is included in	List No. 1 of scientific professional publications of Ukraine, where the results of dissertations for the degree of Doctor and Candidate of Engineering Sciences and Architecture can be published according to the Resolution of the Ministry of science and education of Ukraine No.1021 dated 07.10.2015
Certificate of Incorporation	of the Print Media – Series KV No. 22724-12624PR – issued by the Ministry of Justice of Ukraine dated May 04, 2017
Founder & Publisher	State Higher Educational Institution «Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture» Issued 6 times a year
Recommended for publication by	the Academic Board of the Academy, № 5 26.12.2018.
Journal website	<a href="http://visnyk.pgasa.dp.ua">http:// visnyk.pgasa.dp.ua</a>
Placement of the scientific-practical journal in the international scientometric databases and repositories	<i>Abstracting systems:</i> information and analytical system RSCI (Russian Science Citation Index), InfoBase Index (IBI Factor = 3,96), Universal Impact Factor, Open Academic Journal Index, Directory Indexing of International Research Journals (CiteFactor). <i>Electronic Libraries:</i> Bielefeld Academic Search Engine (BASE), CyberLeninka, OCLC WorldCat, Open Journal Systems, The V. I. Vernadsky National Library of Ukraine
	Art & Technical Editor S. D. Moiseienko Interpreter L. V. Mykhailova Editor V. D. Malovyk Proofreader V. D. Malovyk

## НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Большаков В. І., Моторний А. М., Моторний М. А. ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРАХУНКОВОГО ОПОРУ R ПІД НИЖНІМ КІНЦЕМ ЗАБИВНОЇ (ЗАДАВЛЮВАНОЇ) ПАЛІ І ПАЛІ ОБОЛОНКИ У ГЛИНИСТИХ ГРУНТАХ .....	10
Дубров Ю. І. ПРО ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЕРТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ .....	25
Волчук В. М. МУЛЬТИФРАКТАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ПЕРЛІТНОЇ СТРУКТУРИ .....	31
Беліков А. С., Шаломов В. А., Рагімов С. Ю. ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ДІЇ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР.....	37
Ковшов Г. М., Пономарьова О. А., Слупська Ю. С. ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИВІРЕННЯ КОЛОН НА ВЕРТИКАЛЬНІСТЬ .....	45
Іродов В. Ф., Дудкін К. В., Чорноморець Г. Я., Левкович О. О. АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛООВОГО ТА ГІДРАВЛІЧНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ ДЛЯ ТРУБЧАСТИХ ГАЗОВИХ НАГРІВАЧІВ З ЗАХИСНИМ ЕКРАНОМ.....	51
Ковальов В. В., Данилова Т. В., Єпіфанцева С. В. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ІНШИХ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ВАРТІСТЬ БУДІВНИЦТВА ОБ'ЄКТІВ, З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ ЩОДО ЇХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ І ЕКОЛОГІЧНОСТІ .....	57
Чумак Л. О. МОЖЛИВОСТІ СЕРВІСУ GOOGLECLASSROOM ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ..	65
Махінько Н. О. ДО РОЗРАХУНКУ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ СТАЛЕВИХ ЄМНОСТЕЙ ЗБЕРІГАННЯ.....	71
Фортигін А. А. ЗОНА КОМПРОМІСУ КРИТЕРІЇВ ЯКОСТІ СТАЛІ СТ6.....	77
Гребінник Т. О., Білополий В. В., Плаксина О. І. ФІЛОСОФІЯ В АРХІТЕКТУРІ: СУЧАСНИЙ ПОГЛЯД .....	83
Мурашкін М. Г. АРХІТЕКТУРА ПОСТМОДЕРНІЗМУ І ФІЛОСОФІЯ МІСТИЦИЗМУ ПЕРІОДУ ПОСТМОДЕРНУ ....	89
Лесик-Бондарук О. О. АРХІТЕКТУРНО-МИСТЕЦЬКІ ЗАСОБИ ВИРАЗНОСТІ У ХРАМОВОМУ БУДІВНИЦТВІ ВОЛИНИ XVII-XVIII ст.: АНАЛІЗ ХУДОЖНЬО-ДЕКОРАТИВНИХ РОЗПИСІВ .....	98
Рощина Ю. М. ЕЛЕМЕНТИ НАРОДНОЇ ЗВИЧАЄВОСТІ В УКРАЇНСЬКІЙ АРХІТЕКТУРНІЙ КОМПОЗИЦІЇ .....	104
Михайлова Л. В. ІНЖИНІРИНГ, ЯК СКЛАДОВА ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ .....	110

**НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Большаков В. И., Моторный А. Н., Моторный Н. А. ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЕТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА R ПОД НИЖНИМ КОНЦОМ ЗАБИВНОЙ (ВДАВЛИВАЕМОЙ) СВАИ И СВАИ ОБОЛОЧКИ В ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ .....	10
Дубров Ю. И. О ПРИМЕНЕНИИ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ .....	25
Волчук В. Н. МУЛЬТИФРАКТАЛЬНЫЙ ПОДХОД ПРИ ОЦЕНКЕ ПЕРЛИТНОЙ СТРУКТУРЫ .....	31
Беликов А. С., Шаранова Ю. Г., Шаломов В. А., Рагимов С. Ю. К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР .....	37
Ковшов Г. Н., Пономарева Е. А., Слупская Ю.С. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВЫВЕРКИ КОЛОНН НА ВЕРТИКАЛЬНОСТЬ .....	45
Иродов В. Ф., Дудкин К. В., Черноморец Г. Я., Левкович О. А. АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ТЕПЛООВОГО И ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДЛЯ ТРУБЧАТЫХ ГАЗОВЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ С ЗАЩИТНЫМ ЭКРАНОМ .....	51
Ковалев В. В., Данилова Т. В., Епифанцева С. В. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СТОИМОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ, С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ К ИХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ .....	57
Чумак Л. А. ВОЗМОЖНОСТИ СЕРВИСА GOOGLE CLASSROOM ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА .....	65
Махинько Н. А. К РАСЧЕТУ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЕМКОСТЕЙ ХРАНЕНИЯ .....	71
Фортыгин А. А. ЗОНА КОМПРОМИССА КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА СТАЛИ СТ6 .....	77
Гребенник Т. А., Белополий В. В., Плаксина О. И. ФИЛОСОФИЯ В АРХИТЕКТУРЕ: СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД .....	83
Мурашкін М. Г. АРХИТЕКТУРА ПОСТМОДЕРНИЗМА И ФИЛОСОФИЯ МИСТИЦИЗМА ПЕРИОДА ПОСТМОДЕРНА .....	89
Лесик-Бондарук О. А. АРХИТЕКТУРНО-ХУДОЖЕСТВЕННЫЕ СПОСОБЫ ВЫРАЗИТЕЛЬНОСТИ В ХРАМОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВОЛЫНИ XVII-XVIII вв.: АНАЛИЗ ХУДОЖЕСТВЕННО-ДЕКОРАТИВНЫХ РОСПИСЕЙ .....	98
Рощина Ю. Н. ЭЛЕМЕНТЫ НАРОДНОЙ ТРАДИЦИИ В УКРАИНСКОЙ АРХИТЕКТУРНОЙ КОМПОЗИЦИИ .....	104
Михайлова Л. В. ИНЖИНИРИНГ, КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ .....	110



**SCIENTIFIC RESEARCH**

Bolshakov V. I., Motornui A. N., Motornui N. A. JUSTIFICATION OF EQUIPMENT RESISTANCE OF THE SOIL R UNDER THE LOWER END OF THE FUNERAL (INCLUDABLE) PILT AND PILED SHELLS IN CLAY GROUNDS .....	10
Dubrov Yu. I. ABOUT EXPERT INFORMATION .....	25
Volchuk V. N. MULTIFRACTAL APPROACH WHEN ESTIMATING A PEARLITE STRUCTURE .....	31
Belikov A. S., Sharanova Yu. G., Shalomov V. A., Ragimov S. Yu. TO THE QUESTION OF IMPROVING THE SAFETY OF OPERATING CONSTRUCTION STRUCTURES UNDER HIGH TEMPERATURES .....	37
Kovshov G. M., Ponomaryova O. A., Slupska Yu. S. DEVICE OF EXHIBITION OF COLUMNS ON VERTICAL.....	45
Irodov V. F., Dudkin K. V., Chornomorets H. Y.,Levkovych O. O. ALGORITHM FOR CALCULATION HEAT AND HYDRAULIC OPERATING MODES FOR TUBE GAS HEATERS WITH PROTECTIVE SCREEN .....	51
Kovalov V. V., Danylova T. V.,Yepifantseva S.V. SYSTEMIZATION OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL AND OTHER FACTORS AFFECTING THE COST OF BUILDING OBJECTS, WITH THE REQUIREMENT FOR THEIR ENERGY EFFICIENCY AND ENVIRONMENTALITY .....	57
Chumak L. O. OPPORTUNITIES OF GOOGLE CLASSROOM SERVICE FOR THE ORGANIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS .....	65
Makhinko N. O. ACCORDING TO CALCULATION OF ELEMENTS' RELIABILITY OF STEEL CONSTRUCTIONS OF STORAGE CAPACITIES .....	71
Fortihin A. A. ZONE OF COMPROMISE QUALITY CRITERIA HAS CT6 .....	77
Grebinyk T. O., Belopoly V. V., Plaksina O. I. PHILOSOPHY IN ARCHITECTURE: A MODERN VIEW .....	83
Murashkin M. H. ARCHITECTURE OF POSTMODERNISM AND PHYLOSOFY OF MYSTICISM OF POSTMODERNISM PERIOD .....	89
Lesyk-Bondaruk O. O. ARCHITECTURAL AND ART MEANS OF EXPRESSION IN VOLYN TEMPLE CONSTRUCTION OF XVII-XVIII CENTURIES: ANALYSIS OF ART AND DECORATIVE PAINTINGS .....	98
Roshchina Y. M. ELEMENTS OF FOLK CUSTOMS IN THE UKRAINIANS ARCHITECTURAL COMPOSITION .....	104
Mykhaylova L. V. ENGEENIRING AS A PART OF FUNCTIONIG OF INTELLECTUAL PROPERTY .....	110

Відповідальність за достовірність інформації, що міститься в друкованих матеріалах,  
несуть автори.

Редколегія не завжди поділяє авторську точку зору.

Комп'ютерну верстку та друк виконано в редакційно-видавничому відділі ПДАБА.

Адреса редакції:

✉ Україна, 49600, м. Дніпро, вул. Чернишевського, 24-а,  
кімната 607-В (відповідальний секретар), кімната 203-а (редакційно-видавничий відділ),  
☎ (0562) 756-34-98, (0562) 47-07-88  
e-mail: visnik\_psacea@ukr.net

Підписано до друку 27.12.2018 р. Формат 60×84 1/8.  
Друк офсетний. Умовн. друк. арк. 3,95. Умовн. фарб.-відб. арк. 3,95.  
Обл.-видавн. арк. 6,89. Тираж 300 прим. Зам. 268

---

Ответственность за достоверность информации, представленной в печатных материалах,  
несут авторы.

Редколлегия не всегда разделяет авторскую точку зрения.

Компьютерная верстка и печать выполнены в редакционно-издательском отделе ПГАСА.

Адрес редакции:

✉ Украина, 49600, г. Днепро, ул. Чернышевского, 24-а,  
комната 607-В (ответственный секретарь), комната 203-а (редакционно-издательский отдел).  
☎ (0562) 756-34-98, (0562) 47-07-88  
e-mail: visnik\_psacea@ukr.net

Подписано к печати 27.12.2018 г. Формат 60×84 1/8.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,95. Усл. кр.-отт. л. 3,95.  
Уч.-изд. л. 6,89. Тираж 300 экз. Зак. 268

---

Authors shall be responsible for the accuracy of the information  
contained in the printed materials.

Editors do not always agree with the author's point of view.

Desktop publishing and printing are performed in the Editorial Department at PSACEA.

Editorial address:

✉ 24a Chernyshevskogo Str., Dnipro, 49600, Ukraine  
room 607-V (Executive Secretary), room 203a (Editorial department).  
☎ (0562) 756-34-98, (0562) 47-07-88  
e-mail: visnik\_psacea@ukr.net

Send to press on 27 December 2018 Format 60×84 1/8.  
Offset printing. Conventional quire 3.95. Conventional color imprints 3.95.  
Publisher's signatures 6.89. Number of copies 300. Order 268

НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 624.155:624.042]:631.442.4

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261218.10.442

**ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЕТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА R  
ПОД НИЖНИМ КОНЦОМ ЗАБИВНОЙ (ВДАВЛИВАЕМОЙ) СВАИ  
И СВАИ ОБОЛОЧКИ В ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ**

БОЛЬШАКОВ В. И.<sup>1</sup>, *д-р техн. наук, проф.*,

МОТОРНИЙ А. Н.<sup>2</sup>, *маг., ст. науч. сотр.*,

МОТОРНИЙ Н. А.<sup>3</sup>, *канд. техн. наук, доц.*

<sup>1</sup>Кафедра материаловедения и обработки материалов, Государственное высшее учебное заведение «Приднiproвская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (0562) 745-23-72, e-mail: press.pgasa@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

<sup>2</sup>Кафедра оснований и фундаментов, Государственное высшее учебное заведение «Приднiproвская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (0562) 756-33-43, e-mail: A.motorchik@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

<sup>3</sup>Кафедра оснований и фундаментов, Государственное высшее учебное заведение «Приднiproвская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (0562) 756-33-43, e-mail: A.motorchik@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы изменения физико-механических характеристик грунта, подстилающего уплотненное ядро слоя при погружении свай сваебойным агрегатом в глинистые грунты. Дается обоснование изменения удельного сцепления глинистого грунта  $C$  с учетом изменения электромолекулярных сил в массиве подстилающего слоя при передаче усилий уплотненным ядром на подстилающий (уплотненное ядро) его слой.

После каждого удара молота по голове сваи формируется «отказ» сваи, который принимается нами основным показателем, где учитывается масса сваи и масса ударной части молота (их соотношение) с учетом, что масса ударной части молота должна быть не меньше массы сваи.

Рассмотрен вопрос использования той же аналогичной компрессионной зависимости при определении изменения угла внутреннего трения  $\varphi = f$  («а»,  $I_L$ ) грунта, подстилающего уплотненное ядро слоя. По предварительно заданном «отказе» «а» и показателя текучести  $I_L$  вычисляются частные значения удельного сцепления  $C$  и угла внутреннего трения  $\varphi$  подстилающего уплотненное ядро слоя. Результаты вычислений сведены в таблицы № 1 для изменения удельного сцепления  $C$  и № 2 для изменения угла внутреннего трения  $\varphi$ . Для конкретных значений прочностных показателей  $C$  и  $\varphi$  грунта подстилающего слоя необходимо проинтерполировать табличные данные по соответствующему конкретному значению величины отказа «а» и показателя текучести  $I_L$ , которые определяются в процессе погружения сваи сваебойным агрегатом. По имеющимся частным значениям, проинтерполированным прочностным показателям грунта подстилающего слоя  $C$ ,  $\varphi$  и глубине расположения «подошвы» уплотненного ядра  $d$  вычислят расчетное сопротивление грунта  $R$ , подстилающего уплотненное ядро слоя, используя решения проф. Н. П. Пузыревского или методику, представленную в ДБН В.2.1-10-2009 (формула Е.1) по тому же решению.

Имея площадь уплотненного ядра (горизонтальная проекция)  $A$  и расчетное сопротивление  $R$  грунта подстилающего слоя, вычисляют несущую способность «свай»  $F_d$  или свайного фундамента по формуле:  $F_d = R \cdot A$  с учетом коэффициентов условий работы в зависимости от сложившейся эксплуатационной ситуации.

**Ключевые слова:** *уплотненное ядро; подстилающий слой; несущая способность; расчетное сопротивление; «отказ» сваи; показатель текучести; голова сваи; релаксация; коэффициент релаксации; лессовые грунты; просадочные грунты*

**ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРАХУНКОВОГО ОПОРУ R  
ПІД НИЖНІМ КІНЦЕМ ЗАБИВНОЇ (ЗАДАВЛЮВАНОЇ) ПАЛІ  
І ПАЛІ ОБОЛОНКИ У ГЛИНИСТИХ ГРУНТАХ**

БОЛЬШАКОВ В. І.<sup>1</sup>, *д-р техн. наук, проф.*,

МОТОРНИЙ А. М.<sup>2</sup>, *маг., ст. наук. співроб.*,

МОТОРНИЙ М. А.<sup>3</sup>, *канд. техн. наук, доц.*

<sup>1</sup>Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 745-23-72, e-mail: press.pgasa@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

<sup>2</sup>Кафедра основ і фундаментів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 756-33-43, e-mail: A.motorchik@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

<sup>3</sup>Кафедра основ і фундаментів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 756-33-43, e-mail: A.motorchik@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

**Анотація.** Розглядаються питання зміни фізико-механічних характеристик ґрунту, що підстилає ущільнене ядро шару ґрунту під час заглиблення паль палезабивним агрегатом у глинистих ґрунтах. Дається обґрунтування зміни питомого зчеплення глинистого ґрунту  $C$  з урахуванням зміни електромолекулярних сил у масиві ґрунту підстильного шару при передачі зусиль ущільненим ядром на шар ґрунту, що підстилає ущільнене ядро.

Після кожного удару молота по голові палі формується «відмова» палі «а», яка приймається нами головним показником, в якому враховується маса палі і маса ударної частини молота (їх співвідношення) з урахуванням, що маса ударної частини молота повинна бути не меншою за масу палі.

Розглядаються питання використання тієї ж аналогічної компресійної залежності для визначення зміни кута внутрішнього тертя  $\varphi$  підстильного шару ґрунту під ущільненим ядром  $\varphi = f(\langle a \rangle, I_L)$ . За попередньо заданими значеннями «відмови» «а», показника текучості  $I_L$  приватне значення питомого зчеплення  $C$  і кута внутрішнього тертя  $\varphi$  шару ґрунту який підстилає ущільнене ядро. Результати розрахунків наведені в таблиці № 1 (для зміни питомого зчеплення  $C$  і № 2 для зміни показника кута внутрішнього тертя  $\varphi$ . Для конкретного значення міцнісних показників  $C$  і  $\varphi$  ґрунту підстильного шару ґрунту необхідно проінтерполювати табличні дані за відповідними конкретними показниками значень величини «відмови» палі «а» і показника текучості  $I_L$ , які заміряються і визначаються в період пруження паль палезабивним агрегатом. За визначеними приватним значенням, проінтерпольованим міцнісним показником підстильного шару ґрунту  $C$  і  $\varphi$ , і глибини розташування підшви ущільненого ядра  $d$  визначають розрахунковий опір ґрунту  $R$ , що підстилає ущільнене ядро шару ґрунту, використовуючи рішення проф. М. П. Пузиревського або методу, прийняту ДБН В.2.1-10-2009 для того самого рішення.

Маючи площу ущільненого ядра (горизонтальна проекція)  $A$  і розрахунковий опір ґрунту  $R$  підстильного шару, визначають (розраховують) несну здатність палі  $F_d$  або пальового фундаменту за формулою  $F_d = R \cdot A$  з урахуванням коефіцієнтів умови роботи залежно від експлуатаційних умов.

**Ключові слова:** ущільнене ядро; підстилюючий шар; несуча здатність; розрахунковий опір; «відмова» палі; голова палі; показник текучості; релаксація; коефіцієнт релаксації

## JUSTIFICATION OF EQUIPMENT RESISTANCE OF THE SOIL “R” UNDER THE LOWER END OF THE FUNERAL (INCLUDABLE) PILT AND PILED SHELLS IN CLAY GROUNDS.

BOLSHAKOV V. I.<sup>1</sup>, *Dr. Sc (Tech).*, *Prof.*

MOTORNUI A. N.<sup>2</sup>, *master, senior researcher*

MOTORNUI N. A.<sup>3</sup>, *Cand. Sc. (Tech.)*, *Ass. Prof.*

<sup>1</sup> Department of Materials and Materials Processing, State Higher Educational Establishment «Pridneprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, phone +38 (0562) 745-23-72, e-mail: press.pgasa@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

<sup>2</sup> Department of bases and foundations, State Higher Educational Establishment «Pridneprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, phone +38 (0562) 756-33-43, e-mail: A.motorchik@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

<sup>3</sup> Department of bases and foundations, State Higher Educational Establishment «Pridneprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, phone +38 (0562) 756-33-43, e-mail: A.motorchik@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473.

**Abstract.** The issues of changing the physicommechanical characteristics of the soil of the underlying compacted core layer are considered when piling unit is immersed in clay soils by a pile driving unit. The substantiation of the change in the specific cohesion of the clay soil  $C$  is given, taking into account the change in the electromolecular forces in the array of the underlying layer during the transfer of forces by the compacted core to the underlying (compacted core) of its layer. After each blow of the hammer on the pile head, a «failure» of the pile is formed, which is accepted by us as the main indicator, which takes into account the mass of the pile and mas-shock part of the hammer (their ratio), taking into account that the mas-shock part of the hammer should be not less than the pile weight.

The question of using the same similar compression dependence when determining the change in the angle of internal friction  $\varphi = f(\langle a \rangle, I_L)$  of the soil of the underlying core layer is considered. For a predetermined «failure» «а» and a yield stress indicator  $I_L$ , the specific values of specific adhesion  $C$  and internal friction angle  $\varphi$  of the underlying core layer are calculated. the results of calculations are summarized in Tables No. 1 for changing the specific clutch  $C$  and No. 2 for changing the angle of internal friction  $\varphi$ . For specific values of strength indicators  $C$  and  $\varphi$  of the soil of the underlying layer, it is necessary to interpolate the tabular data on the corresponding specific value of the failure val-

ue «а» and the turnover rate  $I_L$ , which are determined in the process of piling the pile driving unit. According to the available values of the interpolated strength indicators of the soil of the underlying layer  $C$ ,  $\varphi$  and the depth of the «sole» of the compacted core  $d$ , the calculated soil resistance  $R$  is calculated, underlying the compacted core of the layer using the solutions of prof. N. Puzyrevsky or the methodology presented in DBN B.2.1-10-2009 (formula E.1) by the same decision.

Having the compacted core area (horizontal projection)  $A$  and the calculated resistance  $R$  of the soil of the underlying layer, the bearing capacity of the «pile»  $F_d$  or pile foundation is calculated by the formula  $F_d = R \cdot A$  taking into account the coefficients of working conditions depending on the current operational situation.

**Keywords:** compacted core, underlying layer, bearing capacity, design resistance, pile failure, creep rate, head fell, relaxation, relaxation coefficient

**Введение.** Анализируя действующие нормативные материалы по расчету и проектированию свайных фундаментов и здания начала 1960-х годов (СНиП II Б.5-62 «Свайные фундаменты из забивных свай»; Временные указания по проектированию и устройству свайных фундаментов из коротких забивных свай (СН.216-62) и региональные документы по проектированию свайных фундаментов, а также переизданные в 1971 году СНиП II Б.5-67\* и последующие переиздания СНиП II.17-77, СНиП 2,02,03-85 издания Госстроя СССР и современное переиздание ДБН В.2.1-10-2009, с изменениями и дополнениями, изданными «Міністерством регіонального розвитку та будівництва України», Київ-2011 р.), мы заметили, что каждое новое издание нормативных документов, перечисленных выше, обязательно отменяет предыдущее издание, начиная с СН.216-62, СНиП II Б.5-62 и другие по настоящее время.

При этом отмечено, что новые изменения во вновь созданных и переизданных нормативных документах оставляю за собой право применять расчетную схему сваи и свайного фундамента без изменения, прочностные показатели грунта под нижним концом и на боковой поверхности сваи  $R$  и  $f$  без изменения, начиная с 1930-х годов (см. табл. № 1, табл. № 3 перечисленных документов). Причем ссылок на опубликованные и внедренные в практику материалы по определению расчетного сопротивления грунта под нижним концом свай  $R$  и сил трения грунта на боковую поверхность ствола сваи  $f$  не представляется, за исключением работ проф. А. А. Луга.

Учитывая, что в 1960–1965 годы вычислительная техника только начала внедряться в практику расчетов, выполненная статисти-

ческая обработка собранных проф. А. А. Луга и его коллективом материалов, по расчетным сопротивлениям  $R$  под нижним концом свай и сил трения грунта  $f$  на боковую поверхность ствола сваи не исключала погрешностей. В том числе расчетная схема сваи принималась традиционной – стержень проходит грунтовую среду без учета формирования уплотненного ядра, вокруг острия и ствола сваи.

Авторы статьи предлагают измененную расчетную схему относительно традиционной расчетной схемы сваи, а именно: в процессе погружения сваи сваебойным агрегатом начинает формироваться уплотненное ядро, которое служит (как бы) рабочим наконечником погружаемой сваи и которое передает давление от нагрузки от (сооружения) здания на нижние слои грунта (ниже острия) через площадь уплотненного ядра (горизонтальная проекция).

Так как вместе со сваем погружается образующееся в процессе погружения сваи ядро, которое формируется под углом  $\varphi_{ср}/4$ , начиная от головы сваи, погруженной в грунт, до острия сваи с общей (длиной) глубиной, равной  $h = l_{св} \cdot (\operatorname{tg} \frac{\varphi_{ср}}{4} + l_{ac}) = l_{св} (1 + \operatorname{tg} \frac{\varphi}{4})$ , линейные размеры основания уплотненного ядра составляют  $v_{я} = l_{я} = 2l_{св} \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{4}$ , а площадь ядра, передаваемая нагрузку от сваи на подстилающий слой  $A = (2l_{св} \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi_{ср}}{4})^2$ , уже не может считаться стремящейся к минимуму  $\rightarrow 0$ , а имеет внушительные, относительно острия сваи и сечения ствола размеры, и с этим необходимо считаться. Тогда в конечном итоге мы приходим к схеме передачи нагрузки внутри упругого полупространства через ограниченную площадь  $A$ , что меняет и напряженное состояние массива грунта в плоскости

острия не по Миндлину как сосредоточенная нагрузка внутри упругого полупространства, а как распределенная по ограниченной площади внутри упругого полупространства.

**1. Обоснование изменения (увеличения) удельного сцепления глинистого грунта при погружении свай сваебойным агрегатом или статическим вдавливанием.** Рассматривается третий этап погружения свай сваебойным агрегатом, соответствующий времени, когда после каждого нового удара молота по голове сваи грунт в формирующемся уплотненном ядре уплотняется до плотности  $\rho$  ( $\text{т/м}^3$ ), при которой грунт переходит в водонасыщенное состояние ( $S_r = 1$ ) при естественной влажности  $W$ . Далее процесс погружения сваи после каждого удара молота по голове сваи происходит за счет вытеснения энергией удара воды из пор грунта, деформации массива, составляющей энергии удара молота по голове сваи (формирование отказа сваи), то есть формируется энергетический баланс при погружении сваи сваебойным агрегатом, который записывается равенством  $E_m = E_1 + E_2$ , где  $E_m$  – энергия удара молота по голове сваи;

$E_1$  – работа, затрачиваемая на выдавливание воды из пор грунта;

$E_2$  – энергия, затрачиваемая на деформацию массива грунта, объем пор которого освободился от воды за счет вытеснения ее из пор грунта, составляющей энергией молота  $E_1$ .

После каждого удара молота по голове сваи и формирования отказа сваи деформации массива грунта под сформированным уплотненным ядром происходит уменьшение расстояния между агрегатами глинистых частиц массива грунта (возможно, на молекулярном уровне), что приводит к притяжению частиц грунта на молекулярном (агрегатном) уровне и далее к увеличению сил сцепления между глинистыми частицами (агрегатами).

Так как рассматривается третий этап погружения свай, грунт в уплотненном ядре находится в водонасыщенном состоянии, то для такого состояния возможно применение

теории (гипотезы) электромолекулярных сил притяжения между частицами, которые действуют на весьма близком расстоянии от поверхности частиц. Величина этих сил у поверхности минеральных частиц, определяемая молекулярным притяжением частиц, очень большая, но по мере удаления от этих частиц быстро (снижается) стремится к нулю  $\rightarrow 0$ .

У самой поверхности минеральных частиц в водонасыщенном грунте электромолекулярные силы велики и достигают 100 и более кПа, а молекулы воды, окружающие минеральные частицы в водонасыщенном грунте, подвергаются таким большим силам притяжения, что оказываются прочно связанными с поверхностью частиц и их не удается (практически невозможно) отделить от минеральных частиц даже (центробежными) центрифугированием, где развиваются усилия, превышающие давление от собственного веса грунта в несколько тысяч раз.

Это вместе с формированием связанной воды формирует и увеличивает внутренние силы удельного сцепления между агрегатами глинистых частиц, которые обратно пропорциональны диаметрам частиц. Этим и объясняется тот факт, что удельное сцепление в глинистых грунтах всегда в несколько раз больше, чем в песках. А в монтмориллоновых и бентонитовых глинах силы удельного сцепления между агрегатами глинистых частиц, которых в массиве находится до 60 – 70 %, достигают от 70 до 100 кПа при естественном состоянии (естественной влажности).

На основании вышеизложенного предполагается, что в связи с формированием электро-молекулярных сил, возникающих в массиве глинистого грунта при погружении свай сваебойным агрегатом, формированием уплотненного ядра (уплотненной платформы) происходит сокращение расстояний между агрегатами (глинистыми частицами), что приводит к увеличению сил притяжения между глинистыми частицами (агрегатами) и увеличению удельного сцепления грунта ( $C$ , кПа). С использованием указанных предпосылок аналитическая зависимость

изменения (увеличения) сил удельного сцепления грунта подстилающего слоя в процессе погружения свай сваебойным агрегатом может быть записана в виде:

$$C_i = C_n \cdot f(k, l_{св} \cdot I_L) / a, \quad (1)$$

где:  $l_{св}$  – активная длина свай, соответствующая длине погруженной сваи за вычетом участка сваи длиной, равной  $Z$ , с которой начинает формироваться уплотненное ядро;

$a$  – отказ сваи, принимается по данным динамических испытаний свай на момент погружения;

$I_L$  – показатель консистенции грунта подстилающего слоя на момент удара молота по голове сваи;

$C_n$  – исходное (начальное) значение удельного сцепления грунта подстилающего слоя (принимается по изысканиям);

$\psi$  – коэффициент долевого участия активной длины свай  $l_a$ , при формировании отказа сваи.  $\psi$  зависит от вида глинистого грунта  $\psi = f(I_p)$  и принимается равным:

$0,03 \leq I_p \leq 0,07$  – супесь –  $0,0001 \leq \psi \leq 0,0005$

$0,08 \leq I_p \leq 0,17$  – суглинок –  $0,0005 \leq \psi \leq 0,0009$

$0,17 \leq I_p \leq 0,30$  – глина (?) –  $0,0010 \leq \psi \leq 0,005$

$0,30 \leq I_p \leq 0,50$  – глина (?) –  $0,005 \leq \psi \leq 0,01$

$0,50 \leq I_p \leq 0,70$  – глина (?) –  $0,01 \leq \psi \leq 0,10$ .

Так как формирование «отказа» сваи от удара молота по голове сваи зависит от количества выдавленной воды из активной толщи подстилающего уплотненное ядро (платформу) слоя, коэффициент фильтрации в этом случае играет важную роль в формировании «отказа» сваи (прямо пропорциональная зависимость «отказа» от коэффициента фильтрации грунта подстилающего слоя). В этом случае проявляется обратно пропорциональная зависимость коэффициента долевого участия формирования «отказа» сваи  $\psi$  от коэффициента фильтрации  $K = f(K_f)$ . Так как коэффициент фильтрации зависит от напорного градиента  $H$  в прямо пропорциональной зависимости, то с увеличением  $K_f$  и  $H$  коэффициент долевого участия  $\psi$  соответственно уменьшается.

Таким образом, формирование удельного сцепления в подстилающем уплотненное ядро слое происходит с участием изменяемых в процессе забивки сваи характеристик

грунта этого же подстилающего слоя, а именно:

$$C_i = C_n \left(1 - \frac{\psi \cdot l_{св} \cdot I_L}{a}\right), \quad (2)$$

где:  $I_L$  – показатель текучести этого же подстилающего слоя (величина переменная в процессе (забивки) погружения сваи);

$a$  – «отказ» сваи по данным замеров (зависит от вида грунта при постоянной энергии удара  $E$ ;

$K_f$  – коэффициент фильтрации зависит от вида глинистого грунта подстилающего слоя, его сформированного напорного градиента при постоянной энергии удара  $E$ ;

$\psi$  – как показано выше, зависит от вида грунта  $I_p$ ,  $K_f$  подстилающего слоя.

Отсюда справедливо будет зависимость формирования удельного сцепления  $C$  (кПа) подстилающего слоя выразить зависимостью

$$C_i = f(I_p, I_L, K_f, \psi, \rho, E \dots) \quad (3)$$

многофакторная зависимость.

**1.1. Представление формирования прочностных показателей глинистого грунта подстилающего слоя при погружении свай сваебойным агрегатом.** Начиная с третьего этапа погружения сваи, когда подстилающий уплотненное ядро слой становится водонасыщенным ( $S_r = 1$ ) за счет ударной нагрузки (интервал удара принимается по паспортным данным сваебойного агрегата), изменяется напорный градиент (увеличивается), в подстилающем уплотненное ядро слое. Увеличивается коэффициент фильтрации, что приводит к усилению выдавливания воды из пор грунта. Объем выдавленной воды будет равен величине объемной деформации:

$$(V_o = A_{я} \cdot a), \quad (4)$$

где:  $A$  – площадь уплотненного ядра – проекция на горизонтальную плоскость;

$a$  – деформация активного подстилающего слоя – «отказ» сваи.

Активная толщина подстилающего слоя с каждым последующим ударом молота по голове сваи будет уменьшаться на величину «отказа». После каждого удара объем активного подстилающего слоя уменьшается, причем уменьшение активной толщины подстилающего слоя погашается включением в толщу новой, еще «не деформирован-

ной» нижней части активного подстилающего слоя. При этом уменьшается объем вытесненный из пор грунта воды после каждого последующего удара, что приводит к уменьшению «отказа» при всех последующих ударах. При этом следует учесть, что после каждого удара уменьшается влажность грунта на  $\Delta W$ , что приводит к уменьшению расстояний между частицами грунта, снижению показателя текучести грунта  $I_L$ .

Таким образом, при деформации подстилающего слоя изменяются прочностные показатели грунта подстилающего слоя  $C$  (кПа),  $\phi$  (град), которые и будут полностью зависеть от изменения расстояний между частицами и изменения (снижения) показателя текучести этого грунта. А так как расстояния между частицами грунта могут характеризоваться пористостью или коэффициентом пористости ( $n$ ,  $e$ ) грунта подстилающего слоя, характеристики этого грунта  $C$  (кПа),  $\phi$  (град) можно представить через показатель текучести  $I_L$  и коэффициент пористости  $e$ .

Таким образом, после каждого удара молота по голове сваи активная толща подстилающего слоя деформируется на величину равную, а – «отказу» сваи. А активная толща подстилающего слоя при передаче на него ударной нагрузки от сваебойного агрегата будет считаться (условно) равной трем диаметрам уплотненного ядра, т. е.:

$N_a = 6 l_{\text{асв}} \cdot \text{tg} \frac{\phi}{4}$  (по исходным характеристикам грунта подстилающего слоя).

Если «отказ» а сваи - неконсолидированная деформация активной толщи подстилающего слоя от передачи на него мгновенной ударной нагрузки, то объемная деформация  $D_o$  будет соответствовать объему воды, вытесненной из пор грунта активного подстилающего слоя при передаче на него ударной нагрузки. При этом влажность  $W$  грунта после каждого удара будет изменяться на величину  $\Delta W$ , равную объемной деформации:

$$V_o = A_{\text{я}} \cdot a = a \cdot \frac{[(2l_{\text{св}} \cdot \text{tg} \frac{\phi}{4}) \pi]^2}{4}, \quad (5)$$

а показатель текучести  $I_L$  грунта, подстилающего уплотненное ядро слоя, будет определяться по формуле:

$$\Delta I_L = (W - \Delta W - W_p) / I_p. \quad (6)$$

Причем эта величина не меняется на постоянную величину, а тоже уменьшается после каждого удара молота по голове сваи от предыдущего удара. В общей зависимости изменение показателя текучести  $I_L$  можно представить зависимостью последовательного уменьшения его значения, начиная от исходного значения  $I_L = \frac{W - W_p}{I_p}$  до последующих после каждого удара молота.  $I'_L = I_L - \Delta I'_L$ ;  $I''_L = I'_L - \Delta I''_L$ ;  $I'''_L = I''_L - \Delta I'''_L$  и т. д.

Если  $\Delta I_L$  соответствует изменению влажности после каждого удара молота, то как изменяется объемная деформация активного подстилающего слоя, который, в свою очередь, не подчиняется аналогичной схеме изменения толщины активной мощности подстилающего слоя, а остается равной

$N_a = 6 l_{\text{св}} \cdot \text{tg} \frac{\phi_{\text{ср}}}{4}$  (приблизненно). При этом длина сваи принимается равной длине погруженной сваи в грунт с вычетом (глубины) длины  $Z$ , с которой начинает формироваться уплотненное ядро:

$$Z = \frac{-f \cdot u \pm \sqrt{(f \cdot u)^2 + 4 \cdot \gamma \cdot u \cdot \sigma \cdot A}}{2 \cdot \gamma \cdot u} \quad (7)$$

и изменяется с глубиной погружения сваи (увеличивается).

С увеличением глубины погружения соответственно увеличивается: диаметр уплотненного ядра, толща активного подстилающего слоя, усиливается объемная деформация активного подстилающего слоя, которая, в свою очередь, зависит от объема вытесненной воды из пор грунта после каждого удара молота по голове сваи (при постоянной энергии удара), что приводит к уменьшению пористости ( $n$ ) или коэффициента пористости ( $e$ ), и уменьшению «отказа» сваи ( $a$ ). При этом в пределах возможной точности замера уменьшается «отказ» сваи, который можно принять непостоянным, а изменяющимся по закону:

$$"a" = S = \beta \sum \frac{\sigma_{\text{ср}} \cdot h_{\text{э.л}}}{E}, \quad (8)$$

где:  $\sigma_{\text{ср}}$  – среднее напряжение под уплотненным ядром,  $\sigma_{\text{ср}} = \frac{P_4 \cdot K}{A_{\text{я}}}$ ;

$h_{\text{э}}$  – толщина элементарного слоя деформируемого грунта (принять равным  $0,2A_{\text{я}}$ );



$A_{я}$  – проекция площади уплотненного ядра на горизонтальную плоскость:

$$A_{я} = \frac{\pi(2l_{св} \cdot tg\frac{\varphi_0}{4})^2}{4}; \quad (9)$$

$K$  – коэффициент динамичности передаваемой нагрузки,  $K = \sim 1,5$ ;

$\varphi$  – угол внутреннего трения грунта подстилающего слоя.  $\varphi_0$  принимается по данным изысканий, а последующие значения после каждого удара (с третьего этапа погружения) молота вычисляются по выражению:

$$\varphi_1 = \varphi_0 + \Delta\varphi_1; \varphi_2 = \varphi_1 + \Delta\varphi_2; \varphi_3 = \varphi_2 + \Delta\varphi_3 \text{ и т. д.};$$

$\Delta\varphi$  – приращение угла внутреннего трения от каждого удара молота по голове сваи.

Как изменяется  $\Delta\varphi$ ?

Так как среднее давление под подошвой уплотненного ядра можно считать постоянным, «отказ» сваи будет зависеть от модуля деформации  $E$  подстилающего слоя на момент удара – зависимость обратно пропорциональна. Если величиной «отказа» задаться ( $a = 2; 1,8; 1,6; \dots 1,0; 0,9; 0,8 \dots 0,1$ ) см.

Для составления таблицы изменения удельного сцепления грунта, подстилающего уплотненное ядро слоя, при погружении сваи сваебойным агрегатом, использованы следующие физико-механические характеристики грунта подстилающего слоя:  $W_L = 0,29$ ;  $W_p = 0,17$ ;  $I_p = 0,12$ ;  $W = 0,17$ ;  $I_i = 0$ ;  $\rho_s = 2,68 \text{ т/м}^3$ ;  $\rho = 1,78 \text{ т/м}^3$ ;  $\rho_d = 1,52 \text{ т/м}^3$ ;  $C_0 = 25 \text{ кПа}$  на строительной площадке центральной правобережной части г. Днипра.

Таблица 1

Зависимость изменения удельного сцепления  $C$  (кПа) от «отказа» сваи  $0,1 \leq d \leq 2,0$  см и от показателя текучести  $-0,1 < I_L \leq -1,0$

$I_L$ «а» см	-1,0	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	$\pm 0$ -0,01	Примечания
2,0	30,625	30,065	29,50	28,94	28,375	27,81	27,04	26,70	26,125	25,56	25,056	
1,8	31,625	30,625	30,00	29,375	28,75	28,125	27,50	26,875	26,25	25,625	25,0625	
1,6	32,03	31,325	30,625	29,925	29,22	28,91	27,81	27,110	26,41	25,700	27,070	
1,4	33,04	32,232	31,430	30,625	29,82	29,02	28,21	27,410	26,61	25,800	25,080	
1,2	34,375	33,437	32,50	31,562	30,625	29,69	28,75	27,81	26,875	25,95	25,094	
1,0	36,25	35,125	34,00	32,875	31,75	30,625	29,50	28375	27,25	26,125	25,1125	
0,9	37,50	36,25	35,00	33,75	32,50	31,25	30,00	28,75	27,50	26,250	25,125	
0,8	39,06	37,655	36,25	34,84	33,44	32,03	30,625	29,22	27,81	26,410	25,140	
0,7	41,07	39,465	37,86	36,25	34,64	33,04	31,43	29,82	28,21	26,610	25,160	
0,6	43,75	41,875	40,00	38,125	36,25	34,375	32,500	30,625	28,75	26,875	25,190	
0,5	47,50	45,25	43,00	40,75	38,50	36,25	34,00	32,50	29,50	27,25	25,225	
0,4	53,125	50,32	47,50	44,685	41,88	39,065	36,25	33,44	30,625	27,810	25,280	
0,3	62,50	52,72	60,00	51,250	47,50	43,75	40,00	36,25	31,82	28,750	25,375	
0,2	81,25	75,625	70,00	64,750	58,75	53,125	47,500	41,875	36,25	30,625	25,563	
0,1	137,5	126,25	115,00	103,75	92,50	81,625	70,00	58,75	47,50	36,250	26,125	

Для получения зависимости изменения удельного сцепления  $C$  (кПа) грунта подстилающего уплотненное ядро слоя – глинистого грунта - использованы математические решения компрессионной и Кулона-Мора зависимостей в виде:

$$C_i = C_0 \left(1 - \frac{\psi \cdot I_L \cdot l_{a,св}}{a}\right) \quad (10)$$

и с учетом, что грунт подстилающего уплотненное ядро слоя начала третьего этапа погружения сваи, находится в твердом состоянии ( $I_i$  – число отрицательное,  $I_L = 0$ ), то удельное сцепление грунта подстилающего уплотненное ядро слоя, после каждого

удара молота по голове сваи будет увеличиваться на величину

$$\Delta C_i = C_0 \left( + \frac{\psi \cdot I_L \cdot l_{св}}{a} \right), \quad (11)$$

где  $\psi$  – коэффициент долевого участия активной длины погруженной сваи при формировании «отказа» сваи, зависит от вида глинистого грунта  $\varphi = (I_p)$ ;

$I_L$  – показатель текучести глинистого подстилающего слоя на момент удара молота по голове сваи;

$l_{a,св}$  – активная длина сваи, соответствующая длине погружения сваи, за вычетом участка, длиной =  $Z$ ;

$a$  – величина «отказа» сваи (по замеру).

**2. Обоснование изменения (увеличения) угла внутреннего трения  $\varphi$  глинистого грунта, подстилающего уплотненное ядро слоя, при погружении свай сваебойным агрегатом или статическим вдавливанием.** Используя те же направления исследования и анализа формирования характеристик подстилающего уплотненное ядро (платформу) слоя глинистого грунта при погружении свай сваебойным агрегатом, принимают за основу третий этап погружения свай, соответствующий времени, когда после каждого нового удара молота по голове сваи грунт в формирующемся уплотненном ядре уплотняется до плотности  $\rho$  ( $\text{т/м}^3$ ), при которой грунт переходит в водонасыщенное состояние при естественной влажности, т. е.:

$$S_r = \frac{W \cdot \rho_s}{e} \cdot \rho_w = 1. \quad (12)$$

Далее процесс погружения свай после каждого удара молота по голове сваи происходит за счет выдавливания энергией удара воды из пор грунта, деформацией окружающего массива грунта, подстилающего уплотненное ядро слоя, которая (деформация) после каждого удара молота по голове сваи уменьшается за счет изменения плотности грунта подстилающего слоя (модуль деформации  $E_0$  – увеличивается, деформация уменьшается). За счет проявления деформации подстилающего слоя расстояние между частицами грунта уменьшается, что приводит к увеличению сил трения между частицами грунта, т. е.:

$$\begin{aligned} \tau &= \sigma_{zq} \cdot \operatorname{tg} \varphi + C, \\ a \operatorname{tg} \varphi &= (\tau - C) / \sigma_{zq}. \end{aligned} \quad (13)$$

Так как деформация подстилающего слоя проявляется только после выдавливания воды из пор грунта подстилающего слоя и перемещения воды вниз по направлению движения молота то с каждым последующим ударом молота по голове сваи деформация подстилающего слоя уменьшается на объем, равный объемной деформации подстилающего слоя. При этом объемная деформация подстилающего слоя с последующим ударом молота и передачи ударной нагрузки через уплотненное ядро (платформу) на подстилающий слой понижается и при постоянном значении классификационных показателей глинистого грунта показатель

консистенции  $I_L$  понижается (уменьшается), грунт подстилающего слоя становится твердым. При этом расстояние между частицами грунта уменьшается. Это дает право утверждать, что сопротивление сдвигу грунта увеличивается, увеличивается угол внутреннего трения грунта  $\varphi$ , подстилающего уплотненное ядро (платформу) слоя. При этом:

1) площадь уплотненного ядра (горизонтальная проекция)  $A_{\text{я}} = \pi (1 - \operatorname{tg} \varphi / 4)^2$ ;

2) отказ сваи принимается по натурным замерам или может быть задан ( $a = 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 \dots$ ) см;

3) объемная деформация  $D_0 = A_{\text{я}} \cdot "a"$ ; («а» – «отказ» сваи);

4) начальная плотность грунта  $\rho_d$  – принимается по данным изысканий для грунта, подстилающего уплотненное ядро (платформу) слоя;

5) природная влажность грунта подстилающего слоя  $W$  принимается по изысканиям;

6) пористость или коэффициент пористости грунта подстилающего слоя принимается по данным изысканий или вычисляется по основным характеристикам грунта;

7) степень водонасыщения грунта подстилающего слоя принимается по данным изысканий или по расчету;

8) количество воды, вмещающееся в единицу объема грунта подстилающего слоя  $v_w = n \cdot S_r$ ;

9) приращение объема воды после каждого удара  $= - (v_w - A_{\text{я}} \cdot a)$ ;

10) при этом показатель текучести  $I_L$  грунта подстилающего слоя понижается на величину  $\Delta I_L = (v_i - W_p) / I_p$ , грунт подстилающего слоя твердеет.

В комбинации процессов: уменьшение расстояния между частицами грунта (агрегатами) и снижение показателя текучести  $I_L$  грунта подстилающего слоя приводит к увеличению коэффициента трения грунта по грунту ( $f = \operatorname{tg} \varphi$ ) к увеличению угла внутреннего трения  $\varphi$ . При этом расчетное сопротивление грунта подстилающего слоя  $R$  – под («нижним концом сваи») под уплотненным ядром (платформой) увеличивается и может быть определено по формуле Н. П. Пузыревского, преобразованной ДБН В.2.1-10-2009 и действовавшими СНиП к виду:

$$R = \frac{\gamma_{ci}\gamma_{cr}}{K_i}(M_\gamma \cdot b \cdot \gamma \cdot K_z + M_d \cdot d \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot C,$$

где для данного варианта – основания свайных фундаментов следует принять:

$\gamma_{ci}$  – коэффициент условия работы грунта подстилающего слоя (от вида грунта);

$\gamma_{cr}$  соответствующего принятым исходным данным рекомендуется принять

$\gamma_{ci} = \gamma_{cr} = 1,1$ ; так как грунт подстилающего уплотненное ядро слоя;

$K_i$  – коэффициент, принимаемый равным 1,1.

$M_\gamma, M_g, M_c$  – коэффициенты, зависящие от угла внутреннего трения подстилающего слоя  $\varphi$ , вычисляются по формулам:

$$M_\gamma = \frac{0,25\pi}{ctg\varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}}; M_g = 1 + \frac{\pi}{ctg\varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}};$$

$$M_c = \frac{\pi \cdot ctg\varphi}{ctg\varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}}$$

и сведены в таблицу Е.8, действующего ДБН В.2.1-10-2009, или в таблицы действовавших СНиП II.15-74, СНиП 2.02.01-83... и т. д.

**2.1. Основные положения по формированию частных прочностных показателей грунта, подстилающего уплотненное ядро слоя, при погружении свай сваебойным агрегатом.** Как уже сообщалось выше, начиная с третьего этапа погружения свай (подстилающий слой грунта под уплотненным ядром становится водонасыщенным ( $S_r = 1$ ), за счет ударной нагрузки, передаваемой через уплотненное ядро на подстилающий слой, изменяется напорный градиент  $H$  этого слоя, т. е. увеличивается напорный градиент в подстилающем уплотненное ядро слое грунта. При этом увеличивается коэффициент фильтрации  $K_\phi$  этого слоя, что приводит к увеличению объема выдавливаемой воды из пор грунта  $A_{я} \cdot a = v_w$ .

Активная толща подстилающего слоя с каждым последующим ударом молота уменьшается на величину отказа  $a$ , потому что после каждого удара молота по голове сваи объем активного подстилающего слоя уменьшается, причем уменьшение активной толщины подстилающего слоя погашается «включением» в толщу новой еще «недеформируемой» части активного подстилающего слоя.

При этом уменьшается объем вытесненной из пор грунта воды после каждого по-

следующего удара молота, уменьшается деформация подстилающего уплотненное ядро слоя. Следует учесть, что после каждого удара уменьшается влажность грунта на  $\Delta W$ , что приводит, за счет проявляющейся деформации слоя, к уменьшению расстояний между частицами грунта, понижению показателя текучести  $I_L$  грунта.

Таким образом, после каждого удара молота по голове сваи активная толща подстилающего слоя деформируется на величину, равную «отказу»  $a$  сваи. А активная толща подстилающего слоя при передаче на него ударной нагрузки от сваебойного агрегата будет считаться равной (условно) трем диаметрам уплотненного ядра.

То есть  $H_a = 3 \cdot 2l_{св} \cdot tg \frac{\varphi}{4}$  (характеристики по исходным данным грунта подстилающего слоя). Если «отказ» сваи – это неконсолидированная деформация активной толщи подстилающего слоя от передачи на него мгновенной ударной нагрузки, то объемная деформация  $D_o$  будет соответствовать объему воды, вытесненной из пор грунта активного подстилающего слоя при передаче на него ударной нагрузки. При этом влажность грунта  $W$  после каждого удара будет (уменьшаться) изменяться на величину  $\Delta W$ , равную объемной деформации  $|v_o = A_{я} \cdot a| = (a \cdot 2l_{св} \cdot tg \frac{\varphi}{4} \cdot \pi)^2$ , а показатель текучести  $I_L$  грунта подстилающего уплотненное ядро слоя будет определяться по формуле:

$$\Delta I_L = W - \Delta W - W_p / I_p, \quad (14)$$

причем этот показатель не меняется на постоянную величину, а также уменьшается после каждого удара молота по голове сваи от последующего удара на расчетную величину. А так как расстояние между частицами грунта могут характеризоваться пористостью или коэффициентом пористости ( $n$  или  $e$ ) грунта подстилающего слоя, то характеристики этого грунта  $C$  (кПа) и  $\varphi$  (град) можно представить через показатель текучести  $I_L$  и коэффициент пористости  $e$ .

В сложившейся ситуации с каждым последующим ударом молота по голове сваи проявляется неконсолидированная деформация активной толщины подстилающего уплотненное ядро слоя, за счет уплотнения ее активной толщи и изменения деформационных характеристик грунта активной толщи

(увеличения модуля деформации), а также сокращений расстояния между частицами грунта, что приводит к увеличению сил тре-

ния грунта по грунту  $\tau = \sigma_{zq} \cdot tg\varphi + C$  (изменению в сторону увеличения) угла внутреннего трения  $\varphi$  и удельного сцепления  $C$ .

Таблица 2

*Зависимость коэффициента  $\xi$  от вида грунта подстилающего слоя*

№ п/п	Вид грунта	Содержание глинистых частиц, %	Число пластичности $I_p$	Коэффициент фильтрации $K_\phi$	м/сутки	$\xi$ – долевое участие
1	супесь	$3,0\% \leq \delta \leq 10\%$	$0,01 \leq I_p \leq 0,07$	$10^{-6} \leq K_\phi \leq 10^{-3}$ (см/сек = 8,64 м/сутки)	$0,08 < K_\phi$	$0,0010 < \xi \leq 0,0050$
2	суглинок	$10\% < \delta \leq 30\%$	$0,07 < I_p \leq 0,17$	$10^{-7} \leq K_\phi \leq 10^{-5}$ см/сек		$0,0001 < \xi \leq 0,005$
3	глина четвертичная	$30\% \leq \delta \leq 50\%$	$0,17 < I_p \leq 30$	$10^{-9} \leq K_\phi \leq 10^{-7}$ см/сек	$10^{-6} \leq K_\phi \leq 10^{-4}$	$0,00001 \leq \xi \leq 0,00005$
4	глина третичная монтмориллонит	$50\% \leq \delta \leq 70\%$	$0,30 < I_p \leq 50$	$10^{-11} \leq K_\phi \leq 10^{-9}$ см/сек	$10^{-8} \leq K_\phi \leq 10^{-6}$	$0,000001 < \xi \leq 0,000005$
5	глина третичная бентонит	$70\% < \delta$	$0,50 < I_p \leq 0,70$	$10^{-14} \leq K_\phi \leq 10^{-11}$ см/сек	$10^{-11} \leq K_\phi \leq 10^{-8}$	$0,0000001 < \xi < 0,0000005$
			$0,70 < I_p$	$K_\phi < 10^{-14}$ см/сек	$K_\phi < 10^{-11}$	$0,0000005 < \xi < 0,0000009(10)$

Таблица 3

*Изменение угла внутреннего трения  $\varphi$  (частные значения) грунта подстилающего уплотненное ядро слоя от величины «отказа» сваи  $a$  и показателя текучести  $I_L$*

«а» см $I_L$	-1,0	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	$\pm 0$
2,0	25,90	25,35	25,10	24,80	24,00	24,30	24,0	23,80	23,50	23,20	
1,8	26,60	25,60	25,30	25,00	24,70	24,45	24,15	23,85	23,60	23,25	
1,6	26,90	25,90	25,60	25,25	24,95	24,60	24,30	24,00	23,65	23,30	
1,4	27,10	26,30	25,95	25,60	25,20	24,90	24,50	24,10	23,75	23,35	
1,2	27,80	26,90	26,45	26,00	25,60	25,20	24,70	24,30	23,85	23,45	
1,0	28,75	27,65	27,15	26,60	26,10	25,60	25,10	24,50	24,00	23,50	
0,9	29,40	28,20	27,60	27,00	26,45	25,90	25,30	24,70	24,15	23,60	
0,8	30,20	28,80	28,20	27,55	26,90	26,25	25,60	24,90	24,30	23,65	
0,7	31,45	29,65	28,90	28,20	27,50	26,70	25,95	25,20	24,50	23,75	
0,6	32,65	30,75	29,90	29,00	28,20	27,30	26,45	25,60	24,70	23,85	
0,5	34,50	32,30	31,80	30,25	29,20	28,40	27,15	26,10	25,10	24,00	
0,4	37,40	34,65	33,35	32,10	30,80	29,50	28,20	26,90	25,60	24,30	
0,3	42,10	38,50	36,80	35,10	33,35	31,65	29,90	28,20	26,45	24,70	
0,2	51,75	46,25	43,70	40,55	38,50	40,00	33,35	30,80	28,20	25,85	
0,1	80,50	69,60	64,40	59,25	54,00	48,90	43,70	38,50	33,30	28,20	

Так как все деформационные процессы грунта, расположенного под подошвой уплотненного ядра, ведут к изменению (снижению) «отказа» сваи (зависимость обратно пропорциональна), целесообразно было бы найти зависимость изменения прочностных показателей (угла внутреннего трения  $\varphi$ ), подстилающего уплотненное ядро слоя грунта от «отказа» сваи, то есть  $\varphi = f(a)$

с известной уже обратно пропорциональной зависимостью. Согласно Г. К. Корн и Т. К. Корн (справочник по математике), а также Бронштейну и Семендяеву (справочник по математике), зависимость угла внутреннего трения  $\varphi$  от показателя текучести  $I_L$  и от «отказа» сваи  $a$  может быть представлена выражением в виде:

$$\varphi_i = \varphi_0 \left(1 - \frac{l_{cb} \cdot I_L \cdot \xi}{a}\right), \quad (15)$$

где:  $\varphi_0$  – угол внутреннего трения грунта подстилающего слоя (принимается по изысканиям);

$I_L$  – показатель текучести грунта, подстилающего ядро слоя на момент последующего удара молота по голове сваи;

$l_{cb}$  – активная длина погружаемой сваи (для нашего варианта  $l_{cb} = 9,0$  м);

$\xi$  – коэффициент долевого участия активной длины сваи при формировании «отказа» сваи, зависит от вида грунта подстилающего слоя (табл. 2).

Для составления таблицы зависимости изменения угла внутреннего трения  $\varphi$  подстилающего уплотненное ядро слоя при погружении свай сваебойным агрегатом использованы физико-механические характеристики грунта подстилающего слоя строительной площадки правобережной центральной части г. Днипро со следующими показателями:  $W_L = 0,29$ ;  $W_p = 0,17$ ;  $I_p = 0,12$ ;  $W = 0,17$ ;  $I_L = 0$ ;  $\rho_s = 2,68$  т/м<sup>3</sup>;  $\rho = 1,78$  т/м<sup>3</sup>;  $\rho_d = 1,52$  т/м<sup>3</sup>;  $C_0 = 25$  кПа;  $\varphi_0 = 23^\circ$ .

*Примечание:*

Полученные результаты определения угла внутреннего трения  $\varphi$  подстилающего уплотненное ядро слоя глинистого грунта, приведенные в таблице 3, с использованием «компрессионной» зависимости  $\varphi_i = f(l_{cb,a}, I_L, \xi)$  и определенные значения удельного сцепления грунта  $C$  того же подстилающего уплотненное ядро слоя, с использованием той же зависимости:

$C_i = f(l_{cb,a}, I_L, \psi)$ , как частные значения для данного грунта не являются догмой и могут быть откорректированы по скорректированному значению коэффициента долевого участия  $\psi$  – для удельного сцепления –  $C_i$ , и  $\xi$  – для угла внутреннего трения –  $\varphi$ .

Для этого следует использовать частные значения классификационных показателей  $I_p$  глинистого грунта, подстилающего уплотненное ядро слоя, указанные в отчете об инженерно-геологических изысканиях для строительства на заданной площадке, выполненных сертифицированной изыскательской организацией. Корректировку коэффициента  $\psi$  и  $\xi$  – долевого участия формирования «отказа» сваи  $a$  следует выполнять по формулам:

$$\psi_i(\xi_i) = \frac{\psi_0(\xi_0) \cdot I_{p \min}}{I_{p \max}} \quad \text{– для супесей, су-}$$

глинков, глин легких;

$$\psi_i(\xi_i) = \frac{\psi_0(\xi_0) \cdot I_{p \max}}{I_{p \min}} \quad \text{– для супесей, су-}$$

глинков, глин тяжелых,

где:  $\psi_0(\xi_0)$  – табличные значения коэффициентов долевого участия формирования «отказа» сваи  $a$ ;

$I_{p \min}$  – меньшее граничное значение числа пластичности грунта подстилающего слоя;

$I_{p \max}$  – большее граничное значение числа пластичности грунта подстилающего слоя;

$\psi_i(\xi_i)$  – скорректированные коэффициенты долевого участия формирования «отказа» сваи  $a$ .

**3. Определение несущей способности свай.** Так как нами предлагается измененная расчетная схема сваи не как стержень, заземленный в грунте, воспринимающий нагрузку от надстройки и передающий эту нагрузку на нижние слои грунта путем сопротивления грунта по острию (лобовое сопротивление) и трением грунта на боковую поверхность ствола сваи, а как стержень, заземленный в грунте, воспринимающий нагрузку от надстройки и передающий эту нагрузку через уплотненное ядро (платформу), сформированное вокруг острия сваи, на нижние слои грунта, являющиеся подстилающим рабочим слоем для уплотненного ядра. Уплотненное ядро в этом случае служит как фундамент, передающий нагрузку от надстройки на нижний подстилающий слой грунта. Глубина заложения условного фундамента равняется отметке острия сваи плюс радиус уплотненного ядра, т. е.

$$d = l_{cb} \left(1 + tg \frac{\varphi_{cp}}{4}\right) \text{ от данной поверхности.}$$

На основании вышеизложенного предлагается следующая последовательность определения несущей способности сваи:

- Определяются геометрические размеры уплотненного ядра (диаметр, радиус) по исходным характеристикам грунта, окружающего сваю:

$$D = 2l_{cb} \cdot tg \frac{\varphi_{cp}}{4}; \quad r = l_{cb} \cdot tg \frac{\varphi_{cp}}{4}. \quad (16)$$

- Вычисляется глубина заложения подошвы «условного фундамента» относительно подошвы ростверка по формуле:

$$d_p = l_{cb} \left(1 + tg \frac{\varphi}{4}\right). \quad (17)$$

- Определяется глубина заложения подошвы «условного фундамента» относительно дневной поверхности  $d = l_{св} + d_p$ .

- По инженерно-геологическому разрезу и глубине заложения подошвы «условного фундамента» устанавливается вид грунта, подстилающего уплотненное ядро (глинистого грунта) и определяется коэффициент долевого участия формирования «отказа» сваи, согласно представленным таблицам 1, 3.

- По замеренному «отказу» сваи и показателю текучести подстилающего слоя определяется угол внутреннего трения  $\varphi$  грунта подстилающего слоя.

- По определенному значению угла внутреннего трения подстилающего слоя вычисляются безразмерные коэффициенты (или принимаются по таблицам)

$$M_\gamma = \frac{0,25\pi}{ctg\varphi + \varphi - \pi/2}; M_g = 1 + \frac{\pi}{ctg\varphi + \varphi - \pi/2};$$

$$M_c = \frac{\pi \cdot ctg\varphi}{ctg\varphi + \varphi - \pi/2};$$

( $\varphi$  – радиан).

- Вычисляется по уже известным характеристикам подстилающего слоя –  $\gamma$  т/м<sup>3</sup>; диаметра уплотненного ядра –  $D = 2l_{св} \cdot tg \frac{\varphi}{4}$ , удельному сцеплению  $C_i$ , расчетное сопротивление  $R$  грунта подстилающего слоя, служащего основанием уплотненного ядра (уплотненной платформы) по действующим формулам ДБН.В.2.1-10-2009:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{K} (M_\gamma \cdot D \cdot \gamma \cdot K_z + M_d \cdot d \cdot \gamma \cdot M_c \cdot C);$$

- Имея расчетное сопротивление грунта основания  $R$  и площадь «подошвы фундамента» (горизонтальная проекция основания уплотненного ядра), вычисляют несущую способность сваи  $F_d$ .

$$F_d = K_F \cdot R \cdot A, \text{ (кН), т,} \quad (18)$$

где:  $K$  – коэффициент условий работы сваи с учетом уплотненного ядра;

$R$  – расчетное сопротивление грунта подстилающего слоя (основания);

$A$  – площадь уплотненного ядра (горизонтальная проекция).

Коэффициент условий работы  $K$  зависит от длины сваи.

**Выводы.** Задаваясь целью упростить расчет несущей способности забивных свай в глинистых грунтах, приходим к варианту учета (длительной) изменения прочности

грунта, подстилающего уплотненное ядро слоя во времени, т. е. к учету изменения напряженного состояния массива грунта от воспринимающих им нагрузок от «свайного» фундамента при сформированной деформации (установившейся постоянной деформации, т. е. учету релаксации подстилающего уплотненного ядра массива глинистого грунта. При этом следует учесть, что после проявления процесса релаксации (снижения напряжений) начинает, в свою очередь, проявляться процесс реформации (т. е. восстановления) исходного состояния массива глинистого грунта, подстилающего уплотненное ядро слоя. Это приводит к формированию нового витка графика стабилизации упругих свойств глинистого грунта.

При постоянно действующей статической нагрузке (после погружения сваи) от эксплуатируемого здания процесс релаксации и реформации массива грунта, подстилающего уплотненное ядро слоя, приводит к установившемуся для подстилающего слоя пределу уплотнения, исчерпывающему остаточные деформации, и формированию только упругих при действии на массив грунта постоянных нагрузок.

Хворолевым впервые было установлено и сделано предположение, что изменение сопротивления глинистого грунта сдвигу во времени связано с удельным сцеплением  $C$  и не зависит от угла внутреннего трения  $\varphi$ .

А полное удельное сцепление  $C$  может быть представлено как состоящее из двух компонентов:  $C = C_v + C_u$ .

Учитывая вышеизложенное, нами предлагается определять расчетное сопротивление грунта, подстилающего уплотненное ядро слоя, с учетом изменения прочностных характеристик этого грунта в процессе погружения свай сваебойным агрегатом.

Основным показателем для определения прочностных характеристик грунта, подстилающего уплотненное ядро слоя, принята величина «отказа» сваи  $a$ , получаемая при погружении свай сваебойным агрегатом, величина ударной части молота, которая по весу не менее веса сваи (кН). При этом для контроля нет необходимости проводить пробную забивку сваи, а выполнять контроль (замерять величину «отказа»  $a$  в процессе проектного погружения свай.

Для составления таблицы частных значений изменения прочностных показателей грунта, подстилающего уплотненное ядро слоя, выбраны показатели:

- «отказ» сваи ( $a = 0,001 \div 0,02$  м);

- показатель текучести грунта подстилающего слоя  $I_L$ . Так как формирование уплотненного ядра вокруг острия сваи нами принимается с третьего этапа погружения сваи ( $W \leq W_p$ ), показатель текучести грунта подстилающего слоя  $I_L$  будет находиться в пределах  $I_L < 0$ .

С нами принят интервал  $0 \leq |I_L| \leq -1,0$ . С учетом того, что грунт в уплотненном ядре находится постоянно в твердом состоянии, и в таком же твердом состоянии находится пограничный слой между уплотненным ядром и подстилающим ядро слоем;

- коэффициент долевого участия при формировании «отказа» сваи ( $a$ ) –  $\psi$ , который зависит от вида глинистого грунта подстилающего слоя (число пластичности  $I_p$  и зернового состава глинистого грунта) и представлены в таблице 2.

Учитывая предположение Хворалева, что изменение сопротивления сдвигу во времени связано с удельным сцеплением  $C$  и практически не зависит от угла внутреннего трения  $\phi$ , полученное значение  $\phi$  расчетом не претерпевает (не релаксирует) изменения во времени и остается практически постоянным, за основу при принятии частного значения  $\phi = f(a)$  остается постоянным и для практических целей следует принимать без учета времени  $t$ .

Для удельного сцепления  $C$  следует ввести коэффициент релаксации  $r$ , зависящий от времени  $r = f(t)$  и полученное расчетом значение  $C$  корректируется коэффициентом  $r$  как произведение  $C = C \cdot r$ . Коэффициент релаксации  $r$  подобен коэффициенту консолидации  $K$ , который определяется по формуле:

$$K = K_\phi \cdot (1 + l_{св}) / a \cdot \rho_w,$$

где:  $K_\phi$  – коэффициент фильтрации грунта подстилающего слоя;

$l_{св}$  – активная длина сваи;

$a$  – коэффициент сжимаемости;

$\rho_w$  – плотность воды ( $\text{т/м}^3$ ).

Если релаксация – это изменение напряженного состояния массива грунта при постоянной деформации во времени, т. е.

$\sigma = f(t)$ , то коэффициент релаксации показывает, с какой скоростью изменяются напряжения в массиве грунта (при постоянной деформации для данного вида грунта – супесь, суглинок, глина) – кПа/час, кПа/сутки, кПа/год и зависит от исходных параметров грунта подстилающего уплотненное ядро слоя (принимается по данным изысканий ( $\rho_s$  кН/м<sup>3</sup>,  $\rho$  кН/м<sup>3</sup>,  $W$ ,  $W_L$ ,  $W_p$ ,  $\rho_d$ ,  $e$ ,  $E$  МПа).

Коэффициент релаксации  $r$  (Па/т, кПа/т, МПа/т) определяется по формуле:  $r = \frac{\sigma \cdot (1+e)}{t \cdot \beta}$

– для супесей и суглинков и  $r = \frac{\sigma \cdot (1+e) \cdot \beta}{t}$  –

для глин. Здесь  $\beta = 1 - \frac{2\mu^2}{1-\mu^2}$ ,

$\mu$  – коэффициент боковой деформации.

### Последовательность определения несущей способности сваи

1. По заданному компрессионному изменению удельного сцепления  $C$  грунта подстилающего уплотненное ядро слоя определяется частное значение удельного сцепления  $C$  в зависимости от «отказа» сваи  $a$  и показателя текучести  $I_L$  глинистого грунта

$$C_i = C_0 \left( 1 - \frac{\psi \cdot I_L \cdot l_{св}}{a^n} \right).$$

2. Аналогично, по тому же компрессионному закону определяется частное значение измененного угла внутреннего трения  $\phi$  грунта подстилающего уплотненное ядро слоя, по зависимости

$$\phi_i = \phi_0 \left( 1 - \frac{l_{св} \cdot I_L \cdot \xi}{a^n} \right).$$

3. Определяются геометрические размеры уплотненного ядра по характеристикам грунта, формирующего уплотненное ядро в процессе погружения сваи –  $D_{я}$ ,  $I_{я}$ ;

$D_{я} = l_{св} \cdot tg \frac{\phi_{ср}}{4}$ , грунта, соответствующего  $I_L = 0$ . При естественной влажности  $W$ , т. е. плотность грунта вокруг острия сваи ( $e$ ,  $\rho_a$ ) соответствует состоянию, когда  $W = W_p$  (началу формирования уплотненного ядра).

4. Определяется глубина расположения подошвы уплотненного ядра:  $d = l_{св} + r_{ядра}$ .

5. Вычисляет расчетное сопротивление  $R$  грунта, подстилающего уплотненное ядро слоя, с использованием решения проф. Н. П. Пузыревского (или методику ДБН.В.2.1-10-2009, где так же используется это же решение).

6. Вычисляется (сопротивление сваи) несущая способность сваи:

$$F = R \cdot A_{\text{я}} = R \cdot \frac{\pi D_{\text{я}}^2}{4}. \quad (19)$$

7. Вычисляется возможная величина осадки подстилающего уплотненное ядро слоя по существующим методикам, принимаемым в ДБН.В.2.1-10-2009 или СНиП:

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_{zpi} - \sigma_{zpi}) \cdot h}{E} + \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zpi}}{E_{e,i}} \cdot h. \quad (20)$$

8. Определяется возможное сопротивление оседанию сваи (или свайного фундамента):  $F = U_{\text{я}} \cdot S \cdot f$ ,

где:  $U$  – периметр уплотненного ядра по максимальному диаметру  $U = \pi \cdot D_{\text{я}}$ ;

$S$  – возможная величина осадки;

$f$  – силы трения окружающего уплотненное ядро грунта по поверхности уплотненного ядра, принимаются по показателю те-

кучести  $I_L = 0$  и глубине расположения подошвы уплотненного ядра от поверхности природного рельефа.

9. Вычисляется полная несущая способность сваи:

$$F_d = \frac{\pi \cdot D_{\text{я}}^2}{4} \cdot R + U_{\text{я}} \cdot S \cdot f. \quad (21)$$

10. По вычисленной полной несущей способности сваи  $F_d$  и передаваемых на свайный фундамент нагрузок  $N$ ,  $M$ ,  $Q$  определяется количество свай в свайном фундаменте  $n$ , выполняется распределение свай в плане; рассчитывается возможная нагрузка на одну сваю; выполняется расчет и проектирование ростверка согласно действующим нормативным документам.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свайные фундаменты. Нормы проектирования : СНиП II-Б.5-67\* / Госстрой СССР. – [Действие завершено 01.01.1979]. – Москва, 1968. – 31 с.
2. Свайные фундаменты. Нормы проектирования : СНиП II-17-77 / Госстрой СССР. – [Действие завершено 01.01.1987]. – Москва, 1978. – 48 с.
3. Свайные фундаменты : СНиП 2.02.03-85 / Госстрой СССР. – [Взамен СНиП II-17-77 ; введ. 1987-01-01]. – Москва : ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 48 с.
4. Об'єкти будівництва та промислової продукції будівельного призначення. Основи та фундаменти будинків і споруд. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування : ДБН В.2.1-10-2009. – [Введ. вперше зі скасуванням на території України СНиП 2.02.01-83 ; чинні від 2009-07-01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 107 с.
5. Бронин В. Н. Теория ползучести грунтов. Конспект лекций для слушателей факультета повышения квалификации преподавателей / В. Н. Бронин ; Ленинградский ордена Труд. Красного знамени инж.-строит. ин-т ; Мин-во Высш. и среднего спец. образования РСФСР. – Ленинград, 1978. – 52 с.
6. Свайные фундаменты / Н. М. Готов, А. А. Луга, К. С. Силин, К. С. Завриев. – Москва : Транспорт, 1975. – 432 с.
7. Добровольский К. И. Материалы для расчета оснований и фундаментов. Расчет свайных оснований Вып. 1. Аналитически-статический метод определения сопротивления свай / К. И. Добровольский. – Тифлис : Типолитограф. Правления ж. д. ЗСФСР, 1929. – 153 с. : рис., табл.
8. Кириллов В. С. Основания и фундаменты / В. С. Кириллов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва : Транспорт, 1980. – 392 с.
9. Костерин Э. В. Основания и фундаменты / Э. В. Костерин. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва : Высш. школа, 1978. – 375 с.
10. Курдюмов В. И. Краткий курс оснований и фундаментов / В. И. Курдюмов. – Изд. 3-е. – Санкт-Петербург : Типография Ю. Н. Эрлих, 1902. – 297 с.
11. Маковский Л. В. Городские подземные транспортные сооружения : учеб. для вузов / Л. В. Маковский. – Москва : Стройиздат, 1979. – 472 с.
12. Маслов Н. Н. Механика грунтов в практике строительства (оползни и борьба с ними) : учеб. пособие для вузов / Н. Н. Маслов. – Москва : Стройиздат, 1977. – 320 с.
13. Моторный А. Н. Напряженно-деформированное состояние однородного массива грунта от нагрузки, передаваемой через ограниченную в плане площадь, приложенную внутри упругого однородного массива грунта / А. Н. Моторный, В. И. Большаков, Н. А. Моторный // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2017. – № 3. – С. 22–30.
14. Моторный А. Н. Напряженно-деформированное состояние основания свайных фундаментов на лессовых просадочных грунтах при замачивании просадочной толщи снизу-вверх (подтопление территории) / А. Н. Моторный, Н. А. Моторный // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2014. – № 2. – С. 20–29.
15. Современные проблемы свайного фундаментостроения в СССР // Сборник тез. докл. Всесоюзного совещания-семинара / ВНИИ оснований и подзем. сооружений им. Н. М. Герсеванова ; Нац. ком. по механике грунтов и фундаментостроению ; под ред. А. А. Бартоломея. – Пермь : Перм. политехн. ин-т, 1988. – 149 с.
16. Моторный А. Н. Современные представления несущей способности забивных свай (по результатам погружения и работы, свай в грунте) / А. Н. Моторный, Н. А. Моторный // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2014. – № 8. – С. 32–42.



17. Цытович Н. А. Механика грунтов : краткий курс / Н. А. Цытович. – 4-е изд., вновь перераб. и доп. – Москва : Госстройиздат, 1963. – 636 с.
18. Опыт возведения сооружений методом «стена в грунте» / А. Л. Филахтов, Г. К. Лубенец, Н. В. Писанко, М. Г. Янкулин. – Киев : Будівельник, 1981. – 234 с.
19. Корн Г. К. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Определения, теоремы, формулы / Г. К. Корн, Т. К. Корн ; пер. со 2-го амер. перераб. изд. И. Г. Арамановича [и др.] ; под общ. ред. И. Г. Арамановича. – Москва : Наука, 1973. – 831 с.

## REFERENCE

1. Pile foundations. Design standards: SNiP II-B.5-67 \* / Gosstroy of the USSR. - [Action completed 01/01/1979]. - Moscow, 1968. - 31 p.
2. Pile foundations. Design standards: SNiP II-17-77 / Gosstroy of the USSR. - [Action completed 01/01/1987]. - Moscow, 1978. - 48 p.
3. Pile foundations: SNiP 2.02.03-85 / Gosstroy of the USSR. - [Instead of SNiP II-17-77; enter 1987-01-01]. - Moscow: TsITP Gosstroy USSR, 1986. - 48 p.
4. Ob'kti budivnitstva and industrial production budivnogo pryznachennya. Establish the foundations of budinki i sporud. Bottom up the foundations of the Sporud. The main provisions of the project: DBN V.2.1-10-2009. - [Enter For the first time on the territory of Ukraine SNiP 2.02.01-83; Chin vid 2009-07-01]. - Kyiv: Ministry of Regions of Ukraine, 2009. - 107 p.
5. Bronin VN Theory of soil creep. Summary of lectures for students of the faculty of advanced training of teachers / VN Bronin; Leningrad Order of Labor. Red Banner-no engineering.-Builds. in-t; Ministry of Higher. and secondary specials. Education RSFSR. - Leningrad, 1978. - 52 p.
6. Pile foundations / N. M. Glotov, A. A. Luga, K. S. Silin, K. S. Zavriev. - Moscow: Trans-port, 1975. - 432 p.
7. Dobrovolsky KI. Materials for the calculation of bases and foundations. Calculation of pile foundations. 1. Analytical-static method for determining the resistance of piles / K. I. Dobrovolsky. - Tiflis: Tipo-litgr. Board g. d. TSFSR, 1929. - 153 p. : fig.
8. Kirillov V.S. Foundations and foundations / V.S. Kirillov. - Ed. 2nd, Pererab. and add. - Moscow: Transport, 1980. - 392 p.
9. Kosterin, E. V. The Foundations and Foundations / B.. V. Kosterin. - Ed. 2nd, Pererab. and add. - Moscow: Higher. School, 1978. - 375 p.
10. Kurdyumov V. I. Short course of foundations and foundations / V. I. Kurdyumov. - Ed. 3rd - St. Petersburg: Yu.N. Erlich Printing House, 1902. - 297 p.
11. Makovsky L.V. Urban Underground Transport Buildings: studies. for universities / L.V. Makovsky. - Moscow: stroiizdat, 1979. - 472 p.
12. Maslov NN. Ground mechanics in construction practice (landslides and control): studies. assists for universities / N. N. Maslov. - Moscow: stroiizdat, 1977. - 320 p.
13. Motorny A.N. The stress-strain state of a homogeneous array of soil from a load transmitted through a limited in plan area applied inside an elastic homogeneous array of soil / A.N. Motorny, V.I. Bolshakov, N.A. Motorny // News of Pridniprovs-koi of the state academy of buddies and architects. - 2017. - № 3. - P. 22–30.
14. Motorny A.N. The stress-deformed state of the foundation of pile foundations on loess subsiding soils when soaking the subsidence stratum from bottom to top (flooding of the territory) / A.N. Motorny, N. A. that architecture: st. sciences. Ave. - Dnipropetrovsk, 2014. No. 2. - P. 20–29.
15. Modern problems of pile foundation construction in the USSR // Collection of mes. report All-Union Workshop Meeting / All-Union Scientific Research Institute of Grounds and Underground. structures to them. N.M. Gershevanova; Nat com on soil mechanics and foundation engineering; by ed. A. A. Bartholomew. - Perm: Perm. polytech. Inst, 1988. - 149 p.
16. Motorny A.N. Modern views of the carrying capacity of driven piles (based on the results of diving and work, piles in the ground) / A.N. zb sciences. pr. - Dnipropetrovsk, 2014. - № 8. - p. 32–42.
17. Tsytovich N. A. Mechanics of soil: a short course / N. A. Tsytovich. - 4th ed., Again pererab. and add. - Moscow: Gosstroyizdat, 1963. - 636 p.
18. Experience of erection of structures using the “wall in soil” method / A. L. Filakhtov, G. K. Lubenets, N. V. Pisancko, M. G. Yankulin. - Kiev: Budivelnik, 1981. - 234 p.
19. Korn GK Handbook of mathematics for scientists and engineers. Definitions, theorems. formulas / G. K. Korn, T. K. Korn; per. from the 2nd Amer. reclaiming ed. I. G. Aramanovich [et al.]; under total ed. I. G. Aramanovich. - Moscow: Science, 1973. - 831 p.

*Рецензент: Башев В. Ф., д-р фіз.-мат. наук, проф.*

Надійшла до редколегії: 21.11.2018 р.

УДК 004.891

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261218.25.443

## О ПРИМЕНЕНИИ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

ДУБРОВ Ю. И., *д-р техн. наук, проф.*

Кафедра материаловедения и обработки материалов, Государственное высшее учебное заведение «Приднeпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днeпро, Украина, тел. +38 (0562) 47-39-56, e-mail: mom@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-3213-4893

**Аннотация. Введение.** Актуальной задачей материаловедения является функциональное описание критериев качества материала на основании анализа влияния элементов структуры. Такая задача обусловлена сложностями в определении метрики для объекта идентификации в пространстве состояний. **Основная часть.** Рассмотрены пути решения задачи идентификации критериев качества металла с применением экспертных систем определенного класса. При этом учтены известные проблемы нелинейной динамики и их связь с гипотезой Уолфрема о неприводимых алгоритмах и теоремой Такенса о существовании функциональной связи между текущими и предшествующими результатами измерений. **Выводы.** Таким образом, показаны пути идентификации вычислительно неприводимых систем путем применения экспертной информации.

**Ключевые слова:** экспертная система; нелинейная динамика; метрика; объект идентификации; фрактальная размерность

## ПРО ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЕРТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

ДУБРОВ Ю. І., *д-р техн. наук, проф.*

Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-39-56, e-mail: mom@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-3213-4893

**Анотация. Вступ.** Актуальне завдання матеріалознавства - функціональний опис критеріїв якості матеріалу на підставі аналізу впливу елементів структури. Таке завдання зумовлене складнощами у визначенні метрики для об'єкта ідентифікації в просторі станів. **Основна частина.** Розглянуто шляхи розв'язання задачі ідентифікації критеріїв якості металу із застосуванням експертних систем певного класу. При цьому враховані відомі проблеми нелінійної динаміки та їх зв'язок із гіпотезою Уолфрема про незвідні алгоритми та теоремою Такенса про існування функціонального зв'язку між поточними і попередніми результатами вимірювань. **Висновки.** Таким чином, показано шляхи ідентифікації обчислювально незвідних систем шляхом застосування експертної інформації.

**Ключові слова:** експертна система; нелінійна динаміка; метрика; об'єкт ідентифікації; фрактальна розмірність

## ABOUT EXPERT INFORMATION

DUBROV Yu. I., *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*

Department of Materials Science, State Higher Education Establishment «Pridneprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a, Chernyshevskogo st., Dnipro 49600, Ukraine, phone. +38 (0562) 47-39-56, e-mail: mom@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-3213-4893

**Abstract. Introduction.** The actual task of materials science is a functional description of the material quality criteria based on the analysis of the influence of structure elements. This task is due to the difficulties in determining the metrics for the identification object in the state space. **Main part.** Ways of solving the problem of identifying metal quality criteria using expert systems of a certain class are considered. Thus the known problems of nonlinear dynamics and their communication with the hypothesis Wallfrem about numerical irreducible algorithms and the theorem Takens about existence of functional communication between the current and previous results of measurements are taken into account. **Conclusions.** Thus, the ways of identification of computationally irreducible systems by applying expert information are shown.

**Key words:** expert system; nonlinear dynamics; metric; object of identification; fractal dimension

**Введение.** Формализация некоторых задач материаловедения с помощью применения математических методов представляется затруднительной, а иногда и невозможной [1]. К подобным задачам может относиться задача определения качественных характеристик металла исходя

из его состава и особенностей структуры [2-4]. Предполагается, что информация о структуре материала может определяться также с помощью традиционных методов количественной металлографии по растровому изображению шлифа. Сложность структурных составляющих

металла не всегда позволяет сделать функциональное описание объекта исследования и определить метрику в пространстве его состояний [5-7].

**Основная часть.** Отметим, что большинство гипотез, встречающихся в прикладных и фундаментальных науках – это, как правило, предположения о некоторой метрике пространства состояний объекта идентификации [1]. По мере углубления анализа изучаемых металлов стала возрастать сложность их формализованного описания. К этому добавляется необходимость учета изменений их свойств с течением времени (деформации, коррозии и т. д.).

Для иллюстрации сказанного обозначим через  $F$  – замкнутую выпуклую поверхность структуры металла, все точки которой представляют фазовые координаты, отражающие состояние объекта моделирования в момент времени  $t$ . Влияние на объект неизвестных и поэтому не учтенных в модели факторов будем интерпретировать деформацией этой поверхности под воздействием некоторого изгибающего поля. Пусть за некоторое время поверхность  $F$  деформируется в пространстве переменных так, что образуется бесконечная последовательность  $F = F_1, F_2, \dots$  замкнутых выпуклых поверхностей, сходящихся к замкнутой выпуклой поверхности  $F^*$ .

Обозначим через  $\rho_n$  внутреннюю метрику поверхности  $F_n$ . По теореме А. Д. Александрова о сходимости метрик [8] последовательность метрик  $\rho_n$  сходится (даже равномерно!) к внутренней метрике поверхности  $F^*$ . Однако далеко не всегда возможно зафиксировать и аналитически описать всю бесконечную последовательность  $F_1, F_2, \dots$ . В то же время, из теоремы А. В. Погорелова об однозначной определенности выпуклых поверхностей [9] можно сделать следующий вывод.

**Теорема.** *Если изгибающее поле изменяется во времени произвольным образом, то преобразование, переводящее поверхность  $F$  в  $F^*$ , может не сохранять меру поверхности  $F$  на поверхности  $F^*$ .*

**Доказательство.** Если бы на выпуклых поверхностях  $F$  и  $F^*$  при переходе от одной поверхности к другой внутренняя мера сохранялась, то, согласно теореме Погорелова, поверхности  $F$  и  $F^*$  совпадали бы, что говорило бы об отсутствии деформации при действии изгибающего поля на поверхность  $F$ . Это противоречие доказывает теорему.

Задачи, решаемые только с помощью неприводимых алгоритмов, результаты которых невозможно предсказать, не выполнив их полностью, согласно упоминаемой гипотезе С. Уолфрема [10], естественно называть вычислительно неприводимыми. Гипотезу о вычислительной неприводимости задачи идентификации качественных характеристик материалов можно сформулировать следующим образом: разрешающую функцию, областью определения которой является множество растровых изображений шлифов материала, а областью значений – множество векторов качественных характеристик материала, можно построить лишь путем применения алгоритма полного перебора. Вполне очевидно, что, учитывая технические и организационные трудности на этом пути, на данном этапе научно-технического прогресса следует, по крайней мере, временно отказаться от попыток решения этой задачи с помощью «чисто» аналитического аппарата.

Во многих случаях весьма привлекательный (а в некоторых и единственный) способ решения задач такого рода состоит в применении экспертных систем (ЭС) [11-13], включающих алгоритмы полного перебора. Но тогда возникает вопрос: какую ЭС следует выбрать для решения задачи идентификации качественных характеристик материалов? Какая идеология построения ЭС обеспечит наиболее адекватное ее применение? От какой ЭС следует ожидать наиболее достоверных результатов идентификации?

Следует отметить, что классические ЭС, основанные на реализации правил

логического вывода, как правило, излишне громоздки и дорогостоящи. Кроме того, они требуют больших усилий для того, чтобы подготовить исходную базу знаний (БЗ).

Одним из подходов, позволяющих компенсировать невозможность полной формализации сложной задачи, являются результаты, полученные в нелинейной динамике Такенсом [14].

Основное предположение, которое делается в теории нелинейной динамики, состоит в том, что измеренные величины являются функциями состояния некоторой динамической системы

$$\mathbf{x}(t + \tau) = \mathbf{f}^{\tau}(\mathbf{x}(t)),$$

где  $\mathbf{x}(t)$  – вектор  $n$ -мерного евклидова пространства.

Другое предположение состоит в том, что измеряемая величина является функцией состояния приведенной выше динамической системы, т. е. результаты измерения  $a_i$  удовлетворяют соотношению

$$a_i = h(\mathbf{x}(t_i)).$$

Согласно теореме Такенса, почти для всех  $\tau$ ,  $h$ ,  $f$  и  $m \geq 2n + 1$  должно существовать функциональное соотношение между измерениями  $a_{i-1}, a_{i-2}, \dots, a_{i-m}$  и  $x_i$ , которому можно придать следующий вид [14]:

$$a_i = \Phi(P_n(a_{i-1}, a_{i-2}, \dots, a_{i-m})),$$

где  $P_n$  – проектор на  $n$  локальных координат, зависящих от точки  $(a_{i-1}, a_{i-2}, \dots, a_{i-m})$ . Таким образом, для многих динамических систем функция, прогнозирующая их поведение, в качестве одной из составляющих содержит функцию проецирования. В [14] показано, что требованию теоремы Такенса: проецирование + аппроксимация удовлетворяют некоторые виды нейронных сетей. Этот факт объясняет, почему при помощи нейронных сетей иногда оказываются возможны предсказания в ситуациях, безнадежных с точки зрения других методов нелинейной динамики.

Проводя параллель с приведенными выше выводами из теоремы Такенса, естественно рассмотреть в качестве инструмента для решения задачи идентификации свойств материала специализированные ЭС, принцип работы которых является идеологически близким к нейронным сетям. Одной из таких ЭС является специализированная многопараметрическая система [14].

Подобно тому, как по обучающей выборке происходит корректировка значений синапсов нейронов, на основе знаний экспертов многопараметрическая система формирует уравнения, составляющие БЗ. Для подготовки информации по формированию БЗ эксперту достаточно оценить вероятностные значения качественных характеристик материала в зависимости от входных показателей по его составу. Данные оценки формируются с учетом информации о фрактальных (дробных) размерностях структурных составляющих материала [15-17]. При этом объем данных, вводимых экспертом, фиксирован, поскольку значения входных показателей находятся в пределах заданных ограничений.

Таким образом, оценки экспертов составляют обучающую выборку фиксированного объема, на основе которой создается БЗ. Такой подход к созданию БЗ позволяет представить ее в виде уравнений, наличие которых исключает применение машины логического вывода. Тем самым пространство состояний объекта идентификации дважды «проецируется» в пространство решений задачи: один раз – неформально, посредством экспертных оценок, а второй раз – с помощью уравнений, содержащихся в БЗ.

Сравнивая многопараметрическую ЭС [14] с нейронными сетями, следует отметить ряд ее преимуществ, к которым относятся:

- четко определенный объем обучающей выборки;
- возможность оценивания уровня компетентности экспертов и неучета информации, продуцируемой некомпетентными экспертами;

- гибкость, простота и прозрачность ЭС;  
- сравнительно невысокая цена и возможность доработки программы, реализующей ЭС.

Эксперименты по определению фрактальной размерности структурных составляющих и связи этих размерностей с показателями качества материалов [18-23] и создали предпосылку для формирования соответствующего программного комплекса.

**Выводы.** Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о целесообразности применения наряду с физическими методами исследования специализированных экспертных систем. Использование подобных систем предоставит возможности для более эффективной оценки характеристик качества материалов на предварительном этапе их исследования.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пути решения задач идентификации качественных характеристик материалов на основе экспертных систем / В. И. Большаков, Ю. И. Дубров, А. Н. Ткаченко, В. А. Ткаченко // Доповіді Національної академії наук України. – 2006. – № 4. – С. 97–102.
2. Системний аналіз технології виробництва масивного металевого лиття / Вад. І. Большаков, В. І. Большаков, В. М. Волчук, Ю. І. Дубров // Вісник Національної академії наук України. – 2015. – № 9. – С. 69–73. – Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/87380>. – Проверено: 21.05.2019.
3. Большаков В. И. О прогнозировании качества целевого продукта в периодических технологиях / В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Ю. И. Дубров // Доповіді Національної Академії наук України. – 2014. – № 11. – С. 77–81. – Режим доступа: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/dnanu\\_2014\\_11\\_15](http://nbuv.gov.ua/UJRN/dnanu_2014_11_15). – Проверено: 21.05.2019.
4. Большаков В. И. О применении имитационного моделирования в материаловедении / В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Ю. И. Дубров // Металознавство та термічна обробка металів. – 2015. – № 4. – С. 26–31. – Режим доступа: <http://mtom.pgasa.dp.ua/article/view/26-31>. – Проверено: 21.05.2019.
5. Большаков В. И. Применение теоретико-информационного подхода для идентификации структуры металла / В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Ю. И. Дубров // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2014. – № 8. – С. 4–9. – Режим доступу: <http://visnyk.pgasa.dp.ua/article/view/41345/37760>. – Проверено: 21.05.2019.
6. Method of material quality estimation with usage of multifractal formalism / Volodymyr Volchuk, Ievgenii Klymenko, Sergii Kroviakov, Matija Orešković // Tehnički glasnik / Technical Journal. – 2018. – Vol. 12. – № 2. – P. 93–97. – Режим доступа: <https://hrcak.srce.hr/202359>. – Проверено: 21.05.2019.
7. Bol'shakov V. Fractals and properties of materials : monograph / V. Bol'shakov, V. Volchuk, Yu. Dubrov. – Saarbrücken : Lambert Academic Publishing, 2016. – 140 p. – Режим доступа : <https://www.lap-publishing.com/catalog/details/store/tr/book/978-3-330-01812-9/fractals-and-properties-of-materials?search=Fractals>. – Проверено: 21.05.2019.
8. Александров А. Д. Внутренняя геометрия выпуклых поверхностей / А. Д. Александров. – Москва-Ленинград : Гос. изд-во технико-теорет. лит-ры, 1948. – 388 с.
9. Погорелов А. В. Внешняя геометрия выпуклых поверхностей / А. В. Погорелов. – Москва : Наука, 1969. – 760 с.
10. Wolfram S. New Kind of Science / S. Wolfram. – Wolfram Media, Inc., 2002. – 1192 p.
11. Большаков В. И. Етапи ідентифікації багатопараметричних технологій та шляхи їх реалізації / В. І. Большаков, В. М. Волчук, Ю. І. Дубров // Вісник Національної академії наук України. – 2013. – № 8. – С. 66–72. – Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/67873>. – Проверено: 21.05.2019.
12. Дубров Ю. Пути идентификации периодических многокритериальных технологий на примере технологии производства прокатных валков : монографія / Юрий Дубров, Владимир Большаков, Владимир Волчук. – Saarbrücken : Palmarium Academic Publishing, 2015. – 236 с.
13. Формирование модели прогноза качества материала, основанной на экспертной оценке и активном эксперименте / В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Л. Н. Дейнеко, Ю. И. Дубров // Компьютерное материаловедение и обеспечение качества : матер. к 45-му Междунар. семинару по моделированию и оптимизации композитов. МОК'45, 28–29 апр. 2006 г. – Одесса : АстроПринт, 2006. – С. 146–150.
14. Дубров Ю. Вычислительно неприводимые системы и пути их идентификации : монографія / Ю. Дубров. – Saarbrücken : Palmarium Academic Publishing, 2016. – 188 с.
15. Большаков В. И. Основы организации фрактального моделирования : [монографія] / В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Ю. И. Дубров ; ГВУЗ "Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры". – Киев : Академперіодика, 2017. – 170 с.

16. Большаков В. И. Фрактальный подход при идентификации сложных систем / В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Ю. И. Дубров // Доповіді Національної академії наук України. – 2017. – № 6. – С. 46–50.
17. Bolshakov V. I. Regularization of One Conditionally III-Posed Problem of Extractive Metallurgy / V. I. Bolshakov, V. M. Volchuk, Yu. I. Dubrov // *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii*. – 2018. – Vol. 40. – № 9. – Рр. 1165–1171. – Режим доступа : <https://DOI: 10.15407/mfint.40.09.1165>. – Проверено: 21.05.2019.
18. Большаков В. И. Топологические и фрактальные инварианты структуры для оценки качества металла / В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Ю. И. Дубров // Доповіді Національної академії наук України. – 2017. – № 4. – С. 42–48. – Режим доступа : <http://dopovidi-nanu.org.ua/ru/archive/2017/4>. – Проверено: 21.05.2019.
19. Большаков В. И. Материаловедческие аспекты применения вейвлетно-мультифрактального подхода для оценки структуры и свойств малоуглеродистой низколегированной стали / В. И. Большаков, В. Н. Волчук // *Металлофизика и новейшие технологии*. – 2011. – Т. 33. – Вып. 3. – С. 347–360.
20. Волчук В. Н. К вопросу о применении теории мультифракталов для оценки механических свойств металла / В. Н. Волчук // *Металознавство та термічна обробка металів*. – 2014. – № 3. – С. 12–19. – Режим доступа: <http://mtom.pgasa.dp.ua/article/view/12-19>. – Проверено: 21.05.2019.
21. Волчук В. Н. К применению фрактального формализма при ранжировании критериев качества многопараметрических технологий / В. Н. Волчук // *Металлофизика и новейшие технологии*. – 2017. – Т. 39. – № 7. – С. 949–957. – Режим доступа: <http://mfint.imp.kiev.ua/ru/abstract/v39/i07/0949.html>. – Проверено: 21.05.2019.
22. Часткова компенсація неповноти формальної аксіоматики при ідентифікації структури металу / Вад. І. Большаков, В. І. Большаков, В. М. Волчук, Ю. І. Дубров // Вісник Національної академії наук України. – 2014. – № 12. – С. 45–48. – Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/73434>. – Перевірено: 21.05.2019.
23. Большаков В. И. Особенности применения мультифрактального формализма в материаловедении / В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Ю. И. Дубров // Доповіді Національної академії наук України. – 2008. – № 11. – С. 99–107. – Режим доступа: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/6255>. – Проверено: 21.05.2019.

## REFERENCES

1. Bolshakov V.I., Dubrov Yu.I., Tkachenko A.N. and Tkachenko B.A. *Puti reshenia zadach identifikatsii kachestvennykh karakteristik materialov na osnove ekspertnykh sistem* [Ways of solving problems of identification of the qualitative characteristics of materials on the basis of expert systems]. *Dopovidi NAN Ukraini* [Reports National Academy of Sciences of Ukraine]. 2006, no. 4, pp. 97 (in Russian).
2. Bol'shakov Vad.I., Bol'shakov V.I., Volchuk V.N. and Dubrov Yu.I. *Systemnyy analiz tekhnolohiyi vyrobnystva masyvnoho metalevoho lyttya* [System analysis techniques of producing solid metal castings]. *Visnyk Natsional'noyi akademiyi nauk Ukrayiny* [Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine]. 2015, no. 9, pp. 69–73. (in Ukrainian).
3. Bolshakov V.I., Volchuk V.N. and Dubrov Yu.I. *O prognozirovanii kachestva tselevogo produkta v periodicheskikh tekhnologiyakh* [Predicting the quality of a desired product in periodic technologies]. *Dopovidi Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy* [Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine]. 2014, no. 11, pp. 77–81. (in Russian).
4. Bolshakov V.I., Volchuk V.N. and Dubrov Yu.I. *O primenenii imitatsionnogo modelirovaniya v materialovedenii* [The application simulated modelling in materials science]. *Metalloznastvo ta termichna obrobka metaliv* [Metall Science and Heat Treatment of Metals]. 2015, no. 4, pp. 26–31. (in Russian).
5. Bolshakov V.I., Volchuk V.M. and Dubrov Yu.I. *Primeneniye teoretiko-informatsionnogo podkhoda dlya identifikatsii struktury metalla* [The use of information-theoretic approach to identify the structure of the metal]. *Visnyk Prydniprovskoyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2014, no. 8, pp. 4–9. (in Russian).
6. Volchuk V., Klymenko I., Kroviakov S., Orešković M. Method of material quality estimation with usage of multifractal formalism. *Tehnički glasnik - Technical Journal*. 2018, vol. 12, no. 2, pp. 93–97.
7. Bol'shakov V., Volchuk V. and Dubrov Yu. *Fractals and properties of materials*. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2016, 140 p.
8. Aleksandrov A.D. *Vnutrennyaya geometriya vypuklykh poverkhnostey* [Internal geometry of convex surfaces]. Moskva: Gostekhizdat, 1948, 387 p. (in Russian).
9. Pogorelov A.V. *Vneshnyaya geometriya vypuklykh poverkhnostey* [External geometry of convex surfaces]. Moskva : Nauka, 1969, 760 p. (in Russian).
10. Wolfram S.A. *New Kind of Science*. Wolfram Media, Inc., 2002. 1192 p.
11. Bol'shakov V.I., Volchuk V.N., Dubrov Yu.I. *Etapy identyfikatsiyi bahatoparametrychnykh tekhnolohiy ta shlyakhy yikh realizatsiyi* [Stages multiparameter identification technologies and ways of their implementation]. *Visnyk Natsional'noyi akademiyi nauk Ukrayiny* [Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine]. Kyiv, 2013, no. 8, pp. 66–72. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/67873>. (in Ukrainian).

12. Dubrov Yu., Bolshakov V. and Volchuk V. *Puti identifikatsii periodicheskikh mnogokriterial'nykh tekhnologiy* [Road periodic identification of multi-criteria Technology]. Saarbrücken : Palmarium Academic Publishing, 2015, 236 p. Available at: <https://www.palmarium-publishing.ru/extern/listprojects>. (in Russian).
13. Bol'shakov V.I., Volchuk V.N., Dubrov Yu.I. and Deyneko L.N. *Formirovanie modeli prognoza kachestva materiala, osnovannoy na `ekspertnoj ocenke i aktivnom `eksperimente* [Formation of a model for predicting the quality of a material based on expert judgment and an active experiment]. *Komp'yuternoe materialovedenie i obespechenie kachestva : mater. k 45-mu mezhdunar. sem. po modelirovaniyu i optimizacii kompozitov* [Computer Science and Quality Assurance : mater. to the 45th Intern. Sem. on modeling and optimization of composites]. Odessa : Astro-Print, 2006, pp. 146–150. (in Russian).
14. Dubrov Yu. *Vychislitel'no neprivodimye sistemy i puti ikh identifikatsii* [Computationally irreducible systems and the ways to identify them]. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2016, 190 p. (in Russian).
15. Bolshakov V.I., Volchuk V.M. and Dubrov Yu.I. *Osnovy organizacii fraktal'nogo modelirovaniya* [Fundamentals of fractal modeling]. Kiev: Akadempriodika, 2017, 170 p. (in Russian).
16. Bolshakov V.I., Volchuk V.M. and Dubrov Yu.I. *Fraktal'nyy podkhod pri identifikatsii slozhnykh sistem* [Fractal approach to the identification of complex systems]. *Dopovidi Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy* [Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine]. Kyiv, 2017, no. 6, pp. 46-50. Available at: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.06.00> (in Russian).
17. Bolshakov V. I., Volchuk V. M. and Dubrov Yu. I. Regularization of One Conditionally Ill-Posed Problem of Extractive Metallurgy. *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii*, 2018, vol. 40, no. 9, pp. 1165–1171.
18. Bolshakov V. I., Volchuk V. M. and Dubrov Yu. I. *Topologicheskije i fraktal'nyye invarianty struktury dlya otsenki kachestva metalla* [Topological and fractal invariants of a structure to assess the quality of a metal]. *Dopovidi Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy* [Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine]. 2017, no. 4, pp. 42–48. (in Russian).
19. Bolshakov V.I. and Volchuk V.N. *Materialovedcheskiye aspekty primeneniya veyvletno-mul'tifraktal'nogo podkhoda dlya otsenki struktury i svoystv malouglerodistoy stali* [Material science aspects of the use of wavelet and multifractal approach for assessing of the structure and properties of low-carbon steel]. *Metallofizika i noveyshije tekhnologii* [Metal Physics and Advanced Technologies]. 2011, vol. 33, no. 3, pp. 347–360. (in Russian).
20. Volchuk V. N. K voprosu o primeneniі teorii mul'tifraktalov dlya otsenki mekhanicheskikh svoystv metalla [On the application of the theory of multifractals for the evaluation of the mechanical properties of a metal]. *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov* [Metall Science and Heat Treatment of Metals]. 2014, no. 3, pp. 12–19. (in Russian).
21. Volchuk V. M. *K primeneniyu fraktal'nogo formalizma pri ranzhirovaniі kriteriyev kachestva mnogoparametricheskikh tekhnologiy* [On the Application of Fractal Formalism for Ranging Criteria of Quality of Multiparametric Technologies ]. *Metallofizika i noveyshije tekhnologii* [Metal Physics and Advanced Technologies]. 2017, vol. 39, no 3, pp. 949-957. (in Russian).
22. Bol'shakov Vad. I., Bolshakov V. I., Volchuk V. N. and Dubrov Yu.I. *Chastkova kompensatsiya nepovnoty formal'noyi aksiomatyky pry identyfikatsiyi struktury metalu* [The partial compensation of incompleteness of formal axiomatics in the identification of the metal structure]. *Visnyk akademiyi nauk Ukrayiny* [Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine]. 2014, no. 12, pp. 45–48. (in Ukrainian).
23. Bolshakov V. I., Volchuk V. N. and Dubrov Yu. I. *Osobennosti primeneniya mul'tifraktal'nogo formalizma v materialovedenii* [Features of the multifractal formalism in materials]. *Dopovidi Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy* [Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine]. 2008, no. 11, pp. 99–107. (in Russian).

*Рецензент: Большаков В.І., д-р техн. наук, проф.*

Надійшла до редколегії: 20.12.2018 р.

УДК 669.112.227.32:519.21

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261218.31.444

## МУЛЬТИФРАКТАЛЬНЫЙ ПОДХОД ПРИ ОЦЕНКЕ ПЕРЛИТНОЙ СТРУКТУРЫ

ВОЛЧУК В. Н., *д-р техн. наук, проф.*

Кафедра материаловедения и обработки материалов, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (0562) 47-39-56, e-mail: volchuky@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7199-192X

**Аннотация. Введение.** Сталь с перлитной структурой характеризуется хорошими пластическими свойствами в сочетании с прочностными, поэтому имеют широкий спектр применения. Благодаря невысокому содержанию легирующих элементов они являются перспективным материалом для использования в различных отраслях промышленности и с экономической точки зрения. Для анализа структуры пластинчатого перлита различной дисперсности предлагается применить мультифрактальный анализ, который используют для описания неоднородных объектов. **Материалы и методика.** Исследовалась балловая шкала от 1 до 10 для пластинчатого перлита согласно ГОСТ 8233 путем вычисления спектра статистических размерностей. **Результаты эксперимента.** Численные значения размерностей составляющих пластинчатого перлита – цементита  $D_{100}$  и феррита  $D_{100}$  уменьшались при возрастании межпластинчатого расстояния от 0,2 мкм (балл 1) до 2 мкм и более (балл 10). **Выводы.** Размерностные оценки пластинчатого перлита различной дисперсности можно использовать наряду с его балловой оценкой при прогнозе качества металла на основании анализа его структуры.

**Ключевые слова:** структура; перлит; мультифрактал; размерность; балловая шкала; сталь

## МУЛЬТИФРАКТАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ПЕРЛІТНОЇ СТРУКТУРИ

ВОЛЧУК В. М., *д-р техн. наук, проф.*

Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-39-56, e-mail: volchuky@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7199-192X

**Анотация. Вступ.** Сталь з перлітною структурою характеризуються хорошими пластичними властивостями в поєднанні з характеристиками міцності, тому мають широкий спектр застосування. Завдяки невисокому вмісту легуючих елементів вони являють собою перспективний матеріал для використання в різних галузях промисловості і з економічної точки зору. Для аналізу структури пластинчастого перліту різної дисперсності пропонується застосувати мультифрактальний аналіз, який використовують для опису неоднорідних об'єктів. **Матеріали та методика.** Досліджувалася бальна шкала від 1 до 10 для пластинчастого перліту згідно з ГОСТ 8233 шляхом обчислення спектра статистичних розмірностей. **Результати експерименту.** Чисельні значення розмірностей складових пластинчастого перліту – цементиту  $D_{100}$  та фериту  $D_{100}$  зменшувалися при зростанні міжпластинчастої відстані від 0,2 мкм (бал 1) до 2 мкм і більше (бал 10). **Висновки.** Оцінки розмірностей пластинчастого перліту різної дисперсності можна використовувати поряд з його бальною оцінкою для прогнозу якості металу на підставі аналізу його структури.

**Ключові слова:** структура; перліт; мультифрактал; розмірність; бальна шкала; сталь

## MULTIFRACTAL APPROACH WHEN ESTIMATING A PEARLITE STRUCTURE

VOLCHUK V. N., *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*

Department of Materials Science, State Higher Educational Establishment “Pridniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture”, Chernishevskogo str., 24-a, Dnipro 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-39-56, e-mail: volchuky@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7199-192X

**Abstract. Introduction.** Steel with pearlitic structure is characterized by good plastic properties in combination with strength, therefore, have a wide range of applications. Due to the low content of alloying elements, they are a promising material for use in various industries and from an economic point of view. To analyze the structure of plate-like perlite of various dispersity, it is proposed to apply a multifractal analysis, which is used to describe inhomogeneous objects. **Materials and methods.** The scoring scale from 1 to 10 for the plate perlite according to GOST 8233 was investigated by calculating the spectrum of statistical dimensions. **Results of the experiment.** The numerical values of the dimensions of the components of lamellar perlite and cementite  $D_{100}$  and ferrite  $D_{100}$  decreased with increasing interplate distance from 0,2  $\mu\text{m}$  (point 1) to 2  $\mu\text{m}$  or more (point 10). **Conclusions.** Dimensional estimates of



lamellar perlite of various dispersity can be used along with its scoring when predicting the quality of a metal based on an analysis of its structure.

**Keywords:** *structure; perlite; multifractal; dimension; point scale; steel*

**Введение.** Разработанная Б. Мандельбротом фрактальная геометрия [1] используется для идентификации сложных объектов различной природы (см., к примеру, [2-5]).

Язык фрактальной геометрии нашел широкое применение также при оценке структуры и качества металлов [6–9 и др.]. Его применение обусловлено неполнотой формальной аксиоматики, возникающей при идентификации структуры различных масштабных уровней, что отражается на результатах прогноза критериев качества металла на основании анализа элементов его структуры [10; 11]. Для частичной компенсации неполноты формальной аксиоматики используется фрактальный подход [12].

В строительстве часто используют стали со структурой пластинчатого перлита, обеспечивающего необходимый комплекс механических свойств. Подобные структуры, в основном, оцениваются балловой

шкалой, что вносит определенную погрешность при прогнозе показателей качества сталей перлитного класса.

В работе предлагается для исследования структуры пластинчатого перлита различной дисперсности применять мультифрактальный подход, базирующийся на размерностных оценках его составляющих (феррита и цементита). Применение такого подхода обусловлено неоднородностью структуры пластинчатого перлита, что характерно для неоднородных фракталов (мультифракталов) [13; 14].

**Материалы и методики.** Исследовалась перлитная структура сталей с применением мультифрактального анализа. С этой целью рассматривалась балловая шкала № 1 пластинчатого перлита согласно ГОСТ 8233 «Сталь. Эталоны микроструктуры».

В зависимости от межпластинчатого расстояния между пластинами феррита и цементита структура пластинчатого перлита подразделяется на 10 баллов, согласно приведенной ниже таблице и рисунку 1.

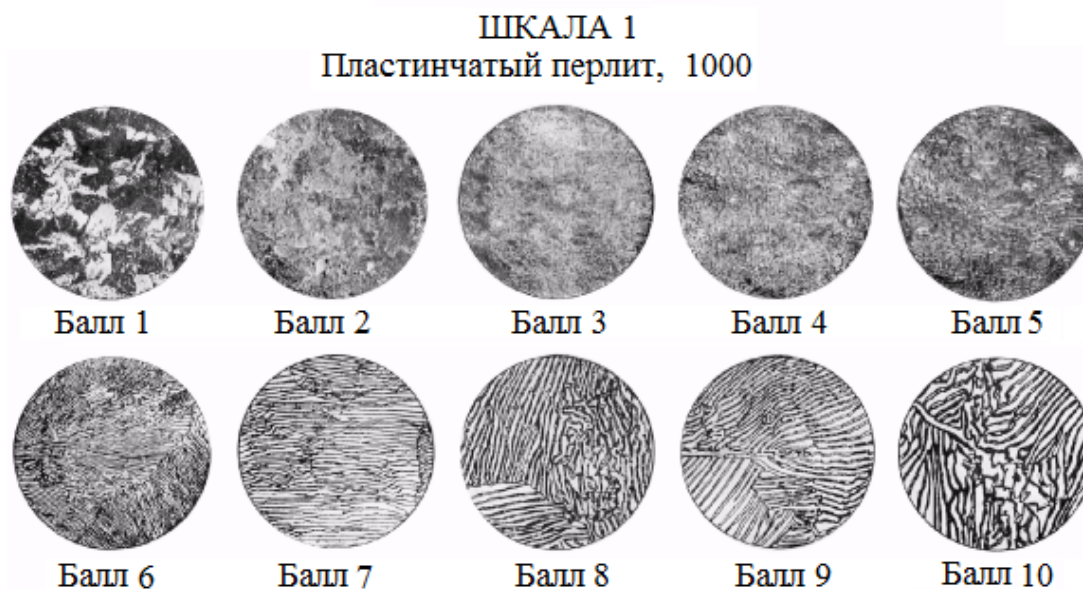


Рис. 1. Эталонная шкала 1, используемая для определения дисперсности пластинчатого перлита

Градація пластинчатого перлита

Балл	Характеристика перлита	Межпластинчатое расстояние, мк
1	Сорбитообразный	Менее 0,20
2	Скрытопластинчатый	0,30
3	Тонкопластинчатый	0,40
4	Мелкопластинчатый	0,60
5	Мелкопластинчатый	0,80
6	Среднепластинчатый	1,00
7	Среднепластинчатый	1,20
8	Крупнопластинчатый	1,60
9	Крупнопластинчатый	2,00
10	Грубoplastинчатый	Более 2,00

*Примечание.* Межпластинчатое расстояние определяется в зернах перлита наибольшей дисперсности, где пластинки цементита расположены перпендикулярно к плоскости шлифа.

При мультифрактальном анализе спектр размерностей  $D(q)$  может изменяться в зависимости от величины показателя степени  $q$ , который может принимать значения на интервале от  $-\infty$  до  $+\infty$ , и естественно, что в этом интервале могут находиться элементы спектра любого генерирующего его объекта согласно формуле Реньи [15].

$$D(q) = \frac{1}{q-1} \cdot \lim_{\delta \rightarrow \infty} \frac{\ln \sum_{i=1}^N p_i^q}{\ln \delta},$$

где  $\delta$  - ячейка, являющаяся единичным элементом квадратной сетки, которой покрывают исследуемый объект для вычисления его размерности [14],

$p_i$  - представляет собой вероятность попадания точки, находящейся на исследуемом объекте, в  $i$ -ю ячейку квадратной сетки с размером  $\delta$ ,

$$\sum_{i=1}^N p_i^q - \text{обобщенная статистическая}$$

сумма, характеризуемая показателем степени  $q$ , который может принимать любые значения в диапазоне от  $-\infty$  до  $+\infty$ .

Обозначив через  $D_0, D_1, D_2, D_\infty, D_{-\infty}$  фрактальные размерности, характеризующие соответственно:  $D_0$  - однородный фрактал при  $q = 0$

(размерность Хаусдорфа–Безиковича);  $D_1$  - информационную размерность при  $q = 1$  (информационную энтропию) характеризующую скорость роста количества информации и показывающую, как возрастает информация, необходимая для определения местоположения точки, находящейся на объекте исследования, при стремлении размера ячейки  $\delta$  к нулю;  $D_2$  - корреляционную размерность, при  $q = 2$  характеризующую вероятность нахождения в одной и той же ячейке сетки двух точек, находящихся на объекте наблюдения;  $D_\infty$  - размерность, характеризующую наиболее разреженное пространство в объекте наблюдения;  $D_{-\infty}$  - размерность, характеризующую наиболее концентрированное пространство, наблюдаемое в этом объекте.

**Результаты эксперимента.** Статистические размерности пластинчатого перлита в диапазоне от  $D_{-100}$  до  $D_{100}$  рассчитывались по приведенной выше формуле (рис. 2). Как показали результаты расчетов, численные значения размерностей  $D_{-100}$  и  $D_{100}$  уменьшались при возрастании межпластинчатого расстояния от 0,2 мкм (балл 1) до 2 мкм и более (балл 10). В данном случае размерности  $D_{-100}$  соответствуют темные элементы структуры (цементит), а размерности  $D_{100}$  - светлые элементы структуры (феррит).

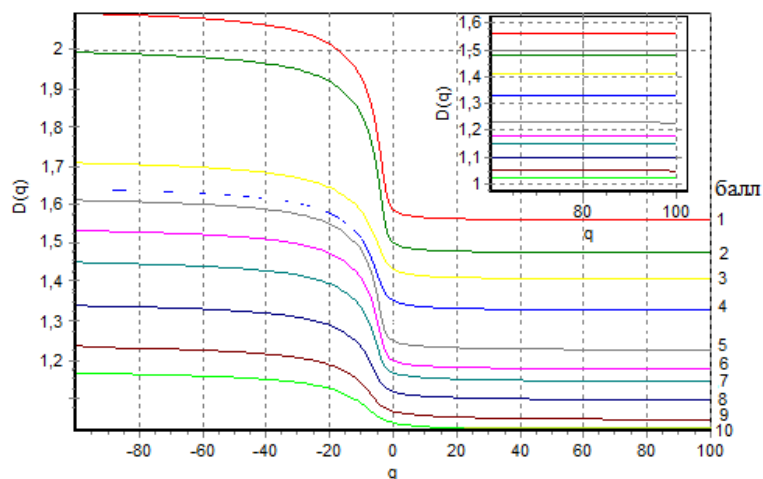


Рис. 2. Спектр обобщенных размерностей пластинчатого перлита

Гистограмма, приведенная на рисунке 3, описывает влияние дисперсности пластинчатого перлита на размерностные оценки пластин цементита и феррита.

Установленные на рисунке 3 соотношения между размерностями пластинчатого перлита и величиной балла  $n$  описываются уравнениями регрессии (1) и (2):

$$1) \text{ для цементита} \\ D_{-100} = -0,0607n + 1,5847, \quad (1) \\ R^2 = 0,97.$$

$$2) \text{ для феррита} \\ D_{100} = -0,0976n + 2,116, \quad (2) \\ R^2 = 0,95.$$

Показатели размерности пластинчатого перлита  $D_{-100}$  до  $D_{100}$  повышаются с возрастанием его дисперсности. С геометрической точки зрения, когда пластины цементита и феррита начинают разрешаться под микроскопом при заданном увеличении 1 000, их становится меньше на исследуемой единице площади, а значит, они вносят меньший вклад в значения размерностей феррита и цементита соответственно. Это влияет на уменьшение численных показателей размерностей феррита и перлита при возрастании их межпластинчатого расстояния.

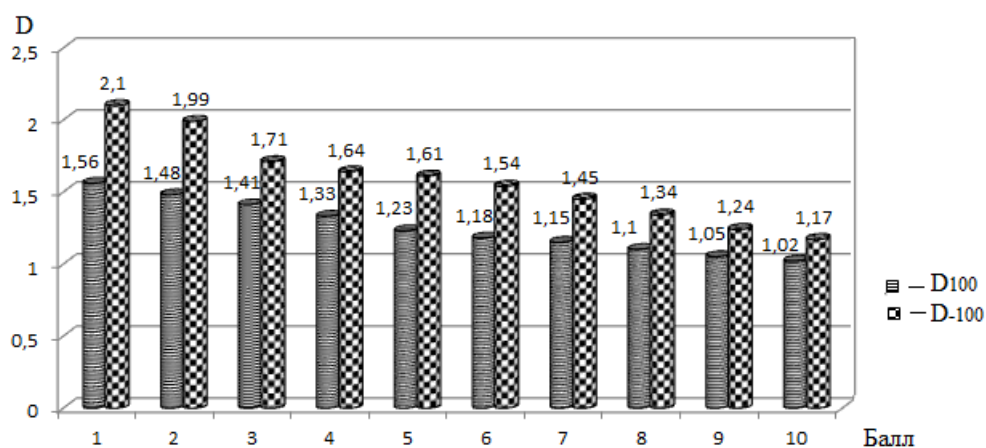


Рис. 3. Распределение балла дисперсности перлита в зависимости от статистических размерностей

Полученные результаты свидетельствуют о существовании чувствительности статистических размерностей пластинчатого перлита к изменениям его дисперсности, которая, в свою очередь, отражается на критериях качества сталей. С этих позиций раз-

мерности пластинчатого перлита можно использовать наряду с их балловой оценкой при прогнозе качества металла на основании анализа его структуры (см., к примеру [16-18]).

**Выводы.** Проведен мультифрактальный анализ структуры пластинчатого перлита в зависимости от изменения его дисперсности по балловой шкале 1 (ГОСТ 8233). Отмечается уменьшение значений статистических

размерностей пластин феррита и цементита при возрастании межпластинчатого расстояния от 0,2 мкм (балл 1) до 2 мкм и более (балл 10), что можно использовать при прогнозе качества сталей перлитного класса.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mandelbrot B. B. The Fractal Geometry of Nature : monograph / B. B. Mandelbro. – New-York, San Francisco : W. H. Freeman, 1982. – 480 p. – Режим доступа : <http://www.amazon.com/Fractal-Geometry-Nature-Benoit-Mandelbrot/dp/0716711869>. – Проверено: 30.05.2019.
2. Большаков В. И. Фрактальный подход при идентификации сложных систем / В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Ю. И. Дубров // Доповіді Національної академії наук України. – 2017. – № 6. – С. 46–50.
3. Bolshakov V. I. Regularization of One Conditionally III-Posed Problem of Extractive Metallurgy / V. I. Bolshakov, V. M. Volchuk, Yu. I. Dubrov // Metallofizika i Noveishie Tekhnologii. – 2018. – Vol. 40. – № 9. – Pp. 1165–1171. – Режим доступа: <https://DOI: 10.15407/mfint.40.09.1165>. – Проверено: 30.05.2019.
4. Большаков В. И. Топологические и фрактальные инварианты структуры для оценки качества металла / В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Ю. И. Дубров // Доповіді Національної академії наук України. – 2017. – № 4. – С. 42–48. – Режим доступа: <http://dopovidi-nanu.org.ua/ru/archive/2017/4>. – Проверено: 30.05.2019.
5. Большаков В. И. Основы организации фрактального моделирования : [монография] / В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Ю. И. Дубров ; ГВУЗ "Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры". – Киев : Академперіодика, 2017. – 170 с.
6. Волчук В. Н. К применению фрактального формализма при ранжировании критериев качества многопараметрических технологий / В. Н. Волчук // Metallofizika i noveishie tekhnologii. – 2017. – Т. 39. – № 7. – С. 949–957. – Режим доступа: <http://mfint.imp.kiev.ua/ru/abstract/v39/i07/0949.html>. – Проверено: 30.05.2019.
7. Bol'shakov V. Fractals and properties of materials : monograph / V. Bol'shakov, V. Volchuk, Yu. Dubrov. – Saarbrücken : Lambert Academic Publishing, 2016. – 140 p. – Режим доступа: <https://www.lap-publishing.com/catalog/details/store/tr/book/978-3-330-01812-9/fractals-and-properties-of-materials?search=Fractals>. – Проверено: 30.05.2019.
8. Большаков В. Пути применения теории фракталов : монография / В. Большаков, В. Волчук, Ю. Дубров. – Saarbrücken : Palmarium Academic Publishing, 2016. – 156 с. – Режим доступа: <https://www.morebooks.de/store/gb/book/%D0%9F%D1%83%D1%82%D0%B8-%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F-%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B8-%D1%84%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2/isbn/978-3-659-72264-6>. – Проверено: 30.05.2019.
9. Дубров Ю. Пути идентификации периодических многокритериальных технологий на примере технологии производства прокатных валков : монография / Юрий Дубров, Владимир Большаков, Владимир Волчук. – Saarbrücken : Palmarium Academic Publishing, 2015. – 236 с.
10. Zhuravel' I. M. Measurement of the mean grain size in a metal by using fractal dimensions / I. M. Zhuravel', L. M. Svirsk'a // Materials Science. – 2010. – Vol. 46. – Iss. 3. – Pp. 418–420.
11. Большаков В. И. Разработка и исследование метода определения механических свойств металла на основе анализа фрактальной размерности его микроструктуры / В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Ю. И. Дубров // Металознавство та термічна обробка металів. – 2004. – № 1. – С. 43–54.
12. Часткова компенсація неповноти формальної аксіоматики при ідентифікації структури металу / Вад. І. Большаков, В. І. Большаков, В. М. Волчук, Ю. І. Дубров // Вісник Національної академії наук України. – 2014. – № 12. – С. 45–48. – Режим доступу: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/73434>. – Перевірено: 30.05.2019.
13. Method of material quality estimation with usage of multifractal formalism / Volodymyr Volchuk, Ievgenii Klymenko, Sergii Kroviakov, Matija Orešković // Tehnički glasnik / Technical Journal. – 2018. – Vol. 12. – № 2. – P. 93–97. – Режим доступа: <https://hrcak.srce.hr/202359>. – Проверено: 30.05.2019.
14. Большаков В. И. Материаловедческие аспекты применения вейвлетно-мультифрактального подхода для оценки структуры и свойств малоуглеродистой низколегированной стали / В. И. Большаков, В. Н. Волчук // Metallofizika i noveishie tekhnologii. – 2011. – Т. 33. – Вып. 3. – С. 347–360.
15. Большаков В. И. Особенности применения мультифрактального формализма в материаловедении / В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Ю. И. Дубров // Доповіді Національної академії наук України. – 2008. – № 11. – С. 99–107. – Режим доступа: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/6255>. – Проверено: 30.05.2019.
16. Волчук В. Н. К вопросу о применении теории мультифракталов для оценки механических свойств металла / В. Н. Волчук // Металознавство та термічна обробка металів. – 2014. – № 3. – С. 12–19. – Режим доступа: <http://mtom.pgasa.dp.ua/article/view/12-19>. – Проверено: 30.05.2019.
17. Большаков В. И. Исследование микроструктурной однородности стали У8 с применением мультифрактального анализа / В. И. Большаков, В. Н. Волчук // Металознавство та термічна обробка металів. – 2010. – № 4. – С. 31–38.
18. Большаков В. И. Фракталы в материаловедении : учебник / В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Ю. И. Дубров. – Днепропетровск : ПГАСА, 2006. – 253 с.

## REFERENCES

1. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature. New-York. San Francisco : Freeman. 1982. 480 p.
2. Bolshakov V.I., Volchuk V.M. and Dubrov Yu.I. *Fraktal'nyy podkhod pri identifikatsii slozhnykh sistem* [Fractal approach to the identification of complex systems]. *Dopovidi Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy* [Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine]. Kyiv, 2017, no. 6, pp. 46-50. Available at: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2017.06.00> (in Russian).
3. Bolshakov V. I., Volchuk V. M. and Dubrov Yu. I. Regularization of One Conditionally Ill-Posed Problem of Extractive Metallurgy. *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii*, 2018, vol. 40, no. 9, pp. 1165–1171.
4. Bolshakov V. I., Volchuk V. M. and Dubrov Yu. I. *Topologicheskiye i fraktal'nyye invarianty struktury dlya otsenki kachestva metalla* [Topological and fractal invariants of a structure to assess the quality of a metal]. *Dopovidi Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy* [Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine]. 2017, no. 4, pp. 42–48. (in Russian).
5. Bolshakov V. I., Volchuk V. M. and Dubrov Yu. I. *Osnovy organizatsii fraktal'nogo modelirovaniya* [Fundamentals of fractal modeling]. Kiev: Akademperiodika, 2017, 170 p. (in Russian).
6. Volchuk V.M. *K primeneniyu fraktal'nogo formalizma pri ranzhirovanii kriteriyev kachestva mnogoparametricheskikh tekhnologiy* [On the Application of Fractal Formalism for Ranging Criteria of Quality of Multiparametric Technologies]. *Metallofizika i noveyskiye tekhnologii* [Metal Physics and Advanced Technologies]. 2017, vol. 39, no 3, pp. 949–957. (in Russian).
7. Bol'shakov V., Volchuk V. and Dubrov Yu. Fractals and properties of materials. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2016. 140 p. Available at: <https://www.lap-publishing.com/catalog/details/store/tr/book/978-3-330-01812-9/fractals-and-properties-of-materials?search=Fractals>
8. Bol'shakov V., Volchuk V. and Dubrov Yu. *Puti primeneniya teorii fraktalov* [Ways of applying the theory of fractals]. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2016, 146 p. Available at: <https://www.palmarium-publishing.ru/extern/listprojects>. (in Russian).
9. Dubrov Yu., Bolshakov V. and Volchuk V. *Puti identifikatsii periodicheskikh mnogokriterial'nykh tekhnologiy* [Road periodic identification of multi-criteria Technology]. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2015, 236 p. (in Russian).
10. Zhuravel' I. M. and Svirs'ka, L. M. Measurement of the mean grain size in a metal by using fractal dimensions. *Materials Science*, 2015, vol. 46, no 3, pp. 418-420.
11. Bol'shakov V.I., Volchuk V.N. and Dubrov Yu.I. *Razrabotka i issledovaniye metoda opredeleniya mekhanicheskikh svoystv metalla na osnove analiza fraktal'noy razmernosti yego mikrostruktury* [Development and study of the method for determining the mechanical properties of a metal based on an analysis of the fractal dimension of its microstructure]. *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov* [Metall Science and Heat Treatment of Metals]. 2004, no. 1, pp. 43–54. (in Russian).
12. Bol'shakov Vad.I., Bolshakov V.I., Volchuk V.N. and Dubrov Yu.I. *Chastkova kompensatsiya nepovnoty formal'noyi aksiomatyky pry identyfikatsiyi struktury metalu* [The partial compensation of incompleteness of formal axiomatics in the identification of the metal structure]. *Visnyk akademiyi nauk Ukrayiny* [Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine]. 2014, no. 12, pp. 45–48. (in Ukrainian).
13. Volchuk V., Klivenko I., Kroviakov S., Orešković M. Method of material quality estimation with usage of multifractal formalism. *Tehnički glasnik - Technical Journal*. 2018, vol. 12, no. 2, pp. 93–97. Available at: <https://doi.org/10.31803/tg-20180302115027>
14. Bolshakov V.I. and Volchuk V.N. *Materialovedcheskiye aspekty primeneniya veyvletno-mul'tifraktal'nogo podkhoda dlya otsenki struktury i svoystv malouglerodistoy stali* [Material science aspects of the use of wavelet and multifractal approach for assessing of the structure and properties of low-carbon steel]. *Metallofizika i noveyskiye tekhnologii* [Metal Physics and Advanced Technologies]. 2011, vol. 33, no. 3, pp. 347–360. (in Russian).
15. Bolshakov V. I., Volchuk V. N. and Dubrov Yu. I. *Osobennosti primeneniya mul'tifraktal'nogo formalizma v materialovedenii* [Features of the multifractal formalism in materials]. *Dopovidi Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy* [Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine]. 2008, no. 11, pp. 99–107. (in Russian).
16. Volchuk V.N. *K voprosu o primenenii teorii mul'tifraktalov dlya otsenki mekhanicheskikh svoystv metalla* [On the application of the theory of multifractals for the evaluation of the mechanical properties of a metal]. *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov* [Metall Science and Heat Treatment of Metals]. 2014, no. 3, pp. 12–19. (in Russian).
17. Bolshakov V.I. and Volchuk V.N. *Issledovaniye mikrostrukturnoy odnorodnosti stali U8 s primeneniym mul'tifraktal'nogo analiza* [Investigation of the microstructural uniformity of U8 steel with the use of multifractal analysis]. *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov* [Metall Science and Heat Treatment of Metals]. 2010, no. 4, pp. 31–38. (in Russian).
18. Bol'shakov V.I., Volchuk V.N. and Dubrov Yu.I. *Fraktaly v materialovedenii* [Fractals in materials]. Dnipropetrovsk : PSACEA, 2005, 253 p. (in Russian).

Рецензент: Дубров Ю. І., д-р техн. наук, проф.

Надійшла до редколегії: 17.11.2018 р.

УДК 624.01:699.81

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261218.37.445

## ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ДІЇ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

БЕЛІКОВ А. С.<sup>1</sup>, *д-р техн. наук, проф.*,

ШАЛОМОВ В. А.<sup>2</sup>, *канд. техн. наук, доц.*,

РАГИМОВ С. Ю.<sup>3</sup>, *канд. техн. наук, доц.*

<sup>1</sup>Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, м. Дніпро, Україна, 49005, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2</sup>Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, м. Дніпро, Україна, 49005, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov1709@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

<sup>3</sup>Кафедра організації і технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт, Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевська, 94, м. Харків, Україна, 61023, тел. +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

**Анотація.** *Ціль.* Теоретичне і практичне обґрунтування зниження горючості і підвищення захисту будівельних конструкцій при дії високих температур за рахунок застосування захисних покриттів. *Методи.* При виконанні досліджень проводився аналітичний огляд основних груп захисних засобів, які знижують горючість дерев'яних будівельних конструкцій, дана оцінка їх технічних характеристик. *Результати.* Захист будівельних конструкцій став складовою частиною проведених спеціальних заходів, спрямованих на зниження горючості і підвищення захисту конструкцій. Завдання захисту зводиться до створення «пасивної» системи локалізації дії високих температур, ліквідації або зниження небезпечних факторів високої температури. Практика застосування дерев'яних і металевих конструкцій показує, що вони не завжди відповідають вимогам безпеки і вимагають спеціальних заходів захисту від дії високих температур. В даний час застосовуються різні способи захисту: оштукатурювання і обмазка конструкцій; облицювання оздоблювальними матеріалами, плиткою, цеглою тощо; застосування різних екранів з негорючих матеріалів; просочення конструкцій антипіренами з негорючих антисептичних матеріалів; нанесення на поверхню конструкцій захисних покриттів. Для зниження небезпеки об'єктів застосовується різноманіття різних засобів і способів захисту, але не всі з них ефективні і їх застосування виправдано. Основними критеріями при виборі захисних засобів повинні бути техніко-економічні показники: ефективність захисту, не дефіцитність компонентів, невисока вартість і можливість широкого застосування, надійність і довговічність, волого- і атмосферостійкість, технологічність, естетичність, нетоксичність тощо. Аналіз існуючих захисних засобів показав, що не всі з них відповідають наведеним вимогам і не завжди можуть бути застосовані. Так, конструктивні рішення трудомісткі і вартість їх становить до 30% від вартості конструкцій, що захищаються. Просочення конструкцій розчином з антипіренів дозволяє підвищити опір дії високих температур. Однак, поряд з позитивними якостями, просочення має суттєві недоліки: застосування дорогих і вельми токсичних компонентів, значна трудомісткість виконуваних робіт і необхідність застосування спеціального технологічного устаткування і високої кваліфікації персоналу, висока енергоємність і т.д. Тому в Україні і за кордоном все більше застосування знаходять способи нанесення на поверхню конструкцій і матеріалів захисних покриттів, що їх захищають. *Наукова новизна.* Розроблено теоретичні засади та дано практичне обґрунтування ефективності застосування захисних спучуючих негорючих покриттів для зниження горючості матеріалів і підвищення стійкості будівельних конструкцій від дії високих температур. *Практична значимість.* Розроблено та апробовано в умовах виробництва нові негорючі спучуючі захисні композиції, які дозволяють перевести горючі матеріали в групу важкогорючих і підвищити стійкість будівельних конструкцій від дії високих температур.

**Ключові слова:** високотемпературний вплив; захисні склади; що спучуються; будівельні конструкції; горючість

## К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

БЕЛИКОВ А. С.<sup>1</sup>, *д-р техн. наук, проф.*,

ШАЛОМОВ В. А.<sup>2</sup>, *канд. техн. наук, доц.*,

РАГИМОВ С. Ю.<sup>3</sup>, *канд. техн. наук, доц.*

<sup>1</sup>Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, г. Днепр, Украина, 49005, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2</sup>Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднeпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, г. Днепр, Украина, 49005, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov1709@gmail.com, ORCIDID: 0000-0002-6890-932X

<sup>3</sup>Кафедра организации и технического обеспечения аварийно-спасательных работ Национальный университет гражданской защиты Украины, ул. Чернышевская, 94, Харьков, Украина, 61023, тел +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

**Аннотация. Цель.** Теоретическое и практическое обоснование снижения горючести и повышения защиты строительных конструкций при действии высоких температур за счет применения защитных покрытий. **Методы.** При выполнении исследований проводился аналитический обзор основных групп защитных средств, снижающих горючесть деревянных строительных конструкций, дана оценка их технических характеристик. **Результаты.** Защита строительных конструкций стала составной частью проводимых специальных мероприятий, направленных на снижение горючести и повышение защиты конструкций при действии высоких температур. Задача защиты сводится к созданию «пассивной» системы локализации действия высоких температур, ликвидации или снижения опасных факторов высокой температуры. Практика применения деревянных и металлических конструкций показывает, что они не всегда соответствуют требованиям безопасности и требуют специальных мер защиты от действия высоких температур. В настоящее время применяются различные способы защиты: оштукатуривание и обмазка конструкций; облицовка отделочными материалами, плиткой, кирпичом и т.п.; применение различных экранов из негорючих материалов; пропитки конструкций антипиренами из негорючих антисептических материалов; нанесение на поверхность конструкций защитных покрытий. Для снижения опасности объектов применяется многообразие различных средств и способов защиты от действия высоких температур, но не все из них эффективны и их применение оправдано. Основными критериями при выборе защитных средств должны быть технико-экономические показатели: эффективность защиты, не дефицитность компонентов, невысокая стоимость и возможность широкого применения, надежность и долговечность, влаго- и атмосферостойкость, технологичность, эстетичность, нетоксичность и т.п. Анализ существующих защитных средств показал, что не все из них соответствуют этим требованиям и не всегда могут быть применены. Так, конструктивные решения трудоемкие и стоимость их составляет до 30% от стоимости защищаемых конструкций. Пропитки конструкций раствором с антипиренами позволяет повысить сопротивление действия высоких температур. Однако, наряду с положительными качествами, пропитки имеют существенные недостатки: применение дорогих и весьма токсичных компонентов, значительная трудоемкость выполняемых работ и необходимость применения специального технологического оборудования и высокой квалификации персонала, высокая энергоемкость и т.д. Поэтому в Украине и за рубежом все большее применение находят способы нанесения на поверхность конструкций и материалов вспучивающихся защитных покрытий. **Научная новизна.** Разработаны теоретические основы и дано практическое обоснование эффективности применения защитных вспучивающихся негорючих покрытий для снижения горючести материалов и повышения стойкости строительных конструкций при действии высоких температур. **Практическая значимость.** Разработаны и опробированы в условиях производства новые негорючие вспучивающиеся защитные композиции, которые позволяют перевести горючие материалы в группу труднгорючих и повысить стойкость строительных конструкций при действии высоких температур.

**Ключевые слова:** высокотемпературное влияние; вспучивающиеся защитные составы; строительные конструкции; горючесть

## TO THE QUESTION OF IMPROVING THE SAFETY OF OPERATING CONSTRUCTION STRUCTURES UNDER HIGH TEMPERATURES

BIELIKOV A. S. <sup>1</sup>, Dr. Sc.(Tech), Prof.,

SHALOMOV V. A. <sup>2</sup>, Cand. Sc.(Tech), Assoc. Prof.,

RAGIMOV S. Yu. <sup>3</sup>, Cand. Sc.(Tech), Assoc. Prof.

<sup>1</sup>Department of Life Safety, State Higher Education Establishment «Prydneprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo st., Dnipro, 49005, Ukraine, phone +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2</sup>Department of Life Safety, State Higher Education Establishment «Prydneprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo st., Dnipro, 49600, Ukraine, phone +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov1709@gmail.com, ORCIDID: 0000-0002-6890-932X

<sup>3</sup>Department of Organization and technical support rescue operations National University of Civil Defence of Ukraine, st. Chernyshevsky 94, Kharkiv, 61023, Ukraine, phone +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

**Abstract. Purpose.** Theoretical and practical rationale for reducing flammability and improving the resistance of building structures through the use of retardant coatings. **Method.** In carrying out the research, an analytical review of the main groups of protective agents that reduce the flammability of wooden building structures was carried out; their technical characteristics were evaluated. **Results.** The task of protection is to create a «passive» system of localization of the effects of high temperatures, the elimination or reduction of dangerous factors of high temperature. The practice of using wooden and

metal structures shows that they do not always meet the requirements of fire safety and require special fire protection measures. Currently, different methods of protection are used: plastering and stretching of structures; facing decoration materials, tiles, bricks, etc.; application of different screens of non-combustible materials; Impregnation of structures with antipyrines from non-combustible antiseptic materials; application of protective coatings to the surface. To reduce the fire hazards of objects used variety of different means and methods of fire protection, but not all of them are effective and their use is justified. The main criteria for the selection of protective equipment should be technical and economic indicators: the efficiency of protection, not deficiency of components, low cost and the possibility of wide application, reliability and durability, moisture and weather resistance, technological, aesthetic, non-toxicity, etc. An analysis of existing protective equipment showed that not all of them meet the stated requirements and can not always be applied. Thus, constructive solutions are labor-intensive and their cost is up to 30% of the cost of protected designs. Impregnation of structures with a solution of flame retardants can increase the resistance to fire at the stage of fire, and in the fire cell. However, along with the positive qualities, impregnation has significant disadvantages: the use of expensive and very toxic components, the considerable complexity of the work performed and the need for special technological equipment and high qualifications of personnel, high energy consumption, etc. Therefore, in Ukraine and abroad, more and more applications are found in methods of applying to the surface of structures and materials of fire protective coatings that protect them. **Scientific novelty.** Theoretical foundations have been developed and a practical justification has been given for the effectiveness of the use of flame retardant intumescent non-flammable coatings to reduce the flammability of materials and increase the fire resistance of building structures. **Practical meaningfulness.** New non-combustible intumescent fire retardant compositions have been developed and tested in production conditions, which allow to transfer combustible materials to the group of slow-burning and to increase the fire resistance of building structures.

**Keywords:** *high temperature impact; expanding protective structures; building constructions; combustibility*

**Постановка проблеми.** Одним з основних критеріїв безпеки людей при виникненні екстремальної ситуації є виключення факторів, що призводять до горіння і розповсюдження вогню по конструкціях, прогріванню конструкцій до критичних температур і їх обвалення. Захист будівельних конструкцій став складовою частиною проведених спеціальних заходів, спрямованих на зниження горючості і підвищення захисту конструкцій від дії високих температур. Завдання захисту зводиться до створення «пасивної» системи локалізації дії високих температур, ліквідації або зниження небезпечних факторів високої температури [1].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Практика застосування дерев'яних і металевих конструкцій показує, що вони не завжди відповідають вимогам безпеки від дії високих температур і вимагають спеціальних заходів захисту.

**Метою статті** є зниження небезпеки від дії високих температур дерев'яних конструкцій за рахунок переведення їх в групу важкогорючих матеріалів. Це досягається створенням на поверхні конструкцій теплоізоляційних перешкод (екранів), які дозволяють уповільнити прогрівання, що перешкоджає термічному розкладанню матеріалу, займанню, горінню, поширенню полум'я [2].

В даний час застосовуються різні способи захисту: оштукатурювання і обмазка

конструкцій; облицювання оздоблювальними матеріалами, плиткою, цеглою тощо; застосування різних екранів з негорючих матеріалів; просочення конструкцій антипіренами з негорючих антисептичних матеріалів; нанесення на поверхню конструкцій захисних покриттів.

Для зниження небезпеки об'єктів від дії високих температур застосовується різноманіття різних засобів і способів захисту, але не всі з них ефективні і їх застосування виправдано. Основними критеріями при виборі захисних засобів повинні бути техніко-економічні показники: ефективність захисту, не дефіцитність компонентів, невисока вартість і можливість широкого застосування, надійність і довговічність, волого- і атмосферостійкість, технологічність, естетичність, нетоксичність тощо [3].

**Виклад матеріалу.** Аналіз існуючих захисних засобів показав, що не всі з них відповідають наведеним вимогам і не завжди можуть бути застосовані [4].

Так, конструктивні рішення трудомісткі і вартість їх становить до 30% від вартості конструкцій, що захищаються [5].

Просочення конструкцій розчином з антипіренів дозволяє підвищити опір дії високих температур. Однак, поряд з позитивними якостями, просочення має суттєві недоліки: застосування дорогих і вельми токсичних компонентів, значна трудомісткість викону-



ваних робіт і необхідність застосування спеціального технологічного устаткування і високої кваліфікації персоналу, висока енергоємність і т.д. Тому в Україні і за кордоном все більше застосування знаходять способи нанесення на поверхню конструкцій і матеріалів захисних покриттів, що їх захищають від дії високих температур.

Залежно від функціонального призначення і механізму захисної дії вони поділяються на [1]: захисні обмазки товщиною захисного покриття 10 ... 70 мм; захисні фарби товщиною покриття від 1 до 10 мм; декоративні захисні покриття, що утворюють захисну плівку до 1 мм; спучуючі покриття, що змінюють товщину шару покриття під впливом високих температур; змішані або комбіновані покриття.

Штукатурні обмазки дозволяють перевести деревину і матеріали з деревини в важкозаймісті, однак застосування їх не завжди виправдано й можливе. Вони значно збільшують масу конструкції, погіршують дизайн і зменшують вільний об'єм, вимагають при нанесенні спеціальних додаткових витрат (улаштування сітки «рабиці», спеціального армування тощо. Крім цього, як показує практика, вони через неоднорідність і різні коефіцієнти лінійного розширення розтріскуються і відшаровуються від поверхні, яка їх оберігає. Обмазки на основі органіки мають обмежене застосування через невідповідність санітарно-гігієнічним вимогам, дорожнечі, складності технології їх приготування і нанесення в умовах будівельного майданчика. Захисні фарби одночасно виконують роль захисних плівок та декоративних покриттів. В залежності від поєднувача вони поділяються на: масляні фарби, мінеральні, силікатні, фарби на основі синтетичних полімерів, магнезіальні (хлоридні) фарби [2].

Захисні фарби, володіючи цілим рядом позитивних властивостей, мають суттєві недоліки: багато компонентів дуже дорогі, вони не здатні значно підвищити стійкість конструкцій від дії високих температур тому захисні дії їх короточасні, багато з вхідних компонентів токсичні і при високих температурах навіть пожежонебезпечні.

Останнім часом найбільш перспективними є спучуючі покриття (СП). Загальний механізм спучування описаний в роботах [1–3].

Спучуючі покриття відносяться до багатокомпонентних складів, що складаються зі сполучника, антипирена і піноутворювачів - спучуючих добавок. Захисні дії СП проявляються в значному спученні під дією високих температур і блокуванні теплопереносу до поверхні, що оберігається.

Найбільш ефективними є СП на основі аміноформальдегідних олігомерів з використанням фосфатів і поліфосфатів як газоутворювачів і антипіренів.

Захисне покриття ВПД (ГОСТ 25130-82) представляє суміш термостійких, газоутворюючих волокнистих наповнювачів у водному розчині мелаіноформальдегідної смоли ММФ-50 і карбоксиметилцелюлози.

Покриття ОФП-9 (ГОСТ 23790-79) застосовується для захисту матеріалів з деревини всередині приміщень з відносною вологістю повітря до 75%. Покриття наноситься на поверхню, що охороняється в два шари, товщина кожного шару 0,6 мм, витрата матеріалів 0,5–0,7 кг/м<sup>2</sup>. Композиція складається зі сполучника (поліметафосфата натрію), антипирена (гідрооксид алюмінію) і пігменту (залізний сурик або оксид цинку). Спучування покриття відбувається в результаті хімічної взаємодії при високій температурі метафосфат натрію з наповнювачем з виділенням великої кількості пару. Захисна здатність покриття невисока.

Прозоре захисне покриття виробництва Рубіжанського хімічного заводу «Зоря» для деревини на основі карбамідоформальдегіду, газоутворювача – карбаміду, коксоутворювача – пентаерітри та антипірену (амофос) зі співвідношенням 7,2 : 2,8. При його нанесенні 640–700 т/м<sup>2</sup> переводить деревину в I групу важкогорючих матеріалів.

У ряді країн СП випускаються на основі різних полімерів із застосуванням фосфатів і поліфосфатів тощо. У Фінляндії склад «Вінтер», у Німеччині склади типу «Піроморс», «Піро Сейф», «Унітерм», в Угорщині типу

«Флама-САФЕ», у Росії типу «Файрекс», в Україні типу «Ендотерм» та інші [2].

Так, захисне покриття, що спучується «Ендотерм» ХТ-150 (ТУ У 13481691.01-97) виробництва НВП «Спецматеріали» м. Донецьк забезпечує перевод деревини в групу важкогорючих матеріалів при товщині покриття 0,5-0,8 мм. Захисний склад «Ендотерм-150» представлений двома компонентами – розчин органічного сполучника в сольвенті (компонент 1) і суміші твердих антипиренів, добавок, що спучуються і наповнювачів (компонент 2). СП «Піро-Сейф Фламмпласт WP-2» (Німеччина) застосовується для захисту внутрішніх дерев'яних поверхонь при вологості не більше 70%. Покриття застосовується в комплекті із захисним лаком РУ-2. Покриття належить до I групи захисної ефективності, але має цілий ряд недоліків. I головним з них є невисока адгезійна міцність, яка не дозволяє його застосовувати для захисту конструкцій.

Захисне покриття «Файрекс-200» (НПА «Крілак») призначене для використання в закритих приміщеннях для захисту деревини та матеріалів на її основі від вигорання і поширення полум'я. Переводить деревину в групу важкогорючих матеріалів. Сутність захисної дії покриття зводиться до значного спучування (10–20 разів) при температурі 200 °С за рахунок виділення газоподібних продуктів.

Захисне покриття ОВК-2 (ТУ 22 355956,005-97) виробник спільне українсько-німецьке підприємство «ТВГ» (Львівська обл.) призначене для підвищення межі стійкості виробів і конструкцій із сталі і деревини від дії високих температур. Це десятикомпонентна композиція застосовується у вигляді двох паст, що змішуються перед застосуванням. Допускається застосовувати при відносній вологості до 70%. Можливе застосування з відносною вологістю вище 70% за умови нанесення на поверхню вологозахисного шару. Основними компонентами є карбамідо-формальдегідні смола і гліцерин, інші компоненти є наповнювачами і газоутворювачами при спученні.

Захисне покриття «Унітерм А-С-NIT D 38302» застосовується з поверхневим лаком

«Унітерм 38202» виробництво Німеччини. Середня витрата покриття 600 г/м<sup>2</sup> і поверхневого лаку 70 г/м<sup>2</sup> рабезпечує отримання трудногорючої деревини.

Аналіз наведених вище покриттів, які спучуються, показав, що вони дозволяють перевести деревину і матеріали на її основі в групу важкогорючих матеріалів. Однак в основному вони мають органічну основу, тому що сполучником в них використовуються полімери. Тому говорити про негорючість таких покриттів неможливо, слід мати на увазі тільки органічні покриття зниженої горючості. Це підтверджують і ряд останніх робіт ефективності захисту покриттів на основі мочевіноформальдегіда, епоксидного олігомеру і кремнійорганічного каучуку, поліуретану, ацетобутірата целюлози, хлорпарафіну і ін. [5]. Спучуючі органічні покриття мають й інші недоліки: виділення токсичних речовин при впливі високих температур, прояв схильності полімерів до циклізації і конденсації, швидке старіння з часом, наслідком чого є порушення адгезійної міцності. Крім цього композиції мають обмежений час живучості, дорожнечу і дефіцитність багатьох компонентів, вимагають особливих заходів безпеки при роботі. Все це ускладнює і робить неможливим їх приготування в умовах будівельного майданчика.

З урахуванням наведених вище недоліків більш перспективними є мінеральні спучуючі захисні покриття. Так, економічнішими в будівництві є захисні покриття з використанням в якості основного сполучника розчинного рідкого скла з різними наповнювачами і добавками, що дозволяють регулювати його захисні і технологічні властивості.

Як наповнювачі в таких композиціях використовують крейду, вапняки, різні кремнеземисті відходи, пористі наповнювачі (вермикуліт, керамзит, перліт, шлаки, золи тощо). При високих температурах в результаті взаємодії рідкого скла з оксидами і кремнеземистими наповнювачами утворюються складні жаростійкі з'єднання з високою адгезійною міцністю до матеріалів.

Аналіз роботи захисних покриттів на основі рідкого скла в умовах екстремальних ситуацій показує, що вони ефективні, обмежують граничне поширення вогню по дерев'яних конструкціях і дозволяють перевести деревину в групу важкогорючих матеріалів. Тому вдосконалення і розробка нових захисних складів на основі рідкого скла є одним з перспективних напрямків щодо зниження горючості матеріалів і підвищення стійкості конструкцій від дії високих температур.

Однак аналіз робіт [2–4] показав, що до теперішнього часу не досить вивчене питання захисної здатності покриттів із застосуванням рідкого скла. Теоретичні передумови і практичні результати не дозволяють однозначно трактувати поведінку деревини під захисним покриттям, говорити про можливі фізико-механічні, фізико-хімічні і теплотехнічні наслідки за умови впливу високих температур. Не дозволяють прогнозувати зміну конструктивних властивостей і стійкості матеріалу конструкцій, які захищаються від дії високих температур.

Недостатня вивченість захисних покриттів стримує їх широке застосування і вдосконалення. Вивчення поведінки захисного покриття і його впливу на захист конструкцій повинно включати багатофакторні дослідження взаємовпливу кожного компонента і товщини покриття від тривалості впливу високих температур.

Межа стійкості металевих будівельних конструкцій від дії високих температур залежить від наведеної товщини елементів конструкцій, схеми і величини навантаження. Для незахищених конструкцій вона невисока і складає до 0,4 год. Завдання захисту зводиться до зниження прогрівання металу, що дозволяє продовжити термін експлуатаційної працездатності конструкцій до необхідного за нормативом.

Сучасні методи захисту металевих конструкцій за видом і функціональним призначенням можна розділити на: конструктивні способи і прийоми захисту; захисне оштукатурювання і нанесення захисних покриттів; нанесення фарб, що спучуються.

Конструктивні методи захисту дозволяють забезпечити будь-яку необхідну межу

стійкості конструкцій від дії високих температур, проте їх використання не завжди виправдане. Їх застосування занадто ускладнює конструкції, порушує дизайн, знижує можливість архітектурно-планувальних рішень, значно здорожує будівництво.

Використання штукатурки, як способу підвищення стійкості від дії високих температур, обумовлено простотою приготування, можливістю механізованого ведення робіт і достатністю застосовуваних матеріалів. Однак, штукатурні роботи відрізняються високою трудомісткістю, значним навантаженням конструкцій, що ускладнює їх застосування.

Широке застосування для захисту металевих конструкцій знайшли покриття на органічній та мінеральній основі. Органічними сполучниками служать в основному термопласти і реактопласти і їх похідні: полівінілхлорид, хлоркаучук, акрилати з розчинниками, карбамідні, фуранові, епоксидні, поліефірні, алкідні й інші смоли [2].

Органічні компоненти в наведених захисних покриттях виконують в основному роль поліпшувачів адгезійної міцності. Однак ці склади мають невисоку захисну здатність і не можуть довго чинити опір впливу дії високих температур.

Більш високою ефективністю володіють спучуючі захисні покриття та фарби, які при дії високої температури здатні спучуватися зі значним збільшенням об'єму. Полімерний сполучник під впливом антипиренів-катализаторів здатний коксуватися і не горіти. Спінений кокс стійкий до озолення до температури 500-600 °С при додаванні стабілізаторів – тонкодисперсних волокнистих наповнювачів. У спучуючих органічних покриттях найбільш часто застосовуються мочевино-меламіноформальдегідні смоли і продукти конденсації діціандіаміду, сечовини, меламіну, епоксидних смол, поліуретанів, латексів на основі вінілацетату і т.д.

Спучуючі захисні покриття та фарби на органічній основі досить широко застосовуються за кордоном: «Унітерм», Pyginox (Німеччина), Parfeur (Франція), Non-fire (Фінляндія), Sebaterm (Чехія), Peromors (Сербія), Budaterm (Угорщина). Вони забезпе-

чують межу стійкості сталевих конструкцій від дії високих температур 0,75–1,5 год.

Ряд ефективних спучуючих покриттів для захисту на основі органіки розроблені у Болгарії. Так «Ново терм», що містить термо-пластичний сополімер з полівінілхлоридом, при товщині покриття 6,5 мм і витраті 9,1 кг/м<sup>2</sup> забезпечує стійкість від дії високих температур протягом 80-90 хв.

Покриття «Піро-сейф Фламмопласт СП-А2» (Німеччина) застосовується для захисту від дії високих температур сталевих балок, опор і фахверкових стрижнів з відкритими профілями у внутрішніх приміщеннях. Недоліком покриттів «Піро-сейф» є використання в якості компонентів високотоксичних речовин: бензол, диметилфталат, діоптілфталат, ксилол, толуол, фенол тощо.

З вітчизняних спучуючих покриттів для підвищення стійкості металевих конструкцій від дії високих температур широке застосування отримав захисний склад «Ендо-терм ХТ-150». Залежно від наведеної товщини металу і товщини покриття досягається межа стійкості від дії високих температур від 0,5 до 1 год.

Захисне спучуюче покриття ОВК-2 при товщині покриття 5 мм забезпечує межу стійкості від дії високих температур 55 хв. Це багатокомпонентна композиція з використанням карбамідоформальдегідних смол, добавок і наповнювачів. Найбільш широке застосування отримали спучуючі покриття типу ВПМ. В основі цих покриттів входять мелаїноформальдегідні і метілополіамідні смоли з уведенням ортофосфатів, сечовини, діациандіаміду тощо. Недоліком спучуючих захисних покриттів на органічній основі є багатокомпонентність, дефіцитність вхідних компонентів, висока вартість, небезпека роботи з ними, можливість розпаду і горіння при дії високих температур.

Тому більш широке застосування знайшли в нашій країні і за кордоном захисні спучуючі покриття на мінеральній основі з використанням різних регуляторів властивостей. В якості сполучника вельми перспективним є використання розчинного рідкого скла, яке при дії високих температур вступає в хімічну взаємодію з оксидами, кремнезе-

мом і іншими сполуками, що входять у склади, з утворенням складних термічно стійких з'єднань. Для підвищення теплоізоляційних властивостей покриття у вихідну рецептуру вводять пористі наповнювачі: перліт, вермикуліт, азбестові, каолінові, скляні та мінеральні волокна, отверджувачі, антипірени і т.д.

Ефективними є захисні покриття на основі рідкого скла із застосуванням солей ортофосфорної кислоти, які збільшують їх термостійкість. Серед них найбільше застосування отримали склади марки ОФП. Вони включають номенклатуру складів: ОФП-ММ, ОФП-МВ, ОФП-10 і ОФП-11.

Аналогічні склади на основі сполук силікатів натрію, калію і кислих солей фосфорної кислоти розроблені асоціацією «КрілаК». Так покриття «Файрекс-400» призначене для захисту металевих конструкцій від теплового впливу і підвищує межу стійкості від дії високих температур від 0,5 до 1 год в залежності від товщини шару покриття. Недоліком силікатофосфатних складів є необхідність централізованого приготування, багатоконпонентність, складність нанесення на вертикальні і горизонтальні поверхні.

**Висновки.** Проведений аналіз наведених вище захисних складів, як вітчизняних, так і закордонних показав, що досить ефективним напрямком є дослідження і розробка захисних складів з використанням рідкого скла. Порівняльна дешевизна, доступність, нетоксичність, висока адгезійна міцність рідкого скла до металу зумовлюють необхідність проведення таких робіт.

Крім цього, слід враховувати, що захисні склади з використанням органічних сполучників і наповнювачів, не в повній мірі відповідають безпеці при дії високих температур і не мають високу опірність до дії високих температур протягом тривалого часу. В результаті впливу високих температур вони виділяють гази та речовини такі, як фосфор, азот, хлор або швидко летючі речовини органіки, які небезпечні для людей. Тому покриття з органічними наповнювачами не бажано використовувати для захисту конструкцій у приміщеннях. У зв'язку з цим, необхідно в більшій мірі використовувати при

розробці захисних спучуючих покриттів мінеральні композиції, які при нагріванні не виділяють токсичних речовин. Органічні добавки бажано використовувати у невеликих кількостях, тільки в якості регуляторів спеціальних технологічних і експлуатаційних властивостей (пластичність, гідрофобність спучування тощо).

Тому розробка ефективних захисних покриттів з використанням недорогих доступних компонентів, комплексне вивчення їх властивостей і доведення до промислового виробництва має важливе державне значення.

### ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Корольченко А. Я. Средства огнезащиты : справочник / А. Я. Корольченко, О. Н. Корольченко. – Москва : Пожнаука, 2006. – 258 с.
2. Підвищення вогнестійкості дерев'яних будівельних конструкцій за рахунок зниження горючості деревини / А. С. Беліков, В. А. Шаломов, Є. М. Корж, С. Ю. Рагімов // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепр, 2017. – Вып. 98. Серия : Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве. – С. 38-45.
3. Cadorin J. F. Influence of the section and of the insulation type on the equivalent time / Cadorin J. F., Perez Jimenez C., Franssen J. M // Proceedings of the 4th International Seminar on Fire and Explosion Hazards. University of Ulster. – 2006. – P. 547–557.
4. Dou H. S. Simulation of detonation wave propagation in rectangular duct using three dimensional WENO scheme / Dou H. S., Tsai H. U., Khoo B. Ch. // Combustion & Flame. – 2012. – V. 154. – P. 644-647.
5. Roitman V. M. Fire testing of Building Materials in View of the Moisture Factor / Roitman V. M. // First European Symposium of Fire Safety Science (Abstracts). – Zurich : Zurich ETH., 2005. – P. 135–136.

### REFERENCES

1. Korolchenko A.Ya. and Korolchenko O.N. *Sredstva ognезashchity* [Means of fire protection]. Moskva: Pozhnauka, 2006, 258 p. (in Russian).
2. Belikov A.S., Shalomov V.A., Korzh E.M. and Ragimov S.Yu. *Povyishenie ognestoykosti derevyannyih stroitelnyih konstruksiy za schet snizheniya goryuchesti drevesiny* [Increase of fire resistance of wooden building structures due to reduction of flammability of wood] *Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Construction, materials science, mechanical engineering]. PDABA. Dnipro, 2017, no. 98, pp. 38-45. (in Russian).
3. Cadorin J.F., Perez Jimenez C. and Franssen J.M. *Influence of the section and of the insulation type on the equivalent time*. Proceedings of the 4th International Seminar on Fire and Explosion Hazards. University of Ulster, 2011, pp. 547–557.
4. Dou H.S., Tsai H.U. and Khoo B.Ch. *Simulation of detonation wave propagation in rectangular duct using three dimensional WENO scheme*. Comb. Flame. 2012, V. 154. pp. 644-647.
5. Roitman V.M. *Fire testing of Building Materials in View of the Moisture Factor*. First European Symposium of Fire Safety Science (Abstracts). Zurich, Zurich: ETH, 2005, pp. 135-136.

*Рецензент: Захаров Ю. И., канд. техн. наук, проф.*

Надійшла до редколегії: 22.11.2018 р.

УДК 624.075.23:531.768

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261218.45.446

## ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИВІРЕННЯ КОЛОН НА ВЕРТИКАЛЬНІСТЬ

КОВШОВ Г. М.<sup>1</sup> *д-р техн. наук, проф.*,

ПОНОМАРЬОВА О. А.<sup>2</sup> *канд. техн. наук, доц.*,

СЛУПСЬКА Ю. С.<sup>3</sup> *аспір.*

<sup>1</sup>Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій та систем, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38(0562) 47-16-29, e-mail: kovshov@mail.pgasa.dp.ua

<sup>2</sup>Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій та систем, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38(0562) 47-08-98, e-mail: pricmech@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1254-4403

<sup>3</sup>Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій та систем, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38(0562) 47-08-98, e-mail: yuliya04081993@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-7983-1602

**Анотація.** *Постановка проблеми.* Впровадження науково-технічного прогресу в сучасному будівництві - основний важіль підвищення ефективності будівельного виробництва. Його розвиток базується на принципах індустріалізації, заснованих на механізації та автоматизації основних та допоміжних процесів, а також упровадженні гнучких роботизованих систем і використанні сучасних засобів обчислювальної техніки. Одна з головних монтажних операцій будівництва – це вивірення вивірка на фундаментах і опорах різних видів технологічного обладнання та конструкцій. Особливу увагу їй приділено у разі індустріального методу монтажу, сутність якого полягає в механізованому монтажі будівель та споруд зі збірних конструкцій заводського виготовлення. Вивірювання може бути візуальним або інструментальним, що виконується з використанням лінійки, теодолітів, нівелірів тощо. Від способу вивірення залежить якість складання і трудомісткість монтажних робіт. Широке застосування отримали лазерні теодоліти, з яких більш поширені теодоліти з візуальною системою, що служать для вивірення будівельних конструкцій. Забезпечення точності установлення в проектне положення в межах допустимих відхилень по висоті, горизонтальній або вертикальній площині залежить не тільки від точності виготовлення устаткування, а й від якості виконання робіт із визначення їх просторової орієнтації. Довговічність обладнання залежить від багатьох факторів, наприклад, від точності вивірення конструкцій, темпу зносу окремих вузлів і деталей, рівня коливань у з'єднаннях і кріпильних деталях. **Висновок.** Пропонується для вивірення колон на вертикальність використовувати пристрій на основі двох одновісних акселерометричних перетворювачів. Це універсальний засіб, який скорочує час вивірення будівельних конструкцій, а також дозволяє отримати вимірювальну інформацію про просторове положення конструкцій у процесі монтажних робіт і експлуатації будівельних об'єктів.

**Ключові слова:** *вивірення будівельних конструкцій; просторове положення об'єкта; перетворювач нахилу; акселерометр; будівельно-монтажні роботи; технічні характеристики перетворювача*

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВЫВЕРКИ КОЛОН НА ВЕРТИКАЛЬНОСТЬ

КОВШОВ Г. Н.<sup>1</sup> *д-р техн. наук, проф.*,

ПОНОМАРЕВА Е. А.<sup>2</sup> *канд. техн. наук, доц.*,

СЛУПСКАЯ Ю. С.<sup>3</sup> *аспір.*

<sup>1</sup>Кафедра информационно-измерительных технологий и систем, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38(0562) 47-16-29, e-mail: kovshov@mail.pgasa.dp.ua

<sup>2</sup>Кафедра информационно-измерительных технологий и систем, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38(0562) 47-08-98, e-mail: pricmech@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1254-4403

<sup>3</sup>Кафедра информационно-измерительных технологий и систем, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38(0562) 47-08-98, e-mail: yuliya04081993@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-7983-1602

**Аннотация.** *Постановка проблемы.* Внедрение научно-технического прогресса в современном строительстве является основным рычагом повышения эффективности строительного производства. Его развитие базируется на принципах индустриализации, основанных на механизации и автоматизации основных и вспомогательных процессов, а также внедрении гибких роботизированных систем и использовании современных средств вычислительной техники. Одной из главных монтажных операций строительства является выверка на фундаментах и опорах различных видов технологического оборудования и конструкций. Особое внимание ей уделено при индустриальном методе монтажа, сущность которого заключается в механизированном монтаже зданий и сооружений из сборных конструкций заводского изготовления. Выверка может быть визуальной или инструментальной, которая выполняется с использованием линейки, нивелиров и

т. п. От способа выверки зависит качество сборки и трудоемкость монтажных работ. Широкое применение получили лазерные теодолиты, из них более распространены теодолиты с визуальной системой, которые служат для применения при выверке строительных конструкций. Обеспечение точности установки в проектное положение в пределах допустимых отклонений по высоте, горизонтальной или вертикальной плоскости зависит не только от точности изготовления оборудования, но также от качества выполнения работ по определению их пространственной ориентации. Долговечность оборудования зависит от многих факторов, например, от точности выверки конструкций, темпа износа отдельных узлов и деталей, уровня колебаний в соединениях и крепежных деталях. **Вывод.** Предлагается для выверки колонн на вертикальность использовать устройство на основе двух одноосных акселерометрических преобразователей. Предлагаемое устройство является универсальным средством, которое способствует сокращению времени выверки строительных конструкций, а также позволяет получить измерительную информацию о пространственном положении конструкций в процессе монтажных работ и при эксплуатации строительных объектов.

**Ключевые слова:** выверка строительных конструкций; пространственное положение объекта; преобразователь наклона; акселерометр; строительно-монтажные работы; технические характеристики преобразователя

## DEVICE OF INSTALATION OF COLUMNS ON VERTICAL

KOVSHOV G. M.<sup>1</sup> *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*

PONOMARYOVA E. A.<sup>2</sup> *Cand.Sc. (Tech.), Ass. Prof.*

SLUPSKA Yu. S.<sup>3</sup> *Post graduate student*

<sup>1</sup>Department of Informatively-measuring technologies and systems, State Higher Education Establishment «Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, phone. +38(0562) 47-16-29, e-mail: kovshov@mail.pgasa.dp.ua

<sup>2</sup>Department of Informatively-measuring technologies and systems, State Higher Education Establishment «Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo st., Dnipro 49600, Ukraine, phone. +38(0562) 47-08-98, e-mail: pricmech@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1254-4403

<sup>3</sup>Department of Informatively-measuring technologies and systems, State Higher Education Establishment «Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38(0562) 47-08-98, e-mail: yuliya04081993@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-7983-1602

**Abstract. Problem statement.** The introduction of scientific and technological progress in modern construction is a major lever for increasing the efficiency of construction production. Its development is based on the principles of industrialization, which is based on the mechanization and automation of the main and auxiliary processes, as well as the introduction of flexible robotic systems and the use of modern computer systems. One of the main installations of the working equipment is the exhibition of verticality on the foundations and supports of various types of technological equipment and constructions. Particular attention is devoted to it with the industrial method of installation, the essence of which is the mechanized installation of buildings and structures from prefabricated structures of factory production. The exhibition can be visual or instrumental, which is executed using the ruler, theodolites, levelers, etc. The quality of the assembly and the laboriousness of the installation work depend on the method of exhibition. Laser theodolites have been widely used, of which theodolites with the visual system are more common, which are used for application in exhibition of building structures. Ensuring the accuracy of the installation in the project position within the limits of permissible deviations in height, horizontal or vertical plane depends not only on the accuracy of the equipment, but also on the quality of work to determine their spatial orientation. The durability of equipment depends on many factors, for example, on the accuracy of exhibition of the structures, the rate of wear of individual units and parts, the level of oscillations in the joints and fasteners. **Purpose.** To solve the technical problem of improving the accuracy of exhibition of building structures in a vertical position, a device based on accelerometers is proposed. **Conclusion.** It is proposed to use the device on the basis of two uniaxial accelerometers for installing the column in a vertical position. The offered device is a universal means that helps to shorten the time of exhibition of building constructions, and also allows to receive measurement information about the spatial position of constructions during the process of installation works and the operation of construction objects.

**Keywords:** exhibition of building constructions; spatial position of the object; tilt sensor; accelerometer; construction and installation work; technical characteristics of the tilt sensor.

**Постановка проблеми.** Впровадження науково-технічного прогресу в сучасному будівництві - основний важіль підвищення ефективності будівельного виробництва. Його розвиток базується на принципах індустріалізації будівництва, які засновані на механізації й автоматизації основних та

допоміжних процесів, а також упровадженні гнучких роботизованих систем і використанні сучасних засобів обчислювальної техніки.

Наразі індустріальні методи будівництва відіграють велику роль у підвищенні його ефективності. Сутність цих методів полягає

в механізованому монтажі будівель та споруд зі збірних конструкцій заводського виготовлення. Впровадження нових методів монтажу, застосування ефективних матеріалів і конструкцій потребує вдосконалення та розвитку монтажних процесів, серед яких важливе місце має процес вивірення будівельних елементів.

Вивірення конструкцій, що монтуються, в основному здійснюється методами геодезичної зйомки, але достатньої продуктивності та точності такий метод не забезпечує.

Нині трудомісткість вивірювання і тимчасового закріплення будівельних конструкцій від загальної трудомісткості монтажу становить від 30 до 50 %. Спроби підвищення продуктивності праці під час вивірювання, які здійснюються різними засобами за рахунок порушення точності, супроводжуються зниженням якості монтажу. Це викликає додаткові зусилля в конструкції, які негативно впливають на міцність і стійкість споруди у цілому.

Одна з головних монтажних операцій будівництва – це вивірення вивірка на фундаментах і опорах різних видів технологічного обладнання та конструкцій. Особливу увагу їй приділено у разі індустріального методу монтажу, коли обладнання, апарати і конструкції надходять на монтаж у повністю складеному вигляді або укрупненими вузлами. Забезпечення точності установки в проектне положення в межах допустимих відхилень по висоті, горизонтальній або вертикальній площині залежить не тільки від точності виготовлення устаткування, а й від якості виконання робіт із визначення їх просторової орієнтації. Для ретельного проведення вимірювань просторової орієнтації конструкцій потрібно отримати задану геометричну точність їх установлення, яка відповідає технічним вимогам, а також проектним лінійним і кутовим розмірам. Довговічність обладнання залежить від багатьох факторів, наприклад, від точності вивірення конструкцій, темпу зносу окремих вузлів і

деталей, рівня коливань у з'єднаннях і кріпильних деталях.

Зважаючи на вищенаведене, особливу роль відіграють вимірювальні пристрої, що дозволяють із високою точністю і з мінімальними економічними витратами здійснювати вивірювання вертикальності будівельних конструкцій.

**Аналіз публікацій.** Один із найважливіших процесів монтажу будівельних конструкцій - це їх вивірювання, а також тимчасове закріплення в проектному положенні. Від способу вивірення залежить якість складання і трудомісткість монтажних робіт. Вивірення може бути візуальним або інструментальним. За достатньої точності опорних поверхонь або стиків конструкцій і торцевих підстав роблять візуальне вивірення, при цьому використовують різні вимірювальні пристрої, такі як лінійки, сталеві рулетки тощо. На разі інструментальне вивірення - найбільш універсальний вид перевірки положення змонтованих конструкцій і виконується з використанням теодолітів, нівелірів тощо. [4].

Відомі деякі способи для установлення конструкцій у вертикальне положення [3]:

1. Спосіб схилів - використовуються в основному важкі схили, які для зменшення коливань занурюють у рідину (воду або мастило). Цей спосіб застосовується для попереднього установлення, а також під час робіт із невисокою точністю.

2. Спосіб проектування похилим променем: виконується за допомогою теодоліта, який потрібно встановити у напрямку, перпендикулярному одній з площин колони, при цьому поєднати вертикальний штрих сітки теодоліта з ризкою, розташованою в нижньому перетині колони. Трубу теодоліта потрібно підняти до рівня верхньої мітки і, повільно нахиливши колону, поєднати верхню ризку з вертикальним штрихом сітки.

3. Спосіб оптичної вертикалі: застосовуються різні оптичні проектувальні прилади з рівнем або компенсатором.



4. Спосіб бічного нівелювання отримав широке застосування для виносення осі для детального розбивання, а також для установлення будівельних конструкцій у проектне положення [3].

Широке застосування отримали лазерні теодоліти, з яких більше поширені теодоліти з візуальною системою, що служать для вивірення будівельних конструкцій.

Перевірка вертикальності колон здійснюється двома теодолітами по взаємно-перпендикулярних площинах [3], які у процесі роботи розташовують під прямим кутом до цифрової і буквеної вісей будівель. Також для вивірення конструкцій у вертикальній площині використовується теодоліт із двома візирами.

У праці [2] розглянуто більш перспективний спосіб вивірення колон і панелей на вертикальність, заснований на використанні пристрою із сигнальними лампочками. Сутність його полягає в кріпленні пристрою до колони, що вивіряється. При цьому штангу розташовують паралельно осі колони і прикріплюють до неї п'ять сигнальних лампочок, з яких зелена лампочка кріпиться знизу, а чотири червоні - по бічних гранях пристрою. Якщо колона в похилому положенні, то за допомогою металевої кульки замикаються контакти і включаються дві бічні червоні лампочки. У вертикальному положенні загоряється нижня зелена лампочка. Цей спосіб вивірення колон і панелей не вимагає попередньої розмітки колони і значно скорочує витрати праці, але він надто трудомісткий і вимагає великої кількості інструментів та обладнання [2].

**Мета статті.** Для підвищення точності вивірювання будівельних конструкцій у вертикальне положення пропонується пристрій на основі акселерометрів.

**Основний матеріал.** В основі розробленого пристрою використовується двокомпонентний перетворювач кута нахилу, який складається з двох одновісних акселерометрів типу ДЛУММ-3.

Нині акселерометри знайшли застосування в будівництві, літальних

апаратах, сейсмометрії, мобільних телефонах, відеореєстраторах тощо.

Існують різноманітні види акселерометрів, які відрізняються чутливими елементами та за принципом дії. У нашій статті запропоновано мікромініатюрний датчик лінійних прискорень типу ДЛУММ-3. Він призначений для перетворення лінійних прискорень, які діють по вимірювальній осі датчика, і видачі електричного сигналу у вигляді напруги постійного струму, величина якого пропорційна лінійному прискоренню, а знак відповідає напрямку дії цього прискорення. Конструкція датчика передбачає використання властивості фізичного маятника встановлюватися у напрямку результуючих сил, які діють на нього у напрямку вимірювальної осі [1].

Датчик лінійних прискорень ДЛУММ-3 має такі технічні характеристики:

- діапазон вимірювання –  $\pm 3g$ ;
- електроживлення ( $\pm 12,6 \pm 1,26$ )В, споживаний струм до 65 мА – на підсилювач; ( $\pm 27 \pm 2,7$ )В, на задатчик, струм не більше 80 мА;
- вихідний сигнал при максимальному прискоренні –  $5 \pm 0,28$  В;
- поріг чутливості від діапазону вимірювання – 0,1%;
- час готовності - не більше 1 с;
- призначений ресурс, років – 20;
- маса - не більше 55 г;
- інтервал робочих температур – від  $-60$  °С до  $+80$  °С, гранична температура  $+100$  °С;
- стійкість до впливу лінійних (відцентрових) навантажень – до 50g;
- ударна міцність: 10 000 ударів із прискоренням 12g тривалістю імпульсу 25-50 мс (датчики тривалої дії), 5 000 ударів з прискоренням 25g та 16 ударів з прискоренням 30g тривалістю імпульсу 6-25 мс (датчики короткочасної дії);
- гарантія безвідмовної роботи датчика короткочасної дії протягом 300 годин, тривалість дії - протягом 3 000 годин на протязі 11,5 років, до числа яких входить 8,5 року безпосередньої експлуатації, а решта

часу - транспортування і зберігання на складах [1; 5].

У складі пристрою для вивірення колон на вертикальність використовуються: двокомпонентний перетворювач кута нахилу зі з'єднувальним кабелем (рис. 1) і блок вимірювання та індикації (рис. 2).

Двокомпонентний перетворювач кута нахилу складається із двох рамок 1 і 2, з'єднаних між собою підшипниками ковзання 3 і 4, які за допомогою регулювальних гвинтів 6 і 7 переміщуються у двох взаємоортогональних площинах відносно основи 5, яка з'єднується з колоною, що вивіряється, допоміжним обладнанням. У рамці 2 встановлені ортогонально-маятникові перетворювачі кута нахилу (датчики лінійних прискорень ДЛУММ-3) 10 і 11, які видають інформацію про нахил досліджуваного об'єкта. За допомогою оптичної трубки 8 і маятника вісь колони поєднується з віссю перетворювача, що встановлюється на початку колони. Живлення первинного перетворювача та передача вимірювальної інформації здійснюється через рознімання 9.

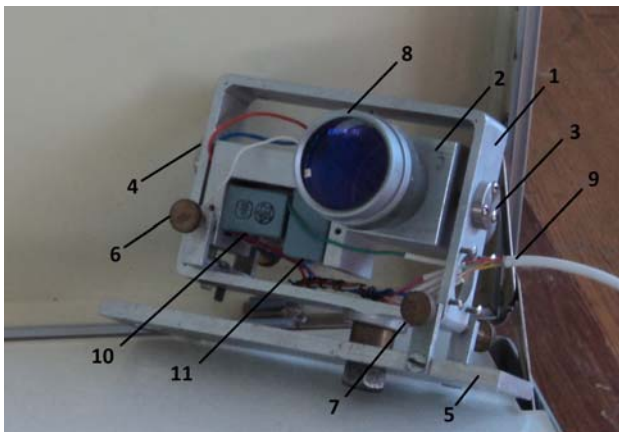


Рис. 1. Двокомпонентний перетворювач кута нахилу:

1,2 – рамка корпусу; 3,4 – підшипники ковзання; 5 – основа; 6,7 – регулювальні гвинти; 8 – оптична трубка; 9 – рознімання; 10,11 – маятникові перетворювачі кута нахилу

Блок вимірювання та індикації (рис.2) складається з корпусу 1, що являє собою переносну конструкцію, всередині якої розташований блок вимірювання та індикації. На передній панелі 2 розташовані два аналогові індикатори: стрілковий індикатор 3, світловий індикатор 4, цифрове

табло 8 і перемикач вибору датчика 9, за допомогою яких відстежується інформація про напрям відхилення досліджуваного об'єкта. Також на передній панелі 2 встановлено комутатор первинних перетворювачів кута нахилу 5 і тумблер включення живлення 6. Отримання та передача інформації сигналу з первинного перетворювача здійснюється через рознімання 7.

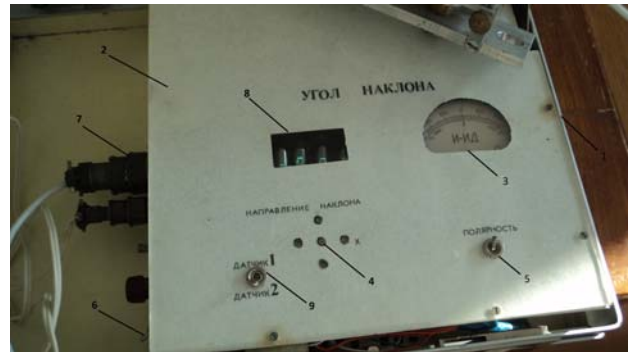


Рис. 2. Блок вимірювання та індикації:  
1 – корпус; 2 – передня панель; 3 – стрілковий індикатор; 4 – світловий індикатор напрямку; 5 – комутатор перетворювачів кута нахилу; 6 – тумблер включення живлення; 7 – рознімання; 8 – цифрове табло; 9 – перемикач вибору датчика.

Принцип роботи пристрою для вивірення колон на вертикальність полягає в такому:

1. Закріплюють за допомогою кріпильних засобів пристрій для вивірення колон на опорну площадку на відстані 1,5 м від основи підшви колони.

2. На початок колони встановлюють «маяк». За допомогою оптичної труби, «маяка» та регулювальних гвинтів (рис. 1, позиція 6 і 7) поєднують репер пристрою для вивірення колон із репером колони. Прилад готовий до використання.

3. Після установки колони на фундамент, а також після приведення її у вертикальне положення кабелем з'єднують рознімання перетворювача (рис. 1 позиція 9) з розніманням (рис. 2, позиція 7) блоку вимірювання та індикації, який підключають до мережі змінного струму напругою 220 В.

4. Вивірювання колони здійснюється за допомогою стрілкового індикатора (рис. 2, позиція 3), світлового напрямку відхилення (рис. 2, позиція 4) та комутатора

перетворювачів кута нахилу (рис. 2, позиція 5).

5. Колона вважається встановленою у проектне положення в тому випадку, коли обидва перетворювачі кута нахилу на стрілковому індикаторі видають сигнал, рівний або близький до нуля, але в межах ДБН, а на індикаторі напрямку відхилення світиться його центральна частина. В цьому випадку процес вивірення закінчено.

**Висновок.** Пропонується для вивірювання колон на вертикальність використовувати пристрій на основі двох одновісних акселерометричних перетворювачів. Запропонований пристрій - це універсальний засіб, який скорочує час вивірювання будівельних конструкцій, а також дозволяє отримати вимірювальну інформацію про просторове положення конструкцій у процесі монтажних робіт і експлуатації будівельних об'єктів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бобин А. А. Физические основы получения информации. Сенсоры в аэрокосмической технике. Информативно-методический материал / А. А. Бобин, В. Д. Горбоконеко. – Ульяновск, 2012. – 52 с. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/88252883-Ulyanovskiy-gosudarstvennyu-tehnicheskii-universitet-kafedra-izmeritelno-vychislitelnye-pribory.html>. – Проверено 22.04.2019.
2. Гольцев А. Г. Способ выверки строительных конструкций лазерным прибором в вертикальной плоскости при монтаже / А. Г. Гольцев, Т. Т. Ипалаков, Д. В. Большаков // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. – 2014. – Т. 1. – № 1. – С. 98-104. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21456753>. – Проверено 22.04.2019.
3. Инженерная геодезия : учеб. для вузов / [Е. Б. Ключин, М. И. Киселев, Д. Ш. Михелев, В. Д. Фельдман] ; под ред. Д. Ш. Михелева. – 4-е изд., испр. – Москва : Академия, 2004. – 481 с. – (Высшее специальное образование). – Режим доступа: <http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-mihelev-dsh-inzhenernaya-geodeziya-m-ic-akademiya-2004.pdf>. – Проверено 22.04.2019.
4. Технология строительного производства : учебник для инж.- строит. вузов и строит. спец. / под ред. О. О. Литвинова, Ю. И. Белякова. – Киев : Вища школа, 1985. – 479 с.
5. ДЛУММ АПЗ [Датчик линейных ускорений микроминиатюрный] // Новости ВПК. – Режим доступа : <https://vpk.name/library/f/dlumm-apz.html>. – Заглавие с экрана. – Проверено : 19.04.2019.

## REFERENCES

1. Bobin A.A., Gorbokonenko V. D. *Fizicheskie osnovy polucheniya informatsii. Sensory v aerokosmicheskoy tehnike. Informatsionno-metodicheskii material* [The physical basis of obtaining information. Sensors in aerospace engineering. Information and methodical material]. – Ulyanovsk, 2012. 52 p. (in Russian).
2. Goltsev A., Ipalakov T., Bolshakov D. *Sposob vyiverki stroitelnykh konstruktsiy lazernym priborom v vertikalnoy ploskosti pri montazhe* (The method of exhibition of building structures with a laser instrument in a vertical plane during installation). *X Mezhdunar. nauch. kongr. 'Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, marksheyderiya': sb. materialov v 2 t.* International scientific congr. "Geodesy, geoinformatics, cartography, surveying" Novosibirsk: SSGA, 2014. T.1. P.98-103. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/v/sposob-vyiverki-stroitelnykh-konstruktsiy-lazernym-priborom-v-vertikalnoy-ploskosti-pri-montazhe/> (Accessed 17 November 2019). (in Russian).
3. Klyushin E.B., Kiselev M.I., Mihelev D.Sh., Feldman V.D. *Inzhenernaya geodeziya* [The engineering geodesy]. – М.: Izdatelskiy tsentr 'Akademiya' - Moscow: Publishing Center "Academy", 2004. 480 p. (in Russian).
4. Litvinova O.O., Belyakova Yu. I. *Tehnologiya stroitel'nogo proizvodstva: Montazh stroitelnykh konstruktsiy* [Building production technology: Installation of building structures]. – Kiev: 'Vysshaya shkola', Golovnoe izd-vo, 1985. 479 p. (in Russian).
5. DLUMM APZ. Available at: <https://vpk.name/library/f/dlumm-apz.html> (in Russian).

Рецензент: Данишевський В. В., д-р техн. наук, проф.

Надійшла до редколегії: 18.11.2018 р.

УДК 519.85:697.245

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261218.51.447

## АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛООВОГО ТА ГІДРАВЛІЧНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ ДЛЯ ТРУБЧАСТИХ ГАЗОВИХ НАГРІВАЧІВ З ЗАХИСНИМ ЕКРАНОМ

ІРОДОВ В. Ф.<sup>1</sup>, *д-р техн. наук, проф.*,

ДУДКІН К. В.<sup>2</sup>, *канд. техн. наук,*

ЧОРНОМОРЕЦЬ Г. Я.<sup>3</sup>, *канд. техн. наук, доц.*,

ЛЕВКОВИЧ О. О.<sup>4</sup>, *канд. фіз-мат. наук, доц.*

<sup>1</sup>Кафедра системного аналізу та моделювання у теплогазопостачанні, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-06, e-mail: vfirodov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8772-9862

<sup>2</sup>Компанія «КВ-Автоматизація», вул. Чистяківська, 23, 03062, Київ, Україна, тел. +38 044 502 12 53, e-mail: kv-automat@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-5361-2981

<sup>3</sup>Кафедра системного аналізу та моделювання у теплогазопостачанні, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-49, e-mail: ChHYa@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-4964-5785

<sup>4</sup>Кафедра вищої математики, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 562-55-89, e-mail: levk.olga77@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2303-8661

**Анотація.** *Постановка проблеми.* Робота присвячена математичному моделюванню та розрахунку теплового і гідравлічного режиму трубчастих газових нагрівачів. Застосування таких нагрівачів у відносно низьких приміщеннях суперечить вимогам до максимально можливих теплових потоків теплового випромінювання на робочих місцях. Для зменшення теплового випромінювання від трубчастих газових нагрівачів застосовуються екрани. Але розрахунок режиму роботи таких нагрівачів ускладнюється через взаємодію теплового і гідравлічного режиму. *Аналіз останніх досліджень.* Найвні наукові результати з математичного моделювання трубчастих газових нагрівачів без додаткових екранів, які можна прийняти за основу при розробці математичних моделей і алгоритму розрахунку нагрівачів з екраном теплового випромінювання. *Мета та завдання.* Авторами поставлена мета розробити математичну модель трубчастого газового нагрівача з екраном від променевого випромінювання нагрівача. Екран повинен зменшити променеву складову теплового потоку від нагрівача та збільшити тепловіддачу конвекцією. Алгоритм повинен забезпечити розрахунок теплового та гідравлічного режиму нагрівача з урахуванням математичної моделі як гідравлічного ланцюга з розподіленими параметрами. *Висновки.* Викладена математична модель трубчастого газового нагрівача з екраном від посиленого теплового випромінювання. Розроблений алгоритм розрахунку теплового та гідравлічного режиму нагрівача з екраном. З використанням цього алгоритму виконаний приклад розрахунку теплового та гідравлічного режиму нагрівача з екраном і зроблено порівняння режиму роботи нагрівача з екраном і нагрівача без екрана. Наглядно представлені позитивні властивості трубчастого газового нагрівача з екраном для опалення у відносно низьких приміщеннях.

**Ключові слова:** *трубчасті газові нагрівачі; екран теплового випромінювання; математична модель; режим роботи; алгоритм розрахунку*

## АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ТЕПЛООВОГО И ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДЛЯ ТРУБЧАТЫХ ГАЗОВЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ С ЗАЩИТНЫМ ЭКРАНОМ

ІРОДОВ В. Ф.<sup>1</sup>, *д-р техн. наук, проф.*,

ДУДКІН К. В.<sup>2</sup>, *канд. техн. наук,*

ЧЕРНОМОРЕЦЬ Г. Я.<sup>3</sup>, *канд. техн. наук, доц.*,

ЛЕВКОВИЧ О. А.<sup>4</sup>, *канд. физ-мат. наук, доц.*

<sup>1</sup>Кафедра системного анализа и моделирования в теплогазоснабжение, Государственное высшее учебное заведение «Придніпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (056) 756-34-06, e-mail: vfirodov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8772-9862

<sup>2</sup>Компания «КВ-Автоматизация», ул. Чистяковская, 23, 03062, Киев, Украина, тел. +38 044-502-12-53, e-mail: kv-automat@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-5361-2981

<sup>3</sup>Кафедра системного анализа и моделирования в теплогазоснабжение, Государственное высшее учебное заведение «Придніпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (056) 756-33-49, e-mail: ChHYa@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-4964-5785

<sup>4</sup>Кафедра высшей математики, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (067) 562-55-89, e-mail: levk.olga77@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2303-8661

**Аннотация. Постановка проблемы.** Работа посвящена математическому моделированию и расчету теплового и гидравлического режима трубчатых газовых нагревателей. Применение таких нагревателей в относительно низких помещениях противоречит требованиям к максимально возможным тепловым потокам теплового излучения на рабочих местах. Для уменьшения теплового излучения от трубчатых газовых нагревателей применяются экраны. Но расчет режима работы таких нагревателей осложняется из-за взаимодействия теплового и гидравлического режима. **Анализ последних исследований.** Имеются научные результаты по математическому моделированию трубчатых газовых нагревателей без дополнительных экранов, которые можно принять за основу при разработке математических моделей и алгоритма расчета нагревателей с экраном теплового излучения. **Цель и задания.** Авторами поставлена цель разработать математическую модель трубчатого газового нагревателя с экраном от лучевого излучения нагревателя. Экран должен уменьшить лучевую составляющую теплового потока от нагревателя и увеличить теплоотдачу конвекцией. Алгоритм должен обеспечить расчет теплового и гидравлического режима нагревателя с учетом математической модели как гидравлической цепи с распределенными параметрами. **Выводы.** Изложена математическая модель трубчатого газового нагревателя с экраном от усиленного теплового излучения. Разработанный алгоритм расчета теплового и гидравлического режима нагревателя с экраном. С использованием этого алгоритма выполнен пример расчета теплового и гидравлического режима нагревателя с экраном и сделано сравнение режима работы нагревателя с экраном и нагревателя без экрана. Наглядно представлены положительные свойства трубчатого газового нагревателя с экраном для отопления в относительно низких помещениях.

**Ключевые слова:** *трубчатые газовые нагреватели; экран теплового излучения; математическая модель; режим работы; алгоритм расчета*

## ALGORITHM FOR CALCULATION OF HEAT AND HYDRAULIC OPERATING MODES FOR TUBE GAS HEATERS WITH PROTECTIVE SCREEN

IRODOV V. F.<sup>1</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

DUDKIN K. V. *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,

CHORNOMORETS H. Ya.<sup>3</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,

LEVKOVYCH O. O.<sup>4</sup>, *Cand. Sc. (Phys.and mat.), Ass. Prof.*

<sup>1</sup>Department of System Analysis and Modeling in Heat and Gas Supply, State Higher Education Establishment «Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo st., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38 (056) 756-34-06, e-mail: vfirodov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8772-9862

<sup>2</sup>Company «KV-Automation», 23, Chystiakivska St., 03062, Kyiv, Ukraine, phone +38 044 502 12 53, e-mail: kv-automat@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-5361-2981

<sup>3</sup>Department of System Analysis and Modeling in Heat and Gas Supply, State Higher Education Establishment «Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo st., Dnipro 0-0003-4964-5785

<sup>4</sup>Department of Higher Mathematics, State Higher Education Establishment «Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo st., Dnipro 49600, Ukraine, phone. +38 (067) 562-55-89, e-mail: levk.olga77@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2303-8661

**Abstract. Problem formulation.** The work is devoted to the mathematical modeling and calculation of the thermal and hydraulic regime of tube gas heaters. The use of such heaters in relatively low spaces is contrary to the requirements. Screens are used to reduce heat radiation from tube gas heaters. But the interaction of thermal and hydraulic regimes is complicated due to the calculation of the operation of such heaters. **Recently research analysis.** There are scientific results in the mathematical modeling of tube gas heaters without additional screens. This results can be taken as a basis for the development of mathematical models and algorithms for calculating heaters with a thermal radiation screen. **Purpose.** The authors set the goal to develop a mathematical model of a tube gas heater with a screen from radiation of the heater. The screen should reduce the radiant component of the heat flow from the heater and increase the heat output by convection. The algorithm should provide calculation of the thermal and hydraulic mode of the heater, taking into account the mathematical model as a hydraulic circuit with distributed parameters. **Conclusions.** The mathematical model of the tube gas heater with the screen from the enhanced thermal radiation is presented. The algorithm of calculation of thermal and hydraulic mode of the heater with the screen is developed. Using this algorithm, an example of calculating the thermal and hydraulic mode of the heater with a screen is made and a comparison of the mode of operation of the heater with a screen and a heater without a screen is made. The positive properties of a tube gas heater with a screen for heating in relatively low premises are clearly presented.

**Keywords:** *tube gas heaters; thermal radiation screen, mathematical model, operating mode, calculation algorithm*

**Постановка проблеми.** Відомі трубчасті газові нагрівачі [1, 5, 6], які використовуються в системах теплопостачання промислових і сільськогосподарських підприємств. Трубчастий газовий нагрівач складається з газового пальника з автоматикою безпеки та управління, трубчастого нагрівача, поверхня якого нагрівається продуктами згоряння газового палива з повітрям і передає тепло в опалювальний простір приміщень і вентилятора, який подає повітря на газовий пальник і забезпечує рух газоповітряної суміші всередині нагрівача з видаленням відпрацьованих продуктів зовні. Звичайно трубчасті газові нагрівачі мають екрани для відбивання теплового випромінювання і направлення його на робочі місця. Застосування таких нагрівачів у відносно низьких приміщеннях суперечить вимогам до максимально можливих теплових потоків теплового випромінювання на робочих місцях.

**Аналіз публікацій.** Трубчасті газові нагрівачі застосовуються, здебільше, для систем автономного теплопостачання виробничих приміщень, наприклад для повітряно-променевого опалення, нагрівання повітря, а також для нагріву води [2-4, 7-9]. Використання цих нагрівачів у житлових та громадських будівлях не дозволяється.

Для зменшення теплового випромінювання від трубчастих газових нагрівачів застосовуються екрани. Але розрахунок режиму роботи таких нагрівачів ускладнюється через взаємодію теплового і гідравлічного режиму.

**Мета статті.** Розробити математичну модель трубчастого газового нагрівача з екраном від променевого випромінювання нагрівача. Екран повинен зменшити променеву складову теплового потоку від нагрівача та збільшити тепловіддачу конвекцією. Алгоритм повинен забезпечити розрахунок теплового та гідравлічного режиму нагрівача з урахуванням математичної моделі як гідравлічного ланцюга з розподіленими параметрами.

**Виклад основного матеріалу.**

На рис. 1 показана схема трубчастого газового нагрівача з екраном. Умовно позначений рух повітря, який поступає в простір огорожений екраном з опалювального середовища та виходить з нього у верхній частині екранованої поверхні.

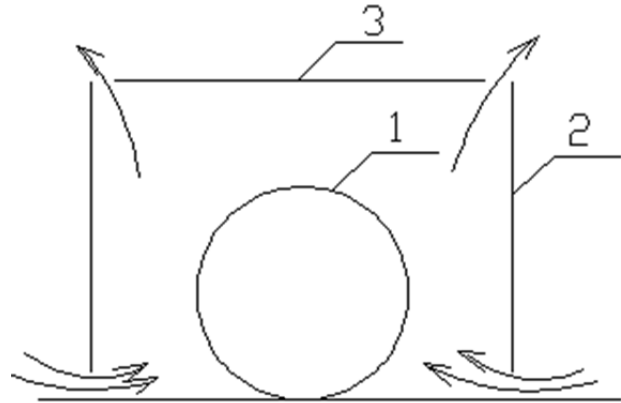


Рис. 1 Розрахункова схема трубчастого газового нагрівача з екраном /  
Scheme of a tube gas heater with a screen :  
1 – трубчастий нагрівач; 2 – боковий екран; 3 – верхній екран

Теплообмін здійснюється наступним чином. Від нагрітої газоповітряної суміші тепло передається до внутрішньої стінки трубчастої поверхні. Завдяки теплопровідності тепло передається від внутрішньої поверхні до зовнішньої поверхні труби. Від зовнішньої поверхні труби тепло передається: завдяки конвекції до повітря всередині екрану, а завдяки випромінюванню до внутрішньої поверхні екрану. Потім тепло передається завдяки теплопровідності до зовнішньої поверхні екрану, а від нього передається у опалювальний простір завдяки конвекції та випромінюванню.

Введемо такі позначення:

$dQ_I$  - загальний тепловий потік, що передається конвекцією та випромінюванням від газоповітряної суміші до внутрішньої поверхні трубчастого нагрівача;

$dQ_{IK}$  - тепловий потік, що передається конвекцією від газоповітряної суміші до внутрішньої поверхні трубчастого нагрівача;

$dQ_{II}$  - тепловий потік, що передається випромінюванням від газоповітряної суміші

до внутрішньої поверхні трубчастого нагрівача;

$dQ_2$  - загальний тепловий потік, що передається конвекцією та випромінюванням від зовнішньої поверхні трубчастого нагрівача;

$dQ_{2K}$  - тепловий потік, що передається конвекцією від зовнішньої поверхні труби у внутрішній простір екрану;

$dQ_{2П}$  - тепловий потік, що передається випромінюванням від зовнішньої поверхні труби у внутрішній простір екрану;

$dQ_3$  - тепловий потік, що передається від зовнішньої поверхні екрану у опалювальне середовище;

$dQ_{3K}$  - тепловий потік, що передається від зовнішньої поверхні екрану у опалювальне середовище завдяки конвекції;

$dQ_{3П}$  - тепловий потік, що передається від зовнішньої поверхні екрану у опалювальне середовище завдяки випромінюванню;

$T$  - температура газоповітряної суміші в середині нагрівача;  $T_w$  - температура стінки трубчастого нагрівача;  $T_e$  - температура стінки екрану;  $T_o$  - температура опалювального середовища.

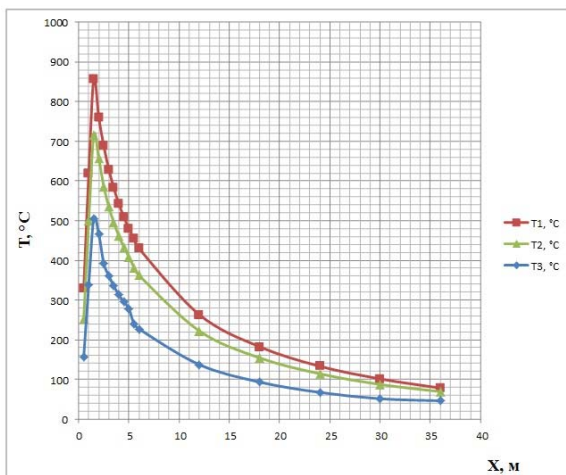


Рис. 2 Зміна температури по довжині трубчастого газового нагрівача з екраном /

Change in temperature over the length of a tube gas heater with a screen:

$T_1$  - температура газоповітряної суміші в середині нагрівача;  $T_2$  - температура поверхні стінки труби;  $T_3$  - температура екрану

Маємо такі рівняння теплообміну (1) - (10):

$$dQ_{1K} = \pi D dx \alpha_1 (T - T_w) \quad (1)$$

$$dQ_{1П} = \pi D dx c_o \varepsilon (T^4 - T_w^4) 10^{(-8)} \quad (2)$$

$$dQ_1 = dQ_{1K} + dQ_{1П} \quad (3)$$

$$dQ_{2K} = \pi D dx \alpha_1 (T_w - T_e) \quad (4)$$

$$dQ_{2П} = \pi D dx c_o \varepsilon_w (T_w^4 - T_e^4) 10^{(-8)} \quad (5)$$

$$dQ_2 = dQ_{2K} + dQ_{2П} \quad (6)$$

$$dQ_{3K} = \pi D dx \alpha_2 (T_e - T_o) \quad (7)$$

$$dQ_{3П} = \pi D dx c_o \varepsilon_e (T_e^4 - T_o^4) 10^{(-8)} \quad (8)$$

$$dQ_3 = dQ_{3K} + dQ_{3П} \quad (9)$$

$$dQ_1 = dQ_2 = dQ_3 \quad (10)$$

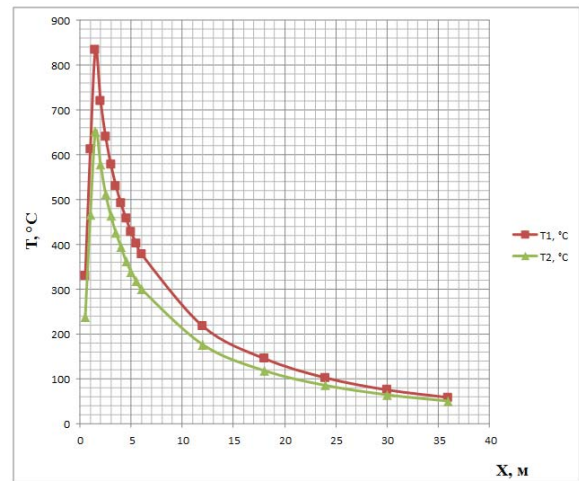


Рис. 3 Зміна температури по довжині трубчастого газового нагрівача без екрану /

Change in temperature over the length of a tube gas heater without a screen:

$T_1$  - температура газоповітряної суміші в середині нагрівача;  $T_2$  - температура поверхні стінки труби

У рівняннях математичної моделі, яка наведена вище, слід відмітити такі особливості:

- теплообмін між газоповітряною сумішшю та трубою нічим не відрізняється від аналогічного теплообміну для традиційного трубчастого нагрівача без екрану;

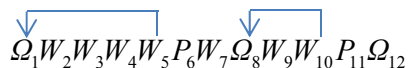
- теплообмін між трубою та простором всередині екрану складається з двох складових - конвективної та променевої. Променева - між зовнішньою поверхнею труби та внутрішньою поверхнею екрану, а конвективна - між зовнішньою поверхнею

труби і повітрям з усього опалювального приміщення завдяки проходженню цього повітря з приміщення між екранними поверхнями, як це показано на рис. 1.

- теплообмін між екранними поверхнями та опалювальним простором має також дві складові – конвективну та променеву та описується відповідними рівняннями.

Алгоритм розрахунку для нагрівача з екраном будується наступним чином.

Операторна схема алгоритму:



де:  $Q_1$  – початок;  $W_2$  – генерація можливого значення температури поверхні нагрівача  $T_w$ ;  $W_3$  – обчислення теплових потоків:  $dQ_{IK}$ ,  $dQ_{IP}$ ,  $dQ_I$ ;  $W_4$  – обчислення конвективного та променевого теплових потоків:  $dQ_{2K}$ ,  $dQ_{2P}$ ;  $W_5$  – обчислення температури поверхні екрану  $T_e$ ;  $P_6$  – досягнута необхідна точність виконання рівняння теплового балансу? Якщо «ТАК», то переходимо на  $W_7$ , якщо «НІ», то переходимо на новий крок ітерації – на  $W_2$ ;  $W_7$  – обчислення середнього по перетину каналу коефіцієнту тепловіддачі на внутрішню стінку;  $Q_8$  – початок інтегрування рівнянь руху та теплообміну для трубчастого нагрівача;  $W_9$  – розрахунок параметрів руху та теплообміну на початку розрахункової ділянки;  $W_{10}$  – розрахунок

параметрів руху та теплообміну в кінці розрахункової ділянки;  $P_{11}$  – досягнутий процес інтегрування до кінця нагрівача? Якщо «ТАК», то переходимо на кінець алгоритму  $Q_{12}$ , якщо «НІ», то переходимо на новий крок інтегрування – на  $W_9$ ;  $Q_{12}$  – кінець розрахунку.

На рис. 2 представлені результати розрахунків теплового та гідравлічного режиму трубчастого газового нагрівача з екраном.

Для порівняння зроблений розрахунок режиму роботи трубчастого газового нагрівача при тих же початкових умовах, що і для нагрівача з екраном, але вже без екрану. Результати такого розрахунку представлені на рис. 3.

**Висновок.** Наведена математична модель трубчастого газового нагрівача з екраном від посиленого теплового випромінювання. Розроблений алгоритм розрахунку теплового та гідравлічного режиму нагрівача з екраном. З використанням цього алгоритму виконаний приклад розрахунку теплового та гідравлічного режиму нагрівача з екраном і зроблено порівняння режиму роботи нагрівача з екраном і нагрівача без екрана. Проведені чисельні розрахунки підтвердили правомірність побудованого алгоритму і показали позитивні властивості трубчастого газового нагрівача з екраном для опалення у відносно низьких приміщеннях.

## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Болотских Н. Н. Энергоэффективная система инфракрасного обогрева производственных помещений с большими внутренними площадями / Н. Н. Болотских // Науковий вісник будівництва : зб. наук. пр. / Харків. нац. ун-т буд-ва та архітектури. – Харків, 2012. – Вип. 69. – С. 361–371.
2. Дудкин К. В. Математическое моделирование трубчатых газовых нагревателей для безопасного нагрева воды в объеме со свободной поверхностью / К. В. Дудкин, В. В. Ткачева, Ю. В. Бобырь // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднпр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2011. – Вип. 62 : Безопасность жизнедеятельности. – С. 166–171.
3. Иродов В. Ф. Математическое моделирование и расчет инфракрасного трубчатого газового обогревателя / В. Ф. Иродов, Л. В. Солод // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднпр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2010. – Вип. 52 : Безопасность жизнедеятельности. – Ч. 1. – С. 130–133.
4. Многоконтурные трубчатые газовые нагреватели как средства повышения безопасности воздушно-лучистого отопления / К. В. Дудкин, Ю. В. Хацкевич, Л. В. Солод, Г. Я. Черноморец // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднпр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2011. – Вип. 62 : Безопасность жизнедеятельности. – С. 161–166.



5. Пристрій для газового опалення : пат. 63793 Україна (UA) : МПК F24D 10/00 / К. В. Дудкін, В. Ф. Іродов, Г. Я. Чорноморець ; патентовласник Придніпр. держ. акад. буд-ва та архітектури. – № u201102224 ; заявл. 25.02.2011 ; опубл. 25.10.2011 ; Бюл. № 20. – 4 с.
6. Пристрій для променевого обігріву та нагрівання повітря : пат. 83403 Україна (UA) : МПК F24D 10/00 / К. В. Дудкін, В. Ф. Іродов, А. А. Чорнойван, Г. Я. Чорноморець ; патентовласники К. В. Дудкін, В. Ф. Іродов, А. А. Чорнойван, Г. Я. Чорноморець. – № u201302535 ; заявл. 28.02.2013 ; опубл. 10.09.2013 ; Бюл. № 17. – 4 с.
7. Ткачова В. В. Індуктивне моделювання трубчастого газового нагрівача та пальника на пелетах / В. В. Ткачова, Р. В. Барсук // *Строительство, материаловедение, машиностроение* : сб. науч. тр. / Приднпр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2014. – Вып. 78 : Компьютерные системы и информационные технологии в образовании, науке и управлении. – С. 275–281.
8. Чорноморець Г. Я. Математичне моделювання трубчастих газових нагрівачів, розташованих у будівельних конструкціях / Г. Я. Чорноморець, В. Ф. Іродов // *Науковий вісник будівництва* : зб. наук. пр. / Харків. нац. ун-т буд-ва та архітектури. – Харків, 2012. – Вип. 68. – С. 395–399.
9. Taler Dawid. Mathematical modeling of tube heat exchangers with complex flow arrangement / Dawid Taler, Marcin Trojan, Jan Taler // *Chemical and process engineering*. – 2011. – Vol. 32, iss. 1. – P. 7–19.

## REFERENCES

1. Bolotskikh N. N. Jenergojeffektivnaja sistema infrakrasnogo obogreva proizvodstvennyh pomeshhenij s bol'shimi vnutrennimi ploschjadjami [Energy-efficient infrared heating of production facilities with large inner area]. *Zb. «Naukovy'j visnyk budivny'ctva»* [Coll. "Scientific Bulletin construction"], 2012, issue 69, pp. 361 — 371.
2. Dudkin K.V., Tkacheva V.V. and Bobyr' Yu.V. *Matematicheskoe modelirovanie trubchatykh gazovykh nagrevatelej dlya bezopasnogo nagreva vody v ob'eme so svobodnoj poverkhnost'ju* [Mathematical modeling of tubular gas heaters for safe water heating in the free-surface volume]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Construction, Materials Science, Mechanical Engineering]. Pridnepr. gos. akad. str-va i arhitektury [Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture]. Dnepropetrovsk, 2011, iss. 62, pp. 166–170. (in Russian).
3. Irodov V.F. and Solod L.V. *Matematicheskoe modelirovanie i raschet infrakrasnogo trubchatogo gazovogo obogrevatelya* [Mathematical modeling and calculation of tube infrared gas heater]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie : Sb. nauch. trudov* [Construction, materials science, mechanical engineering : Coll. scientific. works], 2010, issue 52, pp. 130–132. (in Russian).
4. Dudkin K.V., Hatskevich Ju.V., Solod L.V. and Chernomorets G.Ja. *Mnogokonturnye trubchatye gazovye nagrevateli kak sredstva povysheniya bezopasnosti vozdušno-luchistogo otopleniya* [Multiloop tube gas heaters as a means of improving the safety radiant heating]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie : Sb. nauch. trudov* [Construction, materials science, mechanical engineering : Coll. scientific. works], 2011, issue 62, pp. 161–165.
5. Dudkin K. V., Irodov V. F. and Chornomorets H. Ya. *Prystrij dlia hazovoho opalennia : pat. 63793 Ukraina (UA), MPK F24D 10/00* [Device for gas heating : pat. 63793 Ukraine (UA), Patent National Classification F24D 10/00]. Prydnipr. akad. bud-va i arhitektury [Prydniprov's'ka Academy of Civil Engineering and Architecture]. No. 02070772, 2011. (in Ukrainian)
6. Dudkin K. V., Irodov V. F., Chornoivan A.A. and Chornomorets H. Ya. *Prystrii dlia promenevoho obihrivu ta nahrivannia povitria : pat. 83403 Ukraina (UA), MPK F24D 10/00* [Device for radiant heating and air heating : pat. 83403 Ukraine (UA), Patent National Classification F24D 10/00]. Dudkin K. V., Irodov V. F., Chornoivan A.A. and Chornomorets H. Ya. No. u201302556, 2013. (in Ukrainian)
7. Tkachova V.V. and Barsuk R.V. *Induktyvne modeliuвання trubchastoho hazovoho nahrivacha ta palnyka na pelletakh* [Inductive modeling of tubular gas heater and burner on pellets] *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie : Sb. nauch. trudov* [Construction, materials science, mechanical engineering : Coll. scientific. works], 2014, issue 78, pp. 275–281. (in Ukrainian).
8. Chornomorets H.Ya. and Irodov V.F. *Matematychnе modeliuвання trubchastykh hazovykh nahrivachiv, roztashovanykh u budivelnnykh konstruktstviakh* [Mathematical modeling tube gas heaters located in building structures]. *Naukovy'j visnyk budivnytstva : Zb. nauk. prats* [Scientific Bulletin construction: Coll. Science works], 2012, issue 68, pp. 395–399. (in Ukrainian).
9. Taler D., Trojan M. and Taler J. *Mathematical modelling of tube heat exchangers with complex flow arrangement. Chemical and Process Engineering*. Cracow, Poland, 2011, pp. 7–19. (in English).

*Рецензент: Дерев'яно В. М., д-р техн. наук, проф.*

*Надійшла до редколегії: 03.12.2018 р.*

УДК 69:[620.9+502.171]

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261218.57.448

## СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ІНШИХ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ВАРТІСТЬ БУДІВНИЦТВА ОБ'ЄКТІВ, З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ ЩОДО ЇХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ І ЕКОЛОГІЧНОСТІ

КОВАЛЬОВ В. В.<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц.

ДАНИЛОВА Т. В.<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доц.,

СПІФАНЦЕВА С. В.<sup>3</sup>, здоб.

<sup>1</sup>Кафедра основ і фундаментів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (068) 906-86-42, e-mail: kovvyach12@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6731-4192

<sup>2</sup>Кафедра планування і організації виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 454-68-88, e-mail: piop@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-0297-9473

<sup>3</sup>Кафедра планування і організації виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: piop@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-9296-8745

**Анотація.** *Постановка проблеми.* Сучасні концепції сталого розвитку і компактних міст визначають тенденції подальшого зростання поверховості будівель разом із забезпеченням енергоефективності та екологічності об'єктів будівництва. Цілком очевидно, що спорудження будівель із урахуванням вимог щодо енергоефективності та екологічності об'єктів спричинить зростання вартості будівництва. В зв'язку з цим виникає потреба в подальшому розвитку методів формування, оцінювання, аналізу, обґрунтування і вибору організаційно-технологічних рішень спорудження будівель, що забезпечують ефективне використання ресурсів та спрямовані на забезпечення енергоефективності і екологічності об'єктів, із урахуванням цінності міських територій, які дозволяють отримати раціональні значення показників ефективності проектів. *Мета статті.* Формалізація факторів, які враховують вимоги щодо енергоефективності та екологічної безпеки будівель на всіх стадіях їх життєвого циклу – проектування, будівництво, експлуатація. *Висновок.* В подальшому для вирішення завдання відбору і формалізації організаційно-технологічних та економічних факторів, які характеризують специфічні вимоги до енергоощадності і біосферної сумісності будівель при їх проектуванні, спорудженні та експлуатації і здійснюють визначальний вплив на вартість будівництва, доцільно застосувати методи експертного оцінювання.

**Ключові слова:** об'єкт будівництва; життєвий цикл; якість; енергоефективність; екологічність; вартість

## СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ДРУГИХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СТОИМОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ, С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ К ИХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ

КОВАЛЕВ В. В.<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц.,

ДАНИЛОВА Т. В.<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доц.,

ЕПИФАНЦЕВА С. В.<sup>3</sup>, соиск.

<sup>1</sup>Кафедра оснований и фундаментов, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (068) 906-86-42, e-mail: kovvyach12@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6731-4192

<sup>2</sup>Кафедра планирования и организации производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (050) 454-68-88, e-mail: piop@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-0297-9473

<sup>3</sup>Кафедра планирования и организации производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (050) 454-68-88, e-mail: piop@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-9296-8745

**Аннотация.** *Постановка проблемы.* Современные концепции устойчивого развития и компактных городов определяют тенденции дальнейшего роста этажности зданий при обеспечении энергоэффективности и экологичности объектов строительства. Совершенно очевидно, что строительство зданий с учетом требований к энергоэффективности и экологичности объектов приведет к росту стоимости строительства. В связи с этим возникает потребность в дальнейшем развитии методов формирования, оценки, анализа, обоснования и выбора организационно-технологических решений строительства зданий, обеспечивающих эффективное

использование ресурсов и направленных на обеспечение энергоэффективности и экологичности объектов, с учетом ценности городских территорий, которые позволят получить оптимальные значения показателей эффективности проектов. **Цель статьи.** Формализация факторов, учитывающих требования к энергоэффективности и экологической безопасности зданий на всех стадиях их жизненного цикла – проектирование, строительство, эксплуатация. **Вывод.** В дальнейшем для решения задачи выбора и формализации организационно-технологических и экономических факторов, характеризующих специфические требования к энергосбережению и биосферной совместимости зданий при их проектировании, сооружении и эксплуатации и осуществляют определяющее влияние на стоимость строительства, целесообразно применить методы экспертной оценки.

**Ключевые слова:** объект строительства; жизненный цикл; качество; энергоэффективность; экологичность; стоимость

## SYSTEMIZATION OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL AND OTHER FACTORS AFFECTING THE COST OF BUILDING OBJECTS, WITH THE REQUIREMENT FOR THEIR ENERGY EFFICIENCY AND ENVIRONMENTALITY

KOVALOV V. V.<sup>1</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. prof.*,  
DANYLOVA T. V.<sup>2</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. prof.*,  
YEPIFANTSEVA S. V.<sup>3</sup>, *post graduate student*

<sup>1</sup>Department of bases and foundations, State Higher Educational Establishment «Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a, Chernyshevskogo st., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38 (068) 906-86-42, e-mail: kovvyach12@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6731-4192

<sup>2</sup>Department of planning and organization of production, State Higher Educational Establishment «Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo st., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38 (050) 454-68-88, e-mail: piop@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-0297-9473

<sup>3</sup>Department of planning and organization of production, State Higher Educational Establishment «Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo st., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38 (050) 454-68-88, e-mail: piop@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-9296-8745

**Abstract. Problem statement.** Contemporary concepts of sustainable development and compact cities determine the trends of further growth of storey buildings along with ensuring energy efficiency and environmental friendliness of construction projects. It is quite obvious that the construction of buildings taking into account the requirements for energy efficiency and environmental friendliness of the objects will increase the cost of construction. In connection with this, there is a need for further development of methods for the formation, evaluation, analysis, justification and selection of organizational and technological decisions for the construction of buildings that ensure the efficient use of resources and aimed at ensuring energy efficiency and environmental friendliness of the objects, taking into account the value of urban areas, which will allow us to obtain rational values of project performance indicators. **The purpose of the article.** Formalizing factors taking into account the requirements for energy efficiency and environmental safety of buildings at all steps of their life cycle – design, construction, operation. **Conclusion.** In the future, to solve the problem of selection and formalization of organizational and technological and economic factors that characterize the specific requirements for energy saving and biosphere compatibility of buildings in their design, construction and operation and have a decisive influence on the cost of construction, it is advisable to apply methods of expert assessment.

**Keywords:** building object; life cycle; quality; energy efficiency; environmentality; cost

**Постановка проблеми.** Міста і їх функціонально-просторова організація повинні постійно змінюватись, пристосовуючись до мінливих потреб населення і зміни соціально-побутового устрою суспільства. Безперечно, багатопверхове будівництво – це актуальний сучасний напрям розвитку великих міст. Але при цьому потрібно зберегти той містобудівний спадок, що формує індивідуальний характер міста [1, 14–16].

При проектуванні та спорудженні будівель на ділянках у історичному середовищі міст потрібно зважати на те, що існуюча міська інфраструктура і простір формувалися без урахування можливості створення будівлі великої функціональної ємності. Неякісне виконання спеціалістами та забудовниками аналізу можливостей ділянки може призвести до перевантаження території та порушення сталої роботи міської інфраструктури, що вплине на життєдіяльність міста та його мешканців [5, 6].

Сучасні концепції сталого розвитку і компактних міст визначають тенденції подальшого зростання поверховості будівель разом із забезпеченням енергоефективності та екологічності об'єктів будівництва [8, 9, 10].

Цілком очевидно, що спорудження будівель із урахуванням вимог щодо енергоефективності та екологічності об'єктів спричинить зростання вартості будівництва. В зв'язку з цим виникає потреба в подальшому розвитку методів формування, оцінювання, аналізу, обґрунтування і вибору організаційно-технологічних рішень спорудження будівель, що забезпечують ефективне використання ресурсів та спрямовані на забезпечення енергоефективності і екологічності об'єктів, із урахуванням цінності міських територій, які дозволять отримати раціональні значення показників ефективності проектів.

**Аналіз публікацій.** Усі відомі методи скорочення тривалості та вартості будівництва за рахунок суміщення стадій проектування і виробництва робіт були запропоновані до появи сучасних багатоповерхових енергоефективних та біосферосумісних об'єктів [3, 13]. Виконаний аналіз застосовуваних схем реалізації інвестиційно-будівельних процесів виявив неузгодженість багатьох рішень, порушення технології та організації виробництва робіт, техніки безпеки. Складним є завдання вибору моделей прийняття та узгодження багатоітераційних організаційно-технологічних рішень за участю великої кількості фахівців і експертів. Тому потребують подальших досліджень завдання:

– виявлення, систематизація і формалізація організаційно-технологічних та економічних факторів, які характеризують специфічні вимоги до енергоощадності і біосферної сумісності будівель при їх проектуванні, спорудженні та експлуатації і здійснюють суттєвий вплив на тривалість виробництва робіт та вартість будівельної продукції;

– дослідження системного впливу визначальних організаційно-технологічних та економічних факторів на тривалість і вартість спорудження таких будівель;

– розробка методики оцінювання, обґрунтування і вибору раціональних організаційно-технологічних рішень спорудження будівель, заснованої на врахуванні цінності міських територій, при одночасному задоволенні вимог щодо енергоефективності та екологічності.

**Метою статті** є формалізація факторів, які враховують вимоги щодо енергоефективності та екологічної безпеки будівель на всіх стадіях їх життєвого циклу – проектування, будівництво, експлуатація.

**Результати досліджень.** На сьогодні при конкурсній оцінці проектів питання наявності систем забезпечення якості мікроклімату та енергоефективності будівлі і в цілому екологічності (біосферної сумісності) будівлі є визначальними. При цьому в різних літературних джерелах, при розгляді систем забезпечення якості житлового середовища, застосовують різні терміни: «системи забезпечення якості мікроклімату», «екологічна безпека житла», «енергетична ефективність будівлі», «використання альтернативних джерел енергії», «інтелектуалізація будівлі», «гармонізація будівлі з природним навколишнім середовищем» тощо [2, 12].

Термін «системи забезпечення якості мікроклімату» означає пристрої та устаткування для забезпечення санітарно-гігієнічних показників приміщень будівлі: температури, вологості, газового складу.

Термін «екологічна безпека житла» визначає систему показників, значимість яких зростає разом із зростанням наукових знань про радіаційну активність будівельних матеріалів і про їх вплив на самопочуття і здоров'я людей, про надходження радону, про аерозолі та інші забруднюючі речовини.

Термін «інтелектуалізація будівлі» означає рівень автоматизації систем забезпечення мікроклімату приміщень, систем освітлення, управління різним устаткуванням та інше. Крім цього зміст

терміну несе в собі додаткові вимоги до автоматизації систем пожежогашіння, пожежооповіщення, безпеки людей та захисту від терористичних актів [2].

Терміном «енергетична ефективність будівлі» прийнято характеризувати величину питомої витрати теплової енергії на опалення і вентиляцію будівлі в холодний, жаркий і перехідний періоди року. Цей показник включає в себе витрати енергії на кондиціонування повітря приміщень протягом літнього періоду, встановлену потужність системи охолодження і витрати енергії на кліматизацію приміщень протягом року.

Термін «гармонізація будівлі з природним навколишнім середовищем» означає, що будівля – як деяке штучне утворення в цьому середовищі – має не тільки не руйнувати або зберігати його, а й прагнути до поліпшення цього середовища. До показників впливу будівлі на навколишнє середовище відносять виділення вуглекислого газу від спалювання палива або побутового газу, кількість стічних вод, побутового сміття та інші [2].

Звичайно, питання енергозбереження, ефективного використання енергії встають перед проектувальниками дуже гостро. Впровадження енергозберігаючих заходів вимагає більш високих інвестицій в будівництво, але при цьому досягається істотне зниження експлуатаційних витрат, зменшується шкідливий вплив на навколишнє середовище і поліпшується якість мікроклімату. Розуміння і зміст терміну «енергозбереження» в кожен період часу різне і постійно змінюється в міру розвитку технічних можливостей суспільства, ставлення до витрачання природних ресурсів.

Поняття терміну «енергозбереження» на сучасному етапі пов'язане з будівництвом таких будівель, які забезпечують високу якість середовища проживання людей, збереження природного навколишнього середовища, оптимальне споживання поновлюваних джерел енергії, можливість повторного використання будівельних матеріалів, водних та інших ресурсів.

Енергетична стратегія енергозбереження в будівлях повинна будуватися на формуванні та реалізації стимулів економного використання природних ресурсів – як стратегічного механізму, без якого неможливо сподіватися на успішне вирішення проблеми енергозбереження [11].

До енергоефективних будівель відносяться будівлі, при проектуванні яких передбачений комплекс архітектурно-будівельних та інженерно-технічних заходів, що забезпечують істотне скорочення витрат енергії на теплопостачання в порівнянні зі звичайними будівлями при одночасному підвищенні комфортності мікроклімату в приміщеннях і оптимальному вартісному балансі між витратами на теплозахист будівлі і на експлуатацію його інженерних систем.

Наразі українські вчені працюють над енергоефективністю будівель і пропонують ряд заходів, які дозволили б скоротити витрату енергії, що витрачається на вентиляцію і кондиціонування повітря. До них відносяться: зниження температури повітря в приміщеннях в неробочий час; влаштування нічного провітрювання в теплий період року; установка місцевих охолоджувачів-нагрівачів; улаштування систем зі змінною витратою повітря; використання технологічних тепловиділень для обігріву холодних зон, ділянок та інші заходи.

Для зниження витрат енергії та створення кращого психологічного комфорту широко використовується природне освітлення робочих місць із застосуванням вікон великої площі. Однак при цьому необхідно вирішити проблеми, пов'язані зі значними надходженнями сонячної радіації в літній час (робота систем кліматизації), а також тепловтратами через скління в зимовий час. Для вирішення цих проблем використовується скло з підвищеними тепло- і сонцезахисними характеристиками, що дозволяють знизити тепловтрати і теплонадходження від сонячної радіації, але добре пропускають світло [11].

Паралельно з пошуком енергоефективності ведуться роботи і з

впровадження новітніх систем енергопостачання будівель, оскільки гарантоване довгострокове і стабільне енергопостачання будівлі є основою забезпечення якості мікроклімату в приміщеннях і технологічного функціонування будівлі. Енергетичні джерела, їх вибір для будівлі повинні обґрунтовуватися економічним розрахунком, що враховує зміни вартості енергії на перспективу, а також заходами з підтримки технологій, які використовують відновлювані енергетичні джерела.

На думку фахівців, в умовах України до основних енергозберігаючих заходів необхідно віднести:

- застосування огорожувальних конструкцій з підвищеним теплозахистом і заданими показниками теплостійкості;
- скорочення зовнішніх огорожувальних поверхонь в результаті об'ємно-планувального рішення;
- вибір конструкцій сонцезахисних пристроїв з урахуванням орієнтації і сезонного опромінення фасадів;
- утилізацію тепла сонячної радіації в тепловому балансі будівлі на основі оптимального вибору матеріалу і конструкції світлопрозорих огорожень;
- використання систем опалення з поквартирними теплотільниками і індивідуальним регулюванням теплового режиму приміщень;
- впровадження системи механічної витяжної вентиляції з індивідуальним регулюванням і утилізацією тепла витяжного повітря;
- використання тепла зворотної води;
- застосування системи управління мікрокліматом приміщень на основі математичної моделі будівлі як єдиної енергетичної системи [2].

Крім архітектурних та інженерних рішень, які закладаються в проектах, необхідно передбачати заходи, що повинні виконуватися в процесі експлуатації будівель (своєчасне обслуговування, ремонт і планова заміна обладнання, правильне налаштування і регулювання інженерного обладнання, моніторинг енергоспоживання

тощо). В результаті застосування енергоефективних заходів зниження енергоспоживання в даний час може бути доведено до 35% [7]. При цьому при проектуванні будівля повинна розглядатися як єдина енергетична система [2].

Запроектувати і побудувати будинок так, щоб він не мав шкідливого впливу на навколишнє середовище – складна проблема. Перед проектувальниками все частіше ставляться вимоги щодо збереження енергії і спорудження екологічно безпечних будівель. Так, в США діє Рада з екологічних споруд, яка нагороджує будівлі, що відповідають національному стандарту LEED (лідерство в енергоекологічному проектуванні), за чудові основи конструювання і інтеграцію технологій «зеленої» споруди.

Концепція «зеленої», або екологічно нейтральної, будівлі має на увазі, що їй не потрібне надходження енергії від зовнішніх джерел і вона споживає воду тільки для питних цілей, а також, як зазначалося вище, не має шкідливого впливу на навколишнє середовище [2].

Отже, ґрунтуючись на концепціях сталого розвитку, сталого (зеленого) будівництва та компактних міст, основними параметрами об'єктів будівництва, які формуються протягом усіх стадій життєвого циклу будівель, мають бути: безпека, якість, енергоефективність, екологічність, гармонізація з навколишнім середовищем, від яких залежатиме вартість будівництва ( $C$ ):

$$C = f(f_b, f_{jk}, f_{ee}, f_{eб}, f_z),$$

де  $f_b$  – група факторів безпечності будівлі;

$f_{jk}$  – група факторів якості будівлі;

$f_{ee}$  – група факторів енергоефективності будівлі;

$f_{eб}$  – група факторів екологічної безпеки будівлі;

$f_z$  – група факторів гармонізації будівлі з навколишнім середовищем.

Згідно з [4], безпечність будівлі означає її властивість при експлуатації, або у випадку порушення роботоздатності, не створювати

загрози для життя і здоров'я людей, а також загрози для довкілля, і визначається:

$$f_{\sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{\sigma_i}}{n},$$

де  $f_{\sigma_i}$  –  $i$ -та складова групи факторів безпечності будівлі;

$n$  – кількість складових групи факторів безпечності будівлі.

До складових групи факторів безпечності будівлі належать безпека території (можливість пасивного захисту, охорона території), вибухобезпечність, пожежобезпечність (ступінь займистості, плани і шляхи евакуації), вогнестійкість.

Якість будівлі обумовлюється якістю архітектурно-планувальних, об'ємно-планувальних, конструктивних, організаційно-технологічних та інженерних рішень і розраховується:

$$f_{як} = \frac{\sum_{j=1}^m f_{як_j}}{m},$$

де  $f_{як_j}$  –  $j$ -та складова групи факторів якості будівлі;

$m$  – кількість складових групи факторів якості будівлі.

До складових групи факторів якості будівлі відносяться надійність, довговічність, технологічність, корисність, естетичність об'єкта будівництва.

Для розрахунку фактора енергоефективності будівлі пропонується наступна формула:

$$f_{ee} = \frac{\sum_{k=1}^l f_{ee_k}}{l},$$

де  $f_{ee_k}$  –  $k$ -та складова групи факторів енергоефективності будівлі;

$l$  – кількість складових групи факторів енергоефективності будівлі.

До складових групи факторів енергоефективності будівлі можна віднести:

– питомим енергоспоживанням при опаленні;

– питомим енергоспоживанням при охолодженні;

– питомим енергоспоживанням при постачанні гарячої води;

– питомим енергоспоживанням при водопостачанні та водовідведенні;

– питомим енергоспоживанням при освітленні та силовому споживанні;

– питомим енергоспоживанням при технічному утриманні та обслуговуванні;

– використанням нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії.

Екологічна безпека будівлі залежить від екологічної безпеки будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, застосовуваних при спорудженні та опорядженні будівлі, а також екологічної безпеки будівельних технологій.

Екологічну безпеку будівлі пропонується визначати наступним чином:

$$f_{e\sigma} = \frac{\sum_{p=1}^q f_{e\sigma_p}}{q},$$

де  $f_{e\sigma_p}$  –  $p$ -та складова групи факторів екологічної безпеки будівлі;

$q$  – кількість складових групи факторів екологічної безпеки будівлі.

Складові групи факторів екологічної безпеки будівлі можна розподілити на фактори екологічної безпеки зовнішнього середовища та фактори екологічної безпеки внутрішнього середовища (звуковий комфорт – рівень шуму, штучне і природне освітлення, інсоляція, рівень електромагнітного випромінювання, рівень радіації, повітрообмін, променистий теплообмін, відносна вологість повітря, температура повітря і захисних поверхонь).

Визначення кількісного значення фактора гармонізації будівлі з навколишнім середовищем здійснюється наступним чином:

$$f_z = \frac{\sum_{s=1}^t f_{z_s}}{t},$$

де  $f_{z_s}$  –  $s$ -та складова групи факторів гармонізації будівлі з навколишнім середовищем;

$t$  – кількість складових групи факторів гармонізації будівлі з навколишнім середовищем.

Значення узагальненого фактора ( $f_{зз}$ ) розраховується наступним чином:

$$f_{yz} = f_{\delta} \cdot w_{\delta} + f_{\text{як}} \cdot w_{\text{як}} + f_{\text{еє}} \cdot w_{\text{еє}} + f_{\text{еб}} \cdot w_{\text{еб}} + f_{\text{з}} \cdot w_{\text{з}},$$

де  $w_{\delta}$ ,  $w_{\text{як}}$ ,  $w_{\text{еє}}$ ,  $w_{\text{еб}}$ ,  $w_{\text{з}}$  – коефіцієнти вагомості груп факторів відповідно безпеки будівлі, якості будівлі, енергоефективності будівлі, екологічної безпеки будівлі, гармонізації будівлі з навколишнім середовищем, значення яких визначаються методом експертного оцінювання.

**Висновки.** При проектуванні будівель необхідно приймати економічно обгрунтовані рішення (з урахуванням мінімізації експлуатаційних витрат), які при цьому повинні забезпечувати безпечність, якість, енергоефективність, екологічність та гармонізацію з навколишнім середовищем.

В подальшому для вирішення завдання відбору і формалізації організаційно-технологічних та економічних факторів, які характеризують специфічні вимоги до енергоощадності і біосферної сумісності будівель

при їх проектуванні, спорудженні та експлуатації і здійснюють визначальний вплив на вартість будівництва, доцільно застосувати методи експертного оцінювання. Доцільність застосування саме методів експертного оцінювання для прийняття обгрунтованого рішення щодо відбору зі складеного переліку саме тих факторів, що здійснюють визначальний вплив на вартість будівництва, обумовлена недостатністю статистичних даних щодо пріоритетності впливу систематизованих факторів на техніко-економічні показники проектів будівництва.

Для дослідження системного впливу визначальних організаційно-технологічних та економічних факторів на вартість спорудження будівель, із урахуванням вимог енергоефективності та екологічності, доцільно застосувати методи статистичного моделювання.

## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Большаков В. И. Планирование строительства доступного жилья в генеральных планах крупных городов (на примере г. Киева) : монография / В. И. Большаков, Т. С. Кравчуновская, С. П. Броневицкий. – Днепропетровск : Изд-во ПГАСА, 2015. – 146 с.
2. Генералов В. П. Особенности проектирования высотных зданий : учеб. пособие / В. П. Генералов. – Самара : Самарск. гос. арх.-строит. ун-т, 2009. – 296 с.
3. Інноваційні концептуальні та формально-аналітичні інструменти обгрунтування, підготовки та впровадження будівельних інвестиційних проектів : монографія / С. А. Ушацький, В. О. Поколенко, О. А. Тугай, Г. В. Лагутін, Н. О. Борисова, О. С. Рубцова ; за наук. ред. В. О. Поколенка. – Київ : Вид-во Європ. ун-ту, 2008. – 208 с.
4. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд : ДБН В.1.2-14:2018. – [Чинні від 2019-01-01 ; на заміну ДБН В. 1.2-14-2009]. – Вид. офіц. – Київ : Мінрегіон України, 2010. – 36 с. – (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів). – Режим доступу: <http://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2018/12/DBN-V1214-2018.pdf>. – Перевірено: 24.05.2019.
5. Ковальов В. В. Обгрунтування доцільності функціонального переосвоєння територій великих міст / В. В. Ковальов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2017. – № 4. – С. 71–76.
6. Ковальов В. В. Принципи формування множини факторів, які впливають на техніко-економічні показники проектів реконструкції промислових підприємств / В. В. Ковальов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2017. – № 6. – С. 72–77.
7. Кологривова Л. Б. Комплекс энергосберегающих решений при проектировании многоэтажных жилых зданий / Л. Б. Кологривова, С. А. Молодкин // Промышленное и гражданское строительство. – 2006. – № 10. – С. 51–53.
8. Круглий стіл. Стала нерухомість та зелена сертифікація будівель: опція чи зобов'язання для України? – Назва з екрану. – Режим доступу: <http://budjournal.com.ua/doc/stil.pdf>.
9. Савицький М. В. Оцінка екологічних параметрів об'єктів будівництва / М. В. Савицький, Ю. Б. Бендерський, М. М. Бабенко // Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Сер. : Галузеве машинобудування, будівництво. – Полтава : ПолтНТУ, 2014. – Вип. 3 (42), т. 1. – С. 144–149.
10. Системи технологій життєвого циклу інвестиційно-будівельної сфери діяльності: монографія / [Р. Б. Тянь, П. С. Уваров, С. В. Иванов, М. О. Прилепова та ін.]. – Дніпропетровськ : вид-во Маковецький Ю. В., 2010. – 344 с.
11. Табунщиков Ю. А. Энергоснабжение высотного здания с использованием топливных элементов / Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродач, Н. В. Шилкин // АВОК. – 2003. – № 3. – С. 44–58.
12. Чернишев Д. О. Науково-методологічний інструментарій організації будівництва на засадах біосферосумісності : дис. ... д-ра техн. наук : [спец.] 05.23.08 : захищена 21.02.2019 / Чернишев Денис Олегович ; ДВНЗ «Придніпр. держ. акад. буд-ва та архітектури» ; наук. консультант Заяць Євген Іванович. – Дніпро, 2018. – 430 с.
13. Risk level assessment while organizational-managerial decision making in the condition of dynamic external environment / Ye. I. Zaiats, T. S. Kravchunovska, V. V. Kovalov, O. V. Kirnos // Науковий вісник Національного



гірничого університету = Scientific bulletin of National Mining University. – 2018. – № 2 (164). – P. 123–129. (DOI: 10.29202/nvngu/2018-2/24).

14. Lambeck R. *Urban construction project management* / R. Lambeck, J. Eschemuller. – New York : McGraw-Hill, 2008. – 480 p. – Режим доступу: <https://www.amazon.com/Urban-Construction-Project-Management-McGraw-Hill/dp/0071544682>. – Перевірено: 24.05.2019.
15. Sidney M. L. *Project management in construction* / Sidney M. L. – New York : McGraw-Hill, 2006. – 402 p. – Режим доступу: [https://www.amazon.com/Project-Management-Construction-Seventh-Sidney/dp/1259859703/ref=dp\\_ob\\_image\\_bk](https://www.amazon.com/Project-Management-Construction-Seventh-Sidney/dp/1259859703/ref=dp_ob_image_bk). – Перевірено: 24.05.2019.
16. System of project multicriteria decision synthesis in construction / V. Sarka, E. K. Zavadskas, L. Ustinovicus, E. Sarkiene, C. Ignatavicius // *Technological and Economic Development of Economy* : Baltic Journal on Sustainability. – 2008. – Vol. 14. – № 4. – P. 546–565.

## REFERENCES

1. Bolshakov V.I., Kravchunovskaya T.S. and Bronevitsky S.P. *Planirovanie stroitelstva dostupnogo zhilya v generalnykh planakh krupnih gorodov (na primere g. Kiev)* [Planning for affordable housing in the general plans of large cities (Kiev is an example)]. Dnepropetrovsk: Izd-vo PGASA, 2015, 146 P. (in Russian).
2. Generalov V.P. *Osobennosti proektirovaniya visotnih zdaniy* [Features of the design of high-rise buildings]. Samara: Samarsk. gos. arh.-stroit. un-t, 2009, 296 p. (in Russian).
3. Ushatskvi S.A., Pokolenko V.O. and Tuhai O.A.. *Innovatsiini kontseptualni ta formalno-analitychni instrumenty obhruntuvannia, pidhotovky ta vprovadzhennsa budivelnnykh investytsiinykh proektiv* [Innovative conceptual and formal analytical tools for substantiation, preparation and implementation of construction investment projects]. Kyiv, Vyd-vo Evrop. univer., 2008, 208 p. (in Russian).
4. *Zahalni pryntsypy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktivnoi bezpeky budivel i sporud*: DBN V.1.2-14:2018 [General principles of ensuring the reliability and constructive safety of buildings and structures: the State Building Regulations V.1.2-14: 2018]. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2008, 36 p. Available at: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=78683](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=78683). (in Ukrainian).
5. Kovalov V.V. *Obhruntuvannia dotsilnosti funktsionalnogo pereosvoiennia terytotii velykykh mist* [The substantiation of the expediency of the functional transmission of the territories of big cities]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture], 2017, iss.4, pp. 7176. (in Ukrainian).
6. Kovalov V.V. *Pryntsypy formuvannia mnozhyny faktoriv, yaki vplyvaiut na tehniko-ekonomichni pokaznyky proektiv rekonstruksii promyslovykh pidpriemstv* [Principles of formation of a plurality of factors influencing the technical and economic indicators of projects of reconstruction of industrial enterprises]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture], 2017, iss. 6, pp. 72–77. (in Ukrainian).
7. Kologriviva L.B., Molodkin S.A. *Kompleks energosberegayushchikh resheniy pri proektirovanii mnogoetazhnykh zdaniy* [The complex of energy-saving solutions in the design of multi-storey residential buildings]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo* [Civil engineering], 2006, iss. 10, pp. 51-53. (in Russian).
8. *Kruhlyi stil. Stala nerukhomist ta zelena sertyfikatsiia budivel: opsiia chy zoboviazannia dlia Ukrainy?* [Round Table. Real estate and green building certification: an option or a commitment to Ukraine?]. Available at: <http://budjurnal.com.ua/doc/stil.pdf>. (in Ukrainian).
9. Savytskyi M.V. *Otsinka ekolohichnykh parametriv obektiv budivnytstva* [Estimation of environmental parameters of construction objects]. *Zbirnyk naukovykh prats (haluzeve mashinobuduvannia, budivnytstvo)* [Collection of scientific works (branch engineering, construction)]. Poltava: PoltNTU 2014, iss. 3 (42), vol. 1, pp. 144-149. (in Ukrainian).
10. Tian R.B., Uvarov P.Ye. and Ivanov S.V. *Systemy tekhnologii zhyttievoho tsykladu investytsiino-budivelnoi sfery diialnosti* [Systems of technologies of the life cycle of the investment and construction sphere of activity]. Dnipropetrovsk: vydavnytstvo Makovetskyi Yu.V., 2010, 344 p. (in Ukrainian).
11. Tabunshchikov Yu.A., Brodach M.M., Shilkin N.V. *Energosnabzhenie visotnogo zdaniya s ispolzovaniem toplivnykh elementov* [Energy supply for high-rise buildings using fuel cells]. AVOK. 2006. iss. 3. pp. 44-50. (in Russian).
12. Chernvshev D.O. *Naukovo-metodolohichniy instrumentarii orhanizatsii budivnytstva na zasadakh biosferosumisnosti: Dokt. Diss.* [Scientific and methodological tools for organization of construction on the basis of biosphere compatibility. Doct. Diss.]. Dnipro, 2019, 430 p. (in Russian).
13. Zaiats Ye. I., Kravchunovska T. S., Kovalov V. V., Kirnos O. V. Risk level assessment while organizational-managerial decision making in the condition of dynamic external environment. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho Hirnychogo Universytetu* [Scientific bulletin of National mining university]. 2018, iss. 2 (164), pp. 123-129.
14. Richard L. and Eschemuller J. *Urban construction project management*. New York, McGraw-Hill, 2008, 480 p. Available at: <https://www.amazon.com/Urban-Construction-Project-Management-McGraw-Hill/dp/0071544682>.
15. Sidney V. L. *Project management in construction*. N.Y., McGraw-Hill, 2006. 402 p. Available at: [https://www.amazon.com/Project-Management-Construction-Seventh-Sidney/dp/1259859703/ref=dp\\_ob\\_image\\_bk](https://www.amazon.com/Project-Management-Construction-Seventh-Sidney/dp/1259859703/ref=dp_ob_image_bk). –
16. Sarka V., Zavadskas E.K., Ustinovicus L., Sarkiene E. and Ignatavicius C. *System of project multicriteria decision synthesis in construction. Technological and Economic Development of Economy*: Baltic Journal on Sustainability, 2008, vol. 14, no. 4, pp. 546-565.

Рецензент: Заяць Є. І., д-р техн. наук, проф.

Надійшла до редколегії: 07.12.2018 р.

УДК 37.091.315.7

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261218.65.449

## МОЖЛИВОСТІ СЕРВІСУ GOOGLECLASSROOM ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

ЧУМАК Л. О., канд. техн. наук, доц.

Кафедра вищої математики, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернышевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38(0562) 47-98-53, e-mail:gurchum@gmail.com, ORCIDID: 0000-0002-3858-8028

**Анотація. Постановка проблеми.** Бурхливий розвиток цифрових технологій зумовив трансформацію традиційної системи здобуття вищої освіти. Залучення Інтернет-ресурсів до навчального процесу вже давно стало нормою в освітніх закладах різного рівня та профілю. Розвитку дистанційного навчання сприяє постійне розроблення нових освітніх платформ та сервісів. **Мета статті** - огляд функціональних можливостей та особливостей сервісу Google Classroom із позиції підвищення ефективності навчального процесу. Узагальнення власного досвіду використання Google Класу у викладанні вищої математики студентам ДВНЗ ПДАБА. **Висновок.** Аналіз можливостей сервісу Google Classroom показав його ефективність для організації навчального процесу. Додаток - зручний та простий інструмент модернізації навчання, який розширює рамки традиційних освітніх методів, збагачує їх новітніми Інтернет-технологіями.

**Ключові слова:** організація навчального процесу; Google Classroom; освітня платформа; Інтернет-ресурс; ефективність навчання

## ВОЗМОЖНОСТИ СЕРВИСА GOOGLECLASSROOM ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

ЧУМАК Л. А., канд. техн. наук, доц.

Кафедра высшей математики, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днпро, Украина, тел. +38(0562) 46-98-53, e-mail:gurchum@gmail.com, ORCIDID: 0000-0002-3858-8028

**Аннотация. Постановка проблемы.** Стремительное развитие цифровых технологий обусловило трансформацию традиционной системы получения высшего образования. Использование Интернет-ресурсов в учебном процессе уже давно стало нормой для образовательных учреждений разного уровня и профиля. Развитию дистанционного обучения способствует постоянная разработка новых образовательных платформ и сервисов. **Цель статьи** - обзор функциональных возможностей и особенностей сервиса Google Classroom с позиции повышения эффективности учебного процесса. Обобщение собственного опыта использования Google Класса в преподавании курса «Высшая математика» студентам ГВУЗ ПГАСА. **Вывод.** Анализ возможностейсервиса Google Classroom показал его эффективность в организации учебного процесса. Приложение является удобным и простым инструментом модернизации обучения, расширяющим рамки традиционных образовательных методик, дополняя их современными Интернет-технологиями.

**Ключевые слова:**организация учебного процесса; Google Classroom; образовательная платформа; Интернет-ресурс; эффективность обучения

## OPPORTUNITIES OF GOOGLE CLASSROOM SERVICE FOR THE ORGANIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS

CHUMAK L. O., Cand. Sc. (Tech.)

Department of Higher Mathematics, State Higher Education Establishment «Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo st., Dnipro, 49600, Ukraine, phone.+38 (0562) 46-98-53, e-mail: gurchum@gmail.com , ORCID ID: 0000-0002-3858-8028

**Abstract. Problem statement .** The rapid development of digital technologies led to the transformation of the traditional system of higher education. The use of Internet resources in the educational process has long become the norm for educational institutions of different levels and profiles. The constant design of new educational platforms and services promotes the development of distance learning. **Purpose.** Overview of the functionality and features of the service Google Classroom in the improvement of efficiency of educational process. Summarizing your own experience of using Google Class in teaching the Higher Mathematics course. **Conclusion.** Analysis of Google Classroom service capabilities demonstrated its effectiveness in the educational process. The supplement is a convenient and simple tool for the modernization of learning. The service expands the scope of traditional educational methods, complementing them with modern Internet technologies.

**Keywords:** organization of the educational process; Google Classroom; educational platform; Internet resource; learning efficiency

**Постановка проблеми.** В сучасному світі цифрових технологій та різноманітних «гаджетів» і «девайсів» традиційні методи організації навчального процесу втрачають свою актуальність і потребують активного інтегрування у віртуальне освітнє середовище. Використання Інтернет-ресурсів у закладах освіти різного рівня та профілю вже досить давно стало загальною нормою та стандартною міжнародною практикою, як, наприклад, дистанційна освіта. Така трансформація дозволяє урізноманітнити навчання, перенести частину занять в он-лайн простір, що не потребує постійної фізичної присутності студента та викладача в одному місці у певний проміжок часу.

Масштаби впровадження Інтернет-технологій в освітній процес визначаються розумним прагненням його учасників зробити навчання ефективнішим [1] та цікавішим, з одного боку, а також менш трудомістким та часозатратним, з іншого.

Сприяє цьому процесу постійне розроблення різноманітних віртуальних платформ та сервісів, які виробники програмних продуктів вільно розповсюджують в академічному середовищі. Чи потрібно викладачу постійно освоювати нові «пропозиції електронного викладання»? Наскільки цікавим та простим буде для студента певний веб-сервіс?

**Аналіз публікацій.** Бурхливий розвиток інформаційних технологій вплинув на всі сфери діяльності людини. Не залишився осторонь і освітній процес – було сформовано [2] «цифровий освітній простір». Традиційні способи здобуття вищої освіти набули нових рис, поєднуючи лекційно-семінарську систему навчання з можливостями дистанційного навчання. Виникла потреба в організації середовища, в якому обидві сторони освітнього процесу могли комфортно співпрацювати.

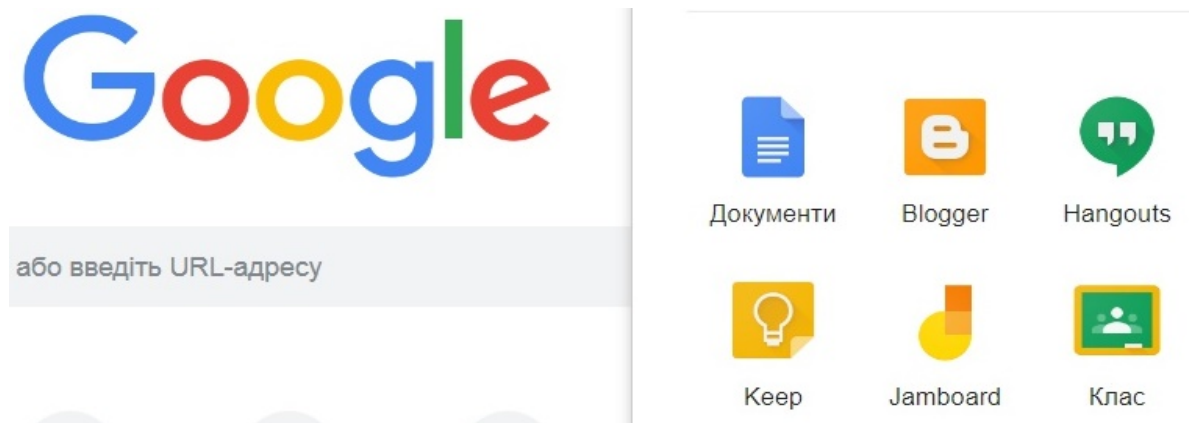


Рис.1. Перший етап створення курсу у сервісі Google Classroom

Найбільш популярна [3] система організації дистанційного навчання - платформа Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment). Moodle – це модульне об'єктно-орієнтоване динамічне навчальне середовище, яке називають також системою управління навчанням (LMS), системою управління курсами (CMS), віртуальним навчальним середовищем (VLE) або просто платформою для навчання, яка надає викладачам та учням розвинутий набір інструментів для комп'ютеризованого

навчання.

На даний момент Moodle вже має 129 мільйонів користувачів в усьому світі й продовжує розвиватися. Система безкоштовна, але потребує досить продуктивного власного веб-сервера, що не завжди доступно навіть для освітніх установ.

У 2014 році компанія Google запустила сервіс Google Classroom (Google Клас) [4], який надає зручний інтерфейс для створення й керування навчальними курсами. Це відкриває нові можливості у викладанні:

створювати, перевіряти та оцінювати завдання в режимі реального часу, реалізувати індивідуальний підхід в навчанні, проводити он-лайн обговорення, консультації.

У випадку з Google Classroom користувачам потрібно мати обліковий запис Google, а якщо освітня установа організувала свій Єдиний інформаційний простір за допомогою сервісу Google Suite for Education, то такий обліковий запис є у

кожного викладача і студента з можливістю використання всіх сервісів Google в корпоративному режимі.

**Мета статті** - огляд функціональних можливостей та особливостей сервісу Google Classroom з позиції підвищення ефективності навчального процесу. Узагальнення власного досвіду використання Google Класу у викладанні вищої математики студентам ДВНЗ ПДАБА.

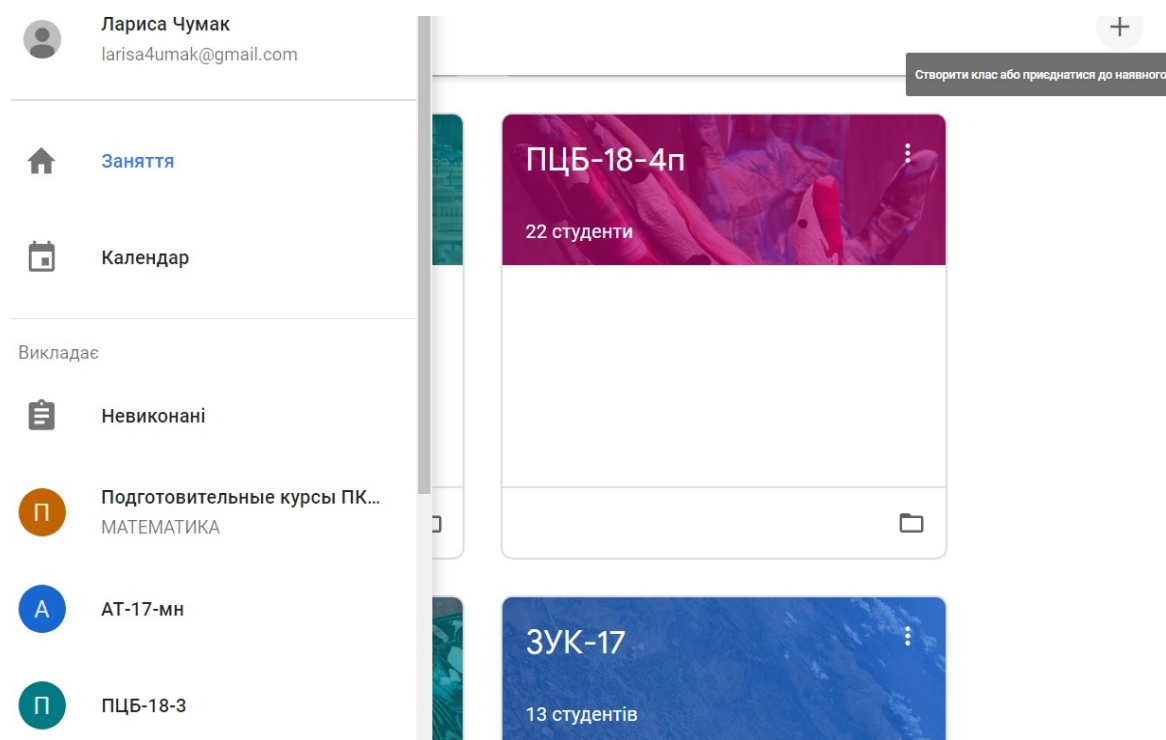


Рис. 2. Створення курсу у сервісі Google Classroom

**Виклад матеріалу.** Серед різноманітних віртуальних освітніх платформ сервіс Google Classroom вирізняється перш за все простотою у використанні. Він не потребує спеціального навчання для створення курсу, а також надає користувачам зручний інтерфейс для керування навчальним процесом. Корпорація Google Inc. заявила: «Ми [4] розробили цей сервіс разом із викладачами, щоб допомогти їм заощаджувати час, легко й швидко організувати заняття й ефективно спілкуватися з учнями».

Головними особливостями Google Classroom можна вважати:

- *просте налаштування.* Викладач може організувати декілька курсів одночасно, запрошувати студентів та інших викладачів, планувати навчальний процес;
- *економія часу та паперу.* Роздавати, контролювати виконання, перевіряти завдання можна в одному сервісі;
- *зручність.* Студенти можуть переглядати завдання, планувати строки їх виконання відповідно до календарного плану курсу, вчасно надсилати виконані роботи для перевірки;
- *доступність і безпека.* Клас доступний безкоштовно. У цьому сервісі відсутня реклама, а матеріали та особисті дані

користувачів не потрапляють до інших сервісів.

Для створення свого курсу на платформі Google Classroom викладачу потрібно увійти з особистого акаунту Google до відповідного додатка головного меню в браузері (рис. 1).

Після обрання статусу викладача Ви можете почати створення та налаштування власного курсу(рис. 2).

Сервіс Google Classroom надає різноманітні шаблони та налаштування: від кольорового оформлення теми курсу до створення його наповнення (рис. 3).

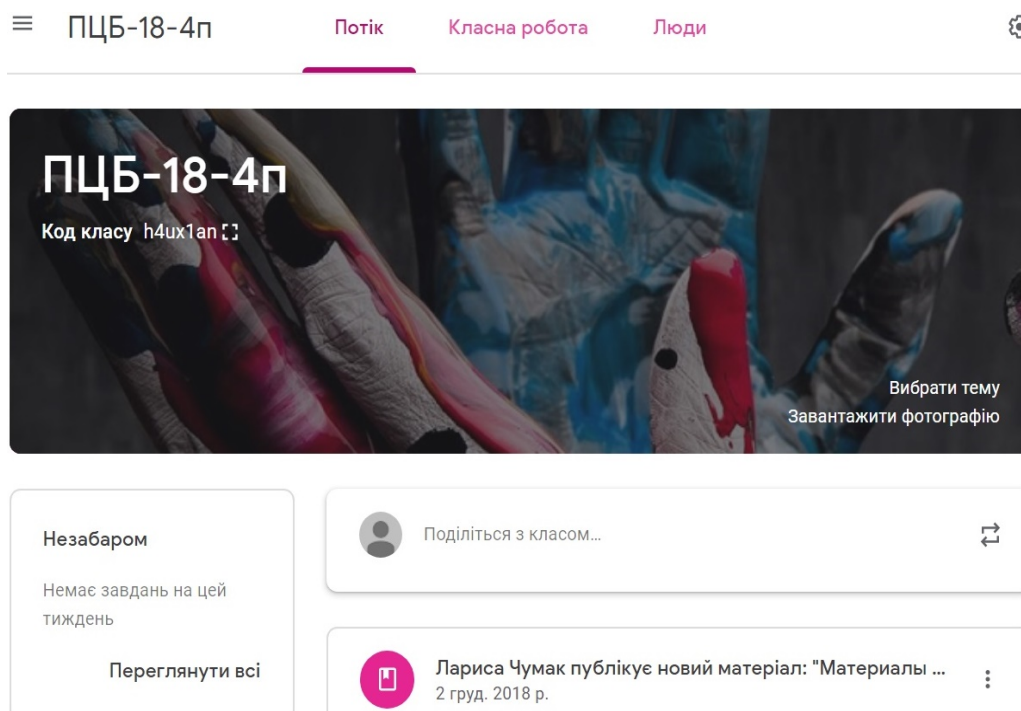


Рис. 3. Приклад оформлення курсу у сервісі Google Classroom

За допомогою меню викладач може структурувати курс за розділами, визначив їх тематику. Далі по кожній темі створити календарний план, в якому вказати терміни вивчення відповідного матеріалу, а також виконання обов'язкових завдань (рис. 4).

Можливості платформи Google Classroom в наповненні курсу досить різноманітні. Це й аутентичні лекції в паперовому або відео-форматі, і відповідні розділи підручників, а також записи з YouTube. Крім того, сервіс надає можливість спільного викладання. Тобто для кращого засвоєння певного матеріалу викладач може запросити до 20 інших освітян.

Важлива перевага Google Classroom - це інтегрованість з іншими сервісами Google, завдяки чому викладач має можливість завантажувати в Клас інформацію у будь-якому форматі. В цьому сенсі Google

Classroom потребує від викладача добре продуманої програми курсу. Тільки за такої умови сервіс надасть нові можливості в організації навчального процесу.

Щоб створити завдання, потрібно обрати відповідний пункт меню. Далі в діалоговому вікні вказати тематику завдання, дати пояснення щодо оформлення та строків виконання, прикріпити саме завдання. Існує можливість створювати індивідуальні завдання для кожного студента, а також установлювати шкалу оцінювання. Нещодавно сервіс Google Classroom запропонував нову форму завдання – тести.

Публікацію будь-якого матеріалу в Google Classroom можна запланувати. Кожна публікація (об'ява, матеріал, завдання) з'являється на сторінці «Потік», а студенти отримують сповіщення на свою електронну адресу.

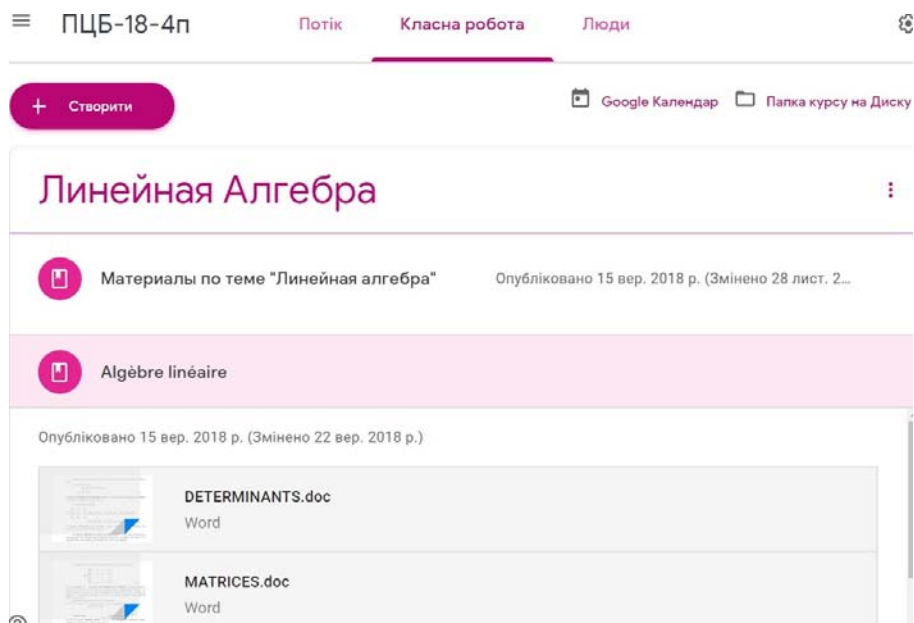


Рис. 4. Розробка курсу «Лінійна алгебра» у сервісі Google Classroom

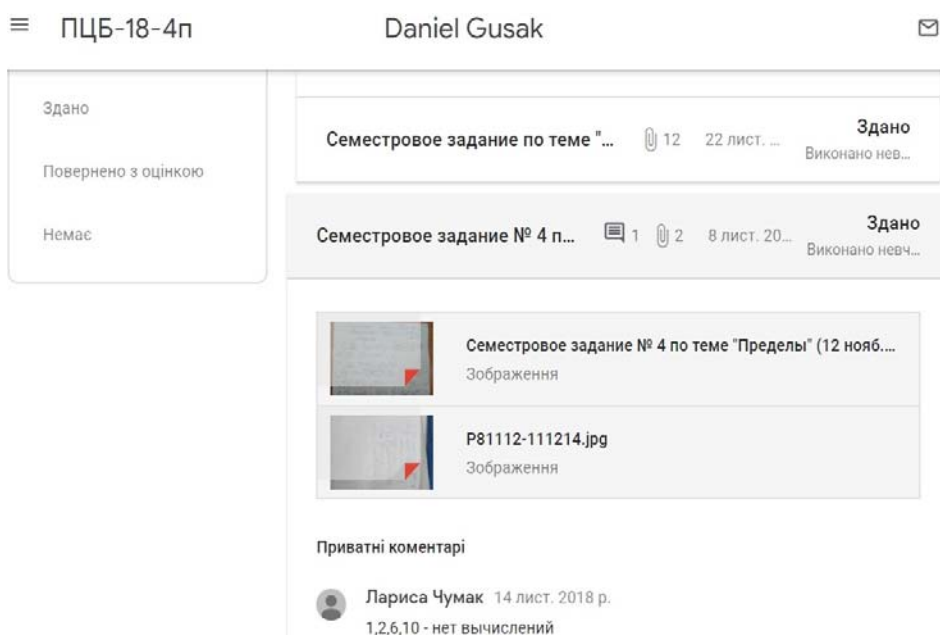


Рис. 5. Сторінка студента у сервісі Google Classroom

Сторінка «Люди» надає інформацію про склад курсу, а також можливість електронного листування. Щоб приєднати студента до курсу, викладач має запросити його або надати код доступу. Запрошення автоматично надходить на електронну пошту.

Щоб освоїти Google Classroom, не потрібно багато часу. В Інтернеті пропонують масу уроків за створення Класу.

Особливо хотілося б зазначити, що студенти без проблем залучились до віртуального навчання.

Важлива перевага платформи Google Classroom - продуктивна комунікація. У Класі викладачі можуть публікувати завдання, розсилати оголошення й починати обговорення, а учні – обмінюватися матеріалами, додавати коментарі й спілкуватися електронною поштою.

Інформація про здані роботи постійно оновлюється, що дозволяє викладачам оперативно перевіряти завдання, ставити оцінки й додавати коментарі (рис. 5).

Мої особисті враження від дворічного досвіду роботи з Google Classroom дуже позитивні. Сервіс не є альтернативою живого спілкування зі студентами. Він модернізує взаємодію учасників навчального процесу. Немає потреби зберігати купу завдань протягом навчального року та пам'ятати строки їх виконання. Існує можливість оперативно домовитись про консультацію або додаткове заняття.

Крім того, Google Classroom – зручний інструмент у роботі з групами Франкофонного проекту ДВНЗ ПДАБА. Викладання в Класі матеріалу двома мовами сприяє засвоєнню математичної термінології як іноземними студентами українською мовою, так і нашими студентами французькою.

**Висновок.** Аналіз можливостей сервісу Google Classroom показав його ефективність для організації навчального процесу. Додаток - зручний та простий інструмент модернізації навчання, який розширює рамки традиційних освітніх методів, збагачує їх новітніми Інтернет-технологіями.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Варенко Т. К. Гибридная система организации учебно-педагогического процесса с использованием веб-сервиса Google «Класс» / Т. К. Варенко // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна : зб. наук. праць. Серія Романо-германська філологія. Методика викладання іноземних мов = Kharkov University bulletin / Харк. нац. ун-т ім. В. Н. Каразіна. – Харків : Вид-во ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2014. – № 1125. – Вип. 79. – С. 86–93.
2. Brown M. The Next Generation Digital Learning Environment : A Report on Research / M. Brown, J. Dehoney, N. Millichap // EDUCAUSE. Learning Initiative. – 2015. – April. – Режим доступу: <https://library.educase.edu/~media/files/library/2015/4/eli3035-pdf.pdf>. – Перевірено: 05.04.2019.
3. Moodle // Вікіпедія. Вільна енциклопедія. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Moodle>. – Назва з екрану. – Перевірено: 5.04.2019.
4. Google Classroom – онлайн класс для эффективного обучения // Вебдванольные заметки. Блог об интернет сервисах и проектах. – Режим доступа: <http://www.web2me.ru/google/classroom/>. – Проверено: 5.04.2019.

## REFERENCES

1. Varenko T. A. *Gibridnaya sistema organizatsii uchebno-pedagogicheskogo protsesssa s ispolzovaniem veb-servisa Google «Klass»* [The hybrid system of the organization of educational and pedagogical process in using Google «Class» Web Service] *Visnyk KhNU imeni V. N. Karazina Serii Romano-hermanska filolohiia. Metodyka vykladannia inozemnykh mov.* – Kh. : *KhNU imeni V. N. Karazina* [Bulletin of KhNU named after Karazin V.N.] 2014, no 1125, pp. 86-93 (in Russian).
2. Brown M., Dehoney J. and Millichap N. The next Generation Digital Learning Environment. A Report on Research.. EDUCAUSE Learning Initiative, 2015. Available at:<https://library.educase.edu/~media/files/library/2015/4/eli3035-pdf.pdf>
3. Moodle. *Vikipediia* [Wikipediia]. Available at: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Moodle>
4. *Google Classroom – onlayn klass dlya effektivnogo obucheniya* [Google Classroom is online classroom for effective learning]. Available at: <http://www.web2me.ru/google/classroom/>

Рецензент: Данишевський В. В., д-р техн. наук, проф.

Надійшла до редколегії: 03.12.2018 р.

UDK 621.642:624.042

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261218.71.450

## ДО РОЗРАХУНКУ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ СТАЛЕВИХ ЄМНОСТЕЙ ЗБЕРІГАННЯ

МАХІНЬКО Н. О., канд. техн. наук

Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, 02000, Київ, Україна, тел. +38(050)3045072, e-mail: pasargada1985@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8120-6374

**Анотація. Постановка проблеми.** Стаття присвячена вирішенню задачі імовірнісного розрахунку елементів сталевих ємностей для зберігання зерна з урахуванням імовірнісної природи зовнішніх впливів та міцнісних показників сталі. Розглядалися елементи, що працюють на простий розтяг чи стиск в одній площині, центральний стиск або осьову силу з моментом. Закон розподілу випадкової величини характеристик міцності сталі відповідає нормальному закону. Для випадкової величини узагальненого зусилля вид кривої розподілу приймався залежно від типу зовнішніх впливів: тиск сипкого матеріалу на стінку корпусу схематизувався нормальним розподілом, а дія снігових і вітрових навантажень – подвійним експоненціальним розподілом Гумбеля. Гранична розрахункова нерівність виражалась через безрозмірний показник коефіцієнта критичного фактору. Розрахунок проводився відповідно до класичних методів теорії імовірностей і математичної статистики. Також пропонується альтернативне вирішення задачі шляхом прямого моделювання випадкових величин із застосуванням апроксимованих виразів для найбільш складних функціональних залежностей. До них відносяться вираження коефіцієнта поздовжнього згину як функції гнучкості елемента, границі текучості сталі та типу кривої стійкості, а також залежність коефіцієнта стійкості при позацентровому стиску від умовної гнучкості та відносного приведенного ексцентриситету. Для визначення імовірності безвідмовної роботи досліджувалася не сама функція розподілу, а лише значення імовірностей, при наближенні критичного фактору до одиниці. **Мета.** Отримати залежність для функції надійності, яка повинна мати математично просте вираження придатне для інженерного використання. **Висновок.** Доведена неможливість застосування традиційних методів для визначення надійності елементів ємності зберігання, з огляду на складність математичних викладок та великий об'єм обчислень. В рамках єдиного підходу в повністю аналітичній формі вирішена задача імовірнісного розрахунку елементів сталевих конструкцій, які працюють на розтяг чи стиск в одній площині, стиснуто-зігнутих або в умовах чистого згину.

**Ключові слова:** ємність зберігання; імовірнісний розрахунок; коефіцієнт критичного фактору; функція надійності

## К РАСЧЕТУ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЕМКОСТЕЙ ХРАНЕНИЯ

МАХІНЬКО Н. А., канд. техн. наук

Національний авіаційний університет, пр. Космонавта Комарова, 1, 02000, Київ, Україна, тел. +38(050)3045072, e-mail: pasargada1985@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8120-6374

**Аннотация. Постановка проблемы.** Статья посвящена решению задачи вероятностного расчета элементов стальных емкостей для хранения зерна. С учетом вероятностной природы внешних воздействий и прочностных характеристик стали. Рассмотрим элементы, которые работают на простое растяжение или сжатие в одной плоскости, центральное сжатие или испытывают влияние осевой силы с моментом. Закон распределения случайной величины характеристик прочности стали соответствует нормальному закону. Для случайной величины обобщенного усилия вид кривой распределения принимается в зависимости от типа внешних воздействий: давление сыпучего материала на стенку корпуса схематизируется нормальным распределением, а влияние снеговых и ветровых воздействий – двойным экспоненциальным распределением Гумбеля. Предельное неравенство выражается через безразмерный показатель коэффициента критического фактора. Расчет производился в соответствии с классическими методами теории вероятности и математической статистики. Также предложено альтернативное решение задачи путем прямого моделирования случайных величин с использованием аппроксимированных выражений для наиболее сложных функциональных зависимостей. К ним относятся выражения для коэффициента продольного изгиба как функции гибкости элемента, границы текучести стали и типа кривой стойкости, а также зависимости коэффициента устойчивости при внецентренном сжатии от условной гибкости и приведенного относительного эксцентриситета. Для определения вероятности безотказной работы исследовалась не сама функция распределения, а только значения вероятностей, при приближении критического фактора к единице. **Цель.** Получить зависимость для функции надежности, которая должна иметь математически простой вид пригодный для инженерного использования. **Вывод.** Доказана невозможность использования традиционных методов для определения надежности элементов емкости хранения в связи со сложностью математических выражений и большого объема вычислений. В рамках единого подхода в аналитической форме полностью решена задача вероятностного расчета



(расчёта надёжности) элементов стальных конструкций, испытывающих одноосное растяжение или сжатие, сжато-изогнутых или находящихся в условиях чистого изгиба.

**Ключевые слова:** ёмкость хранения; вероятностный расчёт; коэффициент критического фактора; функция надёжности

## ACCORDING TO CALCULATION OF RELIABILITY OF ELEMENTS OF STEEL CONSTRUCTIONS OF STORAGE CAPACITIES

МАХІНКО Н. О., *Ph.D.*

National Aviation University, 1, Kosmonavt Komarov Avenue, Kyiv, Ukraine, tel. +38(050)3045072, e-mail: pasargada1985@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8120-6374

**Abstract. Problem statement.** This paper deals with is the solution of the problem of stochastic calculation of elements of the steel capacities for grain storage. The stochastic nature of external influences and strength indicators of steel was taken into account at the same time. There were considered the elements that work for a simple tension or compression in one plane, central compression, or axial force with the moment. The law of random value's distribution of the strength characteristics of steel corresponds to the normal law. For a random value of the generalized effort the shape of the distribution curve was taken, depending on the type of external influences. The pressure of the bulk material on the body wall was schematized by a normal distribution. The influence of snow and wind loads was schematized by the double exponential distribution of Gumbel. The boundary calculated inequality was expressed through the dimensionless coefficient of the critical factor. The calculation was carried out accordingly to the classical methods of stochastic theory and mathematical statistics. Also, it was proposed an alternative solution of the problem by direct modeling of random values. The approximate expressions for the most complex functional dependencies were used. They include the expression of the coefficient of longitudinal bending as a function of the element's flexibility, the yield strength of steel, the type of the stability curve, the dependence of the stability coefficient under the eccentric compression from the conditional flexibility and relative reduced eccentricity. To determine the probability of trouble-free operation, it was investigated not the distribution function itself, but only the probability values, when the critical factor is approached to one. **Purpose.** To obtain a dependence for the reliability function. It should have a mathematically simple expression and be suitable for the engineering use. **Conclusion.** It was proved that traditional methods for determining the elements' reliability of the storage capacity could not be used, because of the complexity of mathematical manipulations and the large amount of calculation. Within a single approach in a fully analytical form, it was solved the problem of stochastic calculation of elements of the steel constructions, which work for the tension or compression in one plane, compressed and bend, or under the condition of pure bending.

**Keywords:** storage capacity; stochastic calculation; coefficient of the critical factor; reliability function

**Постановка проблеми.** Бурхливий розвиток сільськогосподарського сектору нашої країни викликає необхідність створення спеціальних конструкцій і споруд, на основі нових науково-технічних досягнень та з урахуванням актуальних будівельних норм. Не є виключенням і проектування сталевих ёмностей для зберігання зернових, вивчення роботи яких являється пріоритетним напрямком досліджень автора [3, 8]. Автоматизація проектування та практичне впровадження розрахункових програмних комплексів на базі МКЕ, безумовно збільшує швидкість та точність розрахунків, дозволяє розширити можливості проектувальника та досягнути оптимального економічного рішення, забезпечивши виконання умов міцності та стійкості. Проте при цьому виконується тільки детермінований розрахунок в контексті методу граничних станів з використанням розрахункових значень

зовнішніх навантажень та характеристик міцності матеріалу виготовлення. Успішний розв'язок завжди показує лише виконання граничної нерівності з деяким запасом і аж ніяк не може слугувати характеристикою рівня надійності конструкції. Для встановлення безпечної експлуатації ёмностей зберігання, потрібно виконувати розрахунки на міцність і стійкість з урахуванням імовірнісної природи зовнішніх впливів та міцнісних показників сталі. Це вимагає застосовувати певні закони розподілу для випадкових величин міцності та узагальненого зусилля та поєднувати ці процеси залежно від прийнятого виду граничної нерівності.

**Аналіз публікацій.** Методи теорії імовірностей та математичної статистики під кутом зору застосування їх в практиці інженерного проектування широко висвітлені в наукових джерелах [1, 2, 6, 7]. Також варто відмітити фундаментальні

праці з теорії стійкості стиснутих стрижнів, наукові доробки яких певною мірою стосуються даного дослідження [4, 9].

**Цілі і задачі.** Задача розрахунку надійності полягає в пошуку функції надійності, яка визначається як імовірність безвідмовної роботи. Формульна залежність при цьому повинна мати математично просте вираження придатне для інженерного використання.

**Викладення матеріалу.** В першу чергу важливо окреслити конструкційний ряд елементів, що був розглянутий в даній статті. Ємності зберігання загалом не відрізняються значним різновидом форм (рис. 1) та схематизуються тонкостінними оболонками (пластинами), що утворюють стінку і покриття, а також стрижневими елементами ребер жорсткості (горизонтальні та вертикальні ребра корпусу, радіальні чи кільцеві ребра покрівлі тощо).

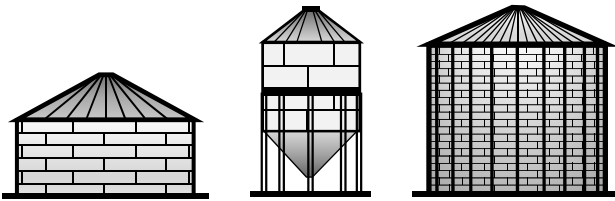


Рис. 1. Основні типи сталевих ємностей зберігання

В залежності від положення та зовнішнього зусилля елементи можуть сприймати лише простий розтяг чи стиск в одній площині, центральний стиск або осьову силу з моментом.

Певна річ, що різні види завантаження будуть впливати на кінцеве вираження функції надійності.

Ще однією важливою передумовою є вибір виду граничної нерівності, яка в загальному випадку може бути виражена через резерв несучої здатності, коефіцієнт запасу чи критичний фактор. Приймаючи до уваги складність поставленої задачі, більш доречно застосовувати показник коефіцієнта критичного фактору  $\tilde{K}_R$ , з огляду на відсутність одиниць вимірювання та вузьку область значень (від 0 до 1) даного параметру

$$\tilde{K}_R = \tilde{S} / \tilde{R} \leq 1,0, \quad (1)$$

де  $\tilde{R}$  і  $\tilde{S}$  – випадкові величини узагальненої міцності та зусилля.

Фактична імовірність безвідмовної роботи елемента конструкції буде визначатися додатними коренями рівняння коефіцієнта критичного фактору при  $K_R = 1$ .

**1. Класичний підхід.** Враховуючи стохастичну природу  $\tilde{R}$  і  $\tilde{S}$  зазначимо їх основні статистичні характеристики – математичні очікування  $m_R$  і  $m_S$ , середньоквадратичні відхилення  $\sigma_R$  і  $\sigma_S$ , відповідні коефіцієнти варіації  $V_R$  і  $V_S$  та їх співвідношення  $p_S$ .

$$V_S = \sigma_S / m_S, V_R = \sigma_R / m_R, p_S = \sigma_S / \sigma_R. \quad (2)$$

Закон розподілу випадкової величини характеристик міцності сталі  $f_R(\square)$  відповідає нормальному закону. Для випадкової величини узагальненого зусилля вид кривої розподілу залежить від типу зовнішніх впливів. Для ємностей зберігання це найчастіше тиск сипкого матеріалу на стінку корпусу, який також схематизується нормальним розподілом, або дія снігових і вітрових навантажень. Для їх опису застосовується подвійний експоненціальний розподіл Гумбеля.

Імовірнісні характеристики коефіцієнту критичного фактору будуть визначатися залежно від зазначених параметрів.

$$m_K = V_R p_S / V_S. \quad (3)$$

$$\sigma_K \approx p_S \frac{V_R}{V_S} \sqrt{V_S^2 + V_R^2}. \quad (4)$$

$$V_K \approx \sqrt{V_S^2 + V_R^2}. \quad (5)$$

Щільність розподілу в загальному випадку [2]:

$$f(K_R) = \int_0^{\infty} f_R(R) f_S(K_R R) R dR - \int_{-\infty}^0 f_R(R) f_S(K_R R) R dR. \quad (6)$$

При нормальному розподілі  $\tilde{S}$  маємо

$$f_K(K_R) = \frac{1}{2\pi p_S V_R} \int_{-1/V_R}^{\infty} (1 + K_R V_R) \times \exp[-A_K(K_R)x^2 - 2B_K(K_R)x - C_K(K_R)] dx, \quad (7)$$

де  $A_K(\square)$ ,  $B_K(\square)$  і  $C_K(\square)$  – безрозмірні функції.

При випадку застосування подвійного експоненціального закону Гумбеля для  $\tilde{S}$

$$f_K(K_R) = \frac{1}{K_R \sqrt{2\pi}} \int_{Z_0}^1 D_K(K_R, Z) \times \exp \left\{ -0.5 \left[ D_K(K_R, Z) - \frac{1}{V_R} \right]^2 \right\} dZ, \quad (8)$$

де  $D_K(\square)$  – безрозмірна функція [5].

Подальші розрахунки для отримання кінцевого аналітичного рішення є недоцільні, оскільки практичне застосування отриманих формул неможливе.

**2. Пряме моделювання.** Нам вдалося отримати прості вирази (6)-(8) для обчислень основних статистичних показників коефіцієнту критичного фактору класичними методами математичної статистики. Проте сам вираз для функції розподілу імовірностей залишається невідомим. З точки зору визначення імовірності безвідмовної роботи, варто дослідити не саму функцію, а лише її «хвіст», тобто значення імовірностей, при наближенні критичного фактору до одиниці, оскільки менші імовірності не можуть виникати в будівельних конструкціях. В цьому випадку значення критичного фактору можливо виразити через властивості двох випадкових величин  $\gamma_{R,i}$  і  $\gamma_{S,i}$ , які представляються незалежними вибірками.

$$K_{R,i} = \frac{m_S}{m_R} \cdot \frac{1 + \gamma_{S,i} V_S}{1 + \gamma_{R,i} V_R} = m_K \cdot \gamma_{K,i}; \quad (9)$$

$$\gamma_{K,i} = \frac{1 + \gamma_{S,i} V_S}{1 + \gamma_{R,i} V_R}.$$

Таким чином імовірнісні властивості випадкової величини  $\tilde{K}_R$  будуть визначатися виключно характеристиками випадкової величини  $\tilde{\gamma}_K$ , а математичне очікування  $m_K$  відіграє роль коефіцієнта пропорційності і не впливає на закон розподілу. Використовуючи класичні

прийоми математичної статистики було побудовано полігон і функцію розподілу для  $\tilde{\gamma}_K$ , а потім підібраний апроксимуючий вираз для діапазону зміни імовірностей 0,368...0,999994. Для аналітичного виразу була прийнята квадратна парабола, а для критичного фактору вираз виду

$$K_R = m_K \cdot (A_K y^2 + B_K y + C_K) \quad (10)$$

де  $A_K$ ,  $B_K$  і  $C_K$  – коефіцієнти, які обчислюються методом найменших квадратів і залежать від законів розподілу випадкових величин  $\gamma_R$  і  $\gamma_S$  та їх коефіцієнтів варіації.

Проведений аналіз чисельних значень даних коефіцієнтів показав їх відносну стабільність в діапазоні практично важливих значень коефіцієнту варіації несучої здатності. Залежність  $A_K$ ,  $B_K$  і  $C_K$  від коефіцієнта варіації навантаження  $V_S$  виражається формулами

$$A_K = \alpha_A V_S, \quad B_K = \alpha_B V_S, \quad C_K = 1 - \alpha_C V_S, \quad (10)$$

де  $\alpha_A$ ,  $\alpha_B$  і  $\alpha_C$  – безрозмірні коефіцієнти, які враховують вплив коефіцієнту варіації несучої здатності. В діапазоні  $V_R \in 0,05 \div 0,1$  значення коефіцієнтів можливо прийняти за таблицею 1.

Таблиця 1

**Коефіцієнти пропорційності, що враховують вплив коефіцієнту варіації несучої здатності**

$\alpha_A$	$\alpha_B$	$\alpha_C$
Нормальний закон розподілу навантаження		
-0,02	0,65	0,18
Розподіл навантаження за подвійним експоненціальним законом Гумбеля		
0	0,84	0,57

Фактична імовірність безвідмовної роботи конструкції визначатиметься, як

$$y_F = \frac{\sqrt{B_K^2 - 4A_K(C_K - 1/m_K)} - B_K}{2A_K}. \quad (11)$$

Використання формули (11) цілком просте і може бути застосоване в інженерних розрахунках. Перевагою даного підходу є можливість апроксимації досліdnих даних, отриманих в результаті експерименту, в діапазоні малих

імовірностей за відомим законом розподілу та коефіцієнту варіації випадкової величини.

**3. Випадок центрального та позацентрового стиску.** Для таких випадків визначення критичного фактору ускладнюється деякими особливостями детерміністичного розрахунку [5]. Зокрема, аналітично ускладнене вираження коефіцієнта поздовжнього згину  $\varphi$  як функції гнучкості елемента  $\lambda$ , границі текучості сталі  $R_y$ , та типу кривої стійкості.

$$\varphi = \frac{E}{2\lambda^2 R_y} \left[ L + \lambda^2 \frac{R_y}{E} - \sqrt{L^2 - 39,48\lambda^2 \frac{R_y}{E}} \right]; \quad (12)$$

$$L = \pi^2 \left( 1 - \alpha + \beta \lambda \sqrt{R_y/E} \right).$$

де  $\alpha$  і  $\beta$  – параметри кривої стійкості.

Для стиснуто-зігнутих елементів представлена аналогічна таблична залежність коефіцієнту стійкості при позацентровому стиску  $\varphi_e$  від умовної гнучкості  $\bar{\lambda}$  та відносного приведенного ексцентриситету  $m_{ef}$ .

Користуватися подібними таблицями чи формулою (12) при імовірнісному розрахунку неможливо. Тому було запропоновано замінити окреслені залежності апроксимованими виразами

$$\varphi = \exp\left(-\beta \cdot \lambda^\varepsilon / \pi^2 \cdot R_y / E\right), \quad (13)$$

де  $\varepsilon$  і  $\delta$  – параметри аналогічні  $\alpha$  і  $\beta$ .

$$\varphi_e = \exp\left(-0,4\bar{\lambda}^2 / \pi^2\right) \cdot \exp\left(-0,4m_{ef}^{0,7}\right) \quad (14)$$

Резерв несучої здатності стиснутого елемента  $\tilde{R}$  буде характеризуватися не величиною  $R_y$ , а добутком  $\varphi \cdot R_y$ . В цьому разі для центрально стиснутого елемента

$$K_{R,i} = m_K \cdot \gamma_{K,i} \cdot \exp\left[\beta \cdot \frac{\lambda^2}{\pi^2} \cdot \frac{m_R}{E} \cdot \gamma_{R,i} V_R\right]. \quad (15)$$

Для позацентрово стиснутого елемента

$$K_{R,i} = m_K \cdot \gamma_{K,i} \cdot \exp\left(0,4m_{ef}^{0,7}\right) \times \exp\left[0,4 \frac{\lambda^2}{\pi^2} \cdot \frac{m_R}{E} \cdot (1 + \gamma_{R,i} V_R)\right]. \quad (16)$$

Дослідження кількісних характеристик експоненти в (14) та (15) показали, що її значення мало відрізняються від одиниці

$\exp(\square) \approx 1,0$ . Тому можна зробити висновок, що задача імовірнісного розрахунку елементів сталевих конструкцій, які працюють на розтяг чи стиск в одній площині, стиснуто-зігнутих або в умовах чистого згину вирішена в рамках єдиного підходу в повністю аналітичній формі. Функцію надійності елемента можна представити у вигляді

$$y_F = -\ln[-\ln(F_\gamma)] = \frac{\sqrt{\alpha_B^2 - 4\alpha_A^2(1 - \alpha_C V_S - 1/m_K) - \alpha_B}}{2\alpha_A}. \quad (17)$$

Звідси імовірність безвідмовної роботи в явному вигляді

$$F_\gamma = \exp\left[-\exp\left(\alpha_B/2\alpha_A - \sqrt{\alpha_B^2 - 4\alpha_A^2(1 - \alpha_C V_S - 1/m_K)}/2\alpha_A\right)\right] \quad (18)$$

Вид напружено-деформованого стану при цьому враховується математичним очікуванням критичного фактору, яке визначається за виразами:

- для елементів, що працюють на розтяг або стиск

$$m_K = m_S/m_R. \quad (18)$$

- для центрально-стиснених елементів

$$m_K = \frac{m_S}{m_R} \cdot \exp\left(\beta \cdot \frac{\lambda^2}{\pi^2} \cdot \frac{m_R}{E}\right). \quad (19)$$

- для позацентрово-стиснених елементів

$$m_K = \frac{m_S}{m_R} \cdot \exp\left(0,4 \cdot \frac{\lambda^2}{\pi^2} \cdot \frac{m_R}{E}\right) \cdot \exp\left(0,4m_{ef}^{0,7}\right) \quad (20).$$

Закон розподілу міцності елемента і максимумів навантаження враховується безрозмірними коефіцієнтами наведеними в таблиці 1.

**Висновки.** 1. Сформульований імовірнісний підхід до пошуку функції надійності елементів сталевих емностей зберігання, на основі дослідження випадкової величини коефіцієнту критичного фактору.

2. Відповідно до класичного розрахункового методу отримані формульні залежності статистичних характеристик та щільності розподілу критичного фактору.

3. Розглянуто альтернативне вирішення задачі із застосуванням апроксимованих виразів для найбільш складних функціональних залежностей. імовірнісного розрахунку елементів сталевих конструкцій, які працюють на розтяг чи стиск в одній площині, стиснуто-зігнутих або в умовах чистого згину.

4. В рамках єдиного підходу в повністю аналітичній формі вирішена задача

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Болотин В. В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений / В. В. Болотин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1982. – 351 с.
2. Вентцель Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – 2-е изд., стер. – Москва : Высш. школа, 2000. – 383 с.
3. Махинько Н. А. Расчёт напряжённо-деформированного состояния конусных кровель при симметричной нагрузке / Н. А. Махинько // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2018. – № 1. – С. 82–89.
4. Перельмутер А. В. Устойчивость равновесия конструкций и родственные проблемы : в 3 т. / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. – Москва : СКАД СОФТ, 2010-2011.
5. Сталеві конструкції. Норми проектування : ДБН В.2.6-198:2014. – Чинні від 2015-01-01. – Київ : Мінрегіон України, 2014. – 199 с. – (Державні будівельні норми України).
6. Casciati Fabio. Mathematical Models for Structural Reliability Analysis / Fabio Casciati, Brian Roberts. – USA : CRC Press LLC, 1996. – 384 p. – (Mathematical Modeling Series).
7. Lemaire Maurice Structural Reliability / Maurice Lemaire. – London : Wiley-ISTE, 2009. – 504 p.
8. Makhinko N. Stress-strain state of the storage silos under the action of the asymmetric load / N. Makhinko // Matec Web of Conference. 7th International Scientific Conference «Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings» (Transbud-2018) (Kharkiv, Ukraine, November 14-16, 2018). – Les Ulis, France : EDP Sciences, 2018. – Vol. 230. – P. 1–6. – (Structures, Buildings and Facilities).
9. Timoshenko Stephen P. Theory of Elastic Stability / Stephen P. Timoshenko, James M. Gere. – 2nd ed. Ed. – New York, USA : Dover Publications Inc., 2009. – 560 p.

### REFERENCES

1. Bolotin V.V. Metody teorii veroiatnosti i teorii nadezhnosti v raschetakh sooruzhenii [Methods of the theory of probability and the theory of reliability in the calculations of structures]. Moskva, Stroizdat, 1982, 351 p. (in Russian).
2. Venttsel E.S. Teoriia sluchainykh protsessov i ee inzhenernye prilozheniia [Theory of random processes and its engineering applications]/ Moskva, Vysshaya shkola, 2000, 383 p. (in Russian).
3. Makhinko N.O. Rozrakhunok napruzhenno-deformovanoho stanu konusnykh pokrivel pry symmetrychnomu navantazhenni [Calculation of the deflected mode of conical roofs under the symmetric load ]. Visnyk PDABA, Dnipro, 2018, Vyp. 1,s. 74-83. (in Ukrainian). (<https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.170118.74.43>)
4. Perelmuter A.V., Slivker V.I. Ustoichivost rovnovesiia konstrukttsii i rodstvennyye problemy : v 3 t. [Structural equilibrium stability and related problems]. Moskva, SKAD SOFT, 2010-2011. (in Russian).
5. Stalevi konstrukttsii. Normy proektuvannia : DBN V.2.6-198:2014 [Steel structures. Design standards]. Kyiv, Minrehion Ukrainy, 2014, 199 p. (in Ukrainian).
6. Casciati F., Roberts B. Mathematical Models for Structural Reliability Analysis. USA, CRC Press, 1996, 384 p.
7. Lemaire M. Structural Reliability. London, UK, ISTE Ltd, 2009, 504 p.
8. Makhinko N. Stress-strain state of the storage silos under the action of the asymmetric load / N. Makhinko // Matec Web of Conference. Structures, Buildings and Facilities. – Les Ulis, France : EDP Sciences, 2018. – Vol. 230. – p. 1-6. (<https://doi.org/10.1051/mateconf/201823002018>)
9. Timoshenko S.P., Gere J.M. Theory of Elastic Stability (Dover Civil and Mechanical Engineering). Mineola, USA, Dover Publications, 2009, 560 p.

Рецензент: Савицький М. В., д-р техн. наук, проф.

Надійшла до редколегії: 07.12.2018 р.

УДК 669.18:519.21

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261218.77.451

## ЗОНА КОМПРОМІСУ КРИТЕРІЇВ ЯКОСТІ СТАЛІ СТ6

ФОРТИГІН А. А., *аспір.*

Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-39-56, fortigin13@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9838-5911

**Анотація. Постановка проблеми.** Коригування технологічного процесу випуску металопрокату потребує матеріально-часових витрат. У статті для поліпшення показників механічних властивостей сталей широкого призначення запропоновано застосувати методику визначення області компромісу властивостей металу. Ця методика базується на пошуку необхідного поєднання показників міцності та пластичності сталі. Об'єктом дослідження виступає процес оцінювання критеріїв якості сталі Ст6. Матеріалом для дослідження обрано сталь Ст6 у стані заводської поставки, що має феритно-перлітну структуру. Механічні властивості та хімічний склад досліджувалися у всій робочій області параметрів сталі. **Результати та їх обговорення.** Побудовано область компромісу механічних властивостей ( $\sigma_B$ ,  $\sigma_T$ , HB та  $\delta$ ) залежно від показників їх хімічного складу (C, Si, Mn, Ni, S, P, Cr). Визначено співвідношення з найкращим поєднанням показників міцності та пластичності шляхом співставлення робочих областей заданих параметрів. **Висновки.** Для сталі Ст6 із використанням математичного моделювання розроблено методику визначення області компромісу механічних властивостей залежно від хімічного складу. Запропонована методика дозволяє з мінімальними часовими та матеріальними витратами прогнозувати критерії якості досліджуваної сталі в процесі її випуску.

**Ключові слова:** область компромісу; механічні властивості; хімічний склад; математичне моделювання; структура

## ЗОНА КОМПРОМИССА КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА СТАЛИ СТ6

ФОРТЫГИН А. А., *аспир.*

Кафедра материаловедения и обработки материалов, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (0562) 47-39-56, e-mail: fortigin13@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9838-5911

**Аннотация. Постановка проблемы.** Корректировка технологического процесса выпуска металлопроката требует материально-временных затрат. В работе для улучшения показателей механических свойств сталей широкого назначения предложено применить методику определения области компромисса свойств металла. Эта методика базируется на поиске необходимого сочетания показателей прочности и пластичности стали. Объектом исследования выступает процесс оценки критериев качества стали Ст6. Материалом для исследования выбрана сталь Ст6 в состоянии заводской поставки, которая имеет ферритно-перлитную структуру. Механические свойства и химический состав исследовались во всей рабочей области параметров стали. **Результаты и их обсуждение.** Построена область компромисса механических свойств ( $\sigma_B$ ,  $\sigma_T$ , HB та  $\delta$ ) в зависимости от показателей их химического состава (C, Si, Mn, Ni, S, P, Cr). Определены соотношения с лучшим сочетанием показателей прочности и пластичности путем сопоставления рабочих областей заданных параметров. **Выводы.** Для стали Ст6 с использованием математического моделирования разработана методика определения области компромисса механических свойств в зависимости от химического состава. Предложенная методика позволяет с минимальными временными и материальными затратами прогнозировать критерии качества исследуемой стали в процессе ее выпуска.

**Ключевые слова:** область компромисса; механические свойства; химический состав; математическое моделирование; структура

## ZONE OF COMPROMISE QUALITY CRITERIA OF ST6 STEEL

FORTIHIN A. A., *Postgraduate student*

Department of Materials Science, State Higher Educational Establishment «Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a Chernishevskogo st., Dnipro 49600, Ukraine, phone +38 (0562) 47-39-56, e-mail: fortigin13@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9838-5911

**Abstract. Problem formulation** Correction of the technological process of metal rolling is a task that requires material and time costs. In work to improve the indicators of mechanical properties of wide-use steels it is proposed to apply a method for determining the compromise region of the properties of the metal. This technique is based on finding the necessary combination of strength and plasticity indexes of steel. **Object of study.** The object of the research is the process of assessing the quality criteria of steel ST6. **Materials and methods.** Materials for research are selected steel ST6 in the state of factory delivery, which has a ferrite-perlite structure. Mechanical properties and chemical composition were studied in the whole working area of steel parameters. **Results.** An area of compromise between mechanical properties ( $\sigma_B$ ,  $\sigma_T$ , HB and  $\delta$ ) has been constructed, depending on their chemical composition (C, Si, Mn, Ni, S, P, Cr). The relationships with the best combination of strength and plasticity are determined by comparing the working

areas of the given parameters. **Conclusions.** For steel ST6, using mathematical modeling, a method for determining the compromise area of mechanical properties, depending on the chemical composition, has been developed. The proposed method allows to predict the quality criteria of the investigated steel in the process of its release with minimum time and material costs.

**Keywords:** *compromise area; mechanical properties; chemical composition; mathematical modeling; structure*

**Постановка проблеми.** Процес виготовлення металопрокату пов'язаний зі значними матеріально-часовими витратами. Якість готової продукції можна визначати, зазвичай, після завершення технологічного циклу. Тому вже в процесі виробництва намагаються формувати критерії якості металу шляхом регулювання керованих змінних у межах їх робочої області, що обмежена штатною технологією [1; 2]. До таких змінних відносять елементи хімічного складу, температурні режими обробки виробів та інші характеристики. Але результати прогнозу властивостей металопрокату із застосуванням різних методик не завжди збігаються з результатами натурних іспитів. Причиною цьому служать багатопараметричність та багатокритеріальність технології виробництва металопрокату [3-5], де підвищення одних показників якості спричинює погіршення інших.

Для пошуку завдання вибору субоптимального співвідношення властивостей металу застосовують системний підхід [6; 7], включаючи імітаційне моделювання [8], методики планування експериментів [9; 10],

теоретико-інформаційний підхід [11], регресійний аналіз [12] та ін. Для прогнозу механічних характеристик металів застосовують також фрактальне моделювання [13-16]. У працях [17; 18] розкрито методику визначення області компромісу критеріїв якості багатопараметричних технологій. Під областю компромісу слід розуміти область із субоптимальним поєднанням критеріїв, тобто область, де вони мінімально суперечать одне одному (наприклад, підвищення твердості зумовлює зниження показників пластичності).

У статті запропоновано для визначення необхідного поєднання показників міцності та пластичності досліджуваної марки сталі визначати область їх компромісу.

**Об'єктом дослідження** виступає процес оцінювання критеріїв якості сталі Стбсп залежно від впливу елементів її хімічного складу в робочій області параметрів (ГОСТ 380-2005 та ГОСТ 535-2005).

**Матеріали та методика.** В якості матеріалу для дослідження обрано сталь Стбсп, хімічний склад якої наведено в таблиці згідно з ГОСТ 380-2005.

Таблиця

**Вміст елементів хімічного складу сталі Стбсп**

Хімічний склад	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
Вміст, %	0,38 – 0,49	0,15 – 0,30	0,50 – 0,80	до 0,3	до 0,05	до 0,04	до 0,30	до 0,30	до 0,08

Структура сталі Стбсп у стані заводської поставки складалася з фериту та перліту (див. рис. 1). Для дослідження структури шліфи полірувались та травились у 4 % розчині азотної кислоти в спирті. В результаті кількісного аналізу структури встановлено, що кількість перліту в сталі перебувала межах 50...60 %, інша частка припадала на вміст фериту.

Робоча область критеріїв якості сталі Стбсп перебувала в таких межах: межа міцності  $\sigma_B = 570...610$  МПа; межа плинності  $\sigma_T = 295...315$  МПа; твердість

НВ = 175...217; відносне видовження  $\delta = 12...15$  %.

**Результати.** Для визначення області компромісу механічних властивостей сталі Стбсп визначалися окремо робочі області показників якості та елементів хімічного складу (див., наприклад, рис. 2). Відомо, що збільшення показників міцності викликає зниження показників пластичності. Тому при співставленні графіків робочих областей обраних критеріїв якості отримана область їх компромісу (область, де критерії якості мінімально вступають у протиріччя одне з одним) (рис. 3).

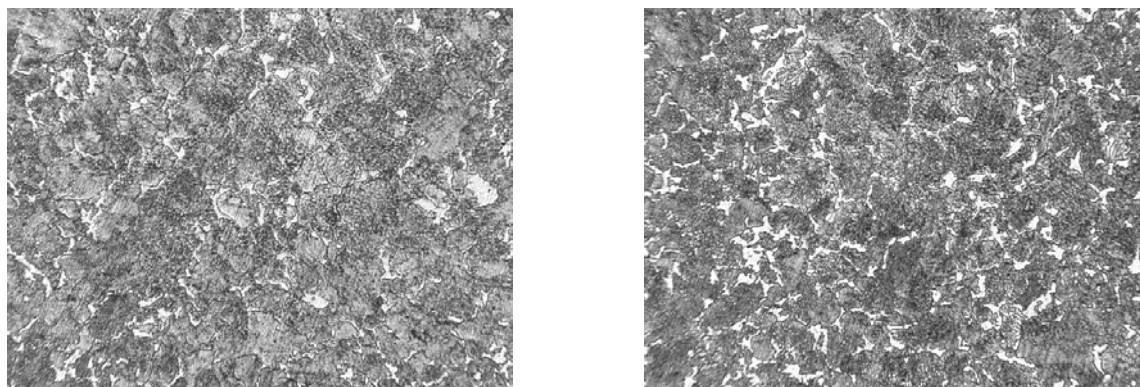


Рис. 1. Структура сталі Стбсп,  $\times 400$

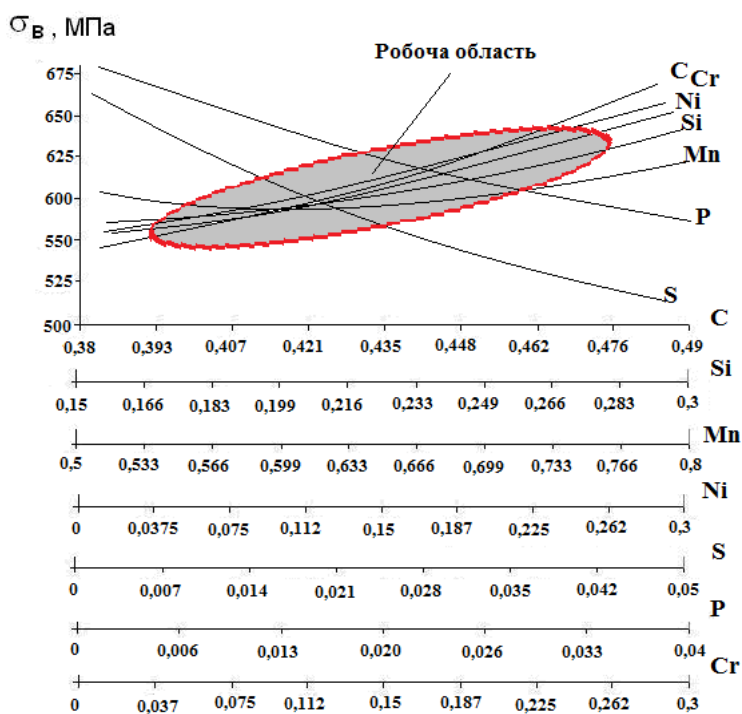


Рис. 2. Робоча область показників межі міцності

За змінні обрано елементи хімічного складу, а як критерії – такі механічні властивості: межа міцності на розрив, межа плинності, твердість, відносне видовження. За критерії обиралися одні з основних механічних властивостей сталі, що визначають якість металу та його придатність до експлуатації. Для побудови області компромісу обрано ті елементи хімічного складу, що найбільше впливають на механічні характеристики. Область компромісу властивостей визначена графо-аналітичним методом, що полягає в нормованому поданні змінних, наведених у відсотках.

Аналіз робочої області механічних властивостей та хімічного складу досліджуваної сталі (рис. 3) свідчить про

зростання показників міцності ( $\sigma_B$ ,  $\sigma_T$ ) та твердості (НВ) завдяки збільшенню вмісту вуглецю і кремнію, а також нікелю та хрому. Збільшення пластичних характеристик металу ( $\delta_5$ ) пов'язане зі збільшенням вмісту хрому з 0,040 до 0,30 % та нікелю з 0,038 до 0,30 %.

Область компромісу можна застосовувати для вибору властивостей міцності та пластичності залежно від вимог замовника на комплекс механічних властивостей металопрокату зі сталі Стбсп. Такий підхід можливо реалізувати шляхом зміни кількісних показників обраних параметрів технології (елементів хімічного складу).



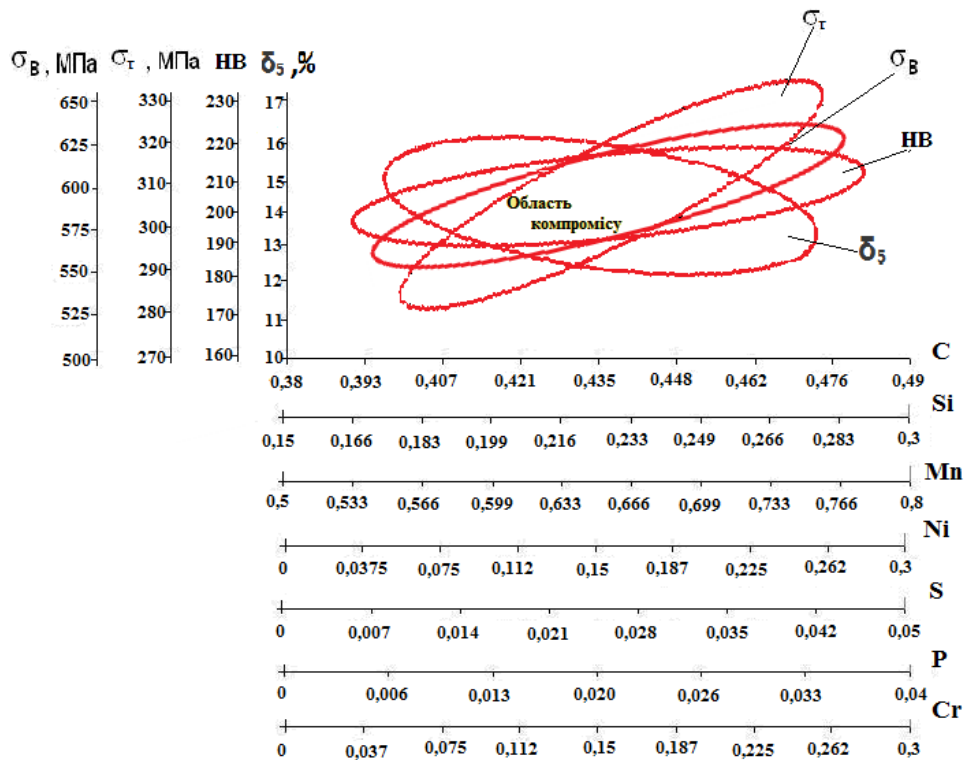


Рис. 3. Область компромісу механічних властивостей сталі Стбсп

**Висновки.** Визначено область компромісу зі найбільш ефективним поєднанням механічних властивостей ( $\sigma_B$ ,  $\sigma_T$ , HB та  $\delta_5$ ) прокату зі сталі Стбсп згідно з ГОСТ 535-2005 по встановлених межах вмісту компонентів хімічного складу. Область компромісу критеріїв якості визначена на основі да-

них пасивного експерименту. Реалізація цього методу дозволяє встановлювати пріоритет на комплекс механічних властивостей прокату досліджуваної марки сталі, прогнозувати зміни технологічного процесу шляхом коригування його хімічного складу.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сильман Г. И. Термодинамика и термокинетика структурообразования в чугунах и сталях / Г. И. Сильман. – Москва : Машиностроение, 2007. – 302 с.
2. Большаков В. И. Поиск путей прогноза качества металла / В. И. Большаков, А. А. Фортыхин // Металознавство та термічна обробка металів. – 2017. – № 4. – С. 16–22. – Режим доступа: <http://mtom.pgasa.dp.ua/article/view/16-22/119658>. – Проверено 25.04.2019.
3. Дубров Ю. Пути идентификации периодических многокритериальных технологий на примере технологии производства прокатных валков / Юрий Дубров, Владимир Большаков, Владимир Волчук. – Saarbrücken : Palmarium Academic Publishing, 2015. – 244 с. – Режим доступа: <https://www.palmarium-publishing.ru/#>. – Проверено: 24.04.2019.
4. Большаков В. И. Идентификация многопараметрических, многокритериальных технологий и пути их практической реализации / В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Ю. И. Дубров // Металознавство та термічна обробка металів. – 2013. – № 4. – С. 5–11.
5. Большаков В. И. Этапы ідентифікації багатопараметричних технологій та шляхи їх реалізації / В. И. Большаков, В. М. Волчук, Ю. И. Дубров // Вісник Національної академії наук України. – 2013. – № 8. – С. 66–72. – Режим доступа : <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/67873>. – Перевірено: 05.04.2019.
6. Системний аналіз технології виробництва масивного металевого лиття / Вад. І. Большаков, В. І. Большаков, В. М. Волчук, Ю. І. Дубров // Вісник Національної академії наук України. – 2015. – № 9. – С. 69–73. – Режим доступа: [http://www.visnyk-nanu.org.ua/archive/2015\\_9](http://www.visnyk-nanu.org.ua/archive/2015_9). – Перевірено: 05.04.2019.
7. Большаков В. И. О прогнозировании качества целевого продукта в периодических технологиях / В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Ю. И. Дубров // Доповіді Національної академії наук України. – 2014. – № 11. – С. 77–81. – Режим доступа : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/dnanu\\_2014\\_11\\_15](http://nbuv.gov.ua/UJRN/dnanu_2014_11_15). – Проверено: 24.04.2019.

8. Большаков В. И. О применении имитационного моделирования в материаловедении / В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Ю. И. Дубров // *Металлознавство та термічна обробка металів*. – 2015. – № 4. – С. 26–31. – Режим доступу: <http://mtom.pgasa.dp.ua/article/view/26-31>. – Проверено: 24.04.2019.
9. Kroviakov S. Management of the Properties of Shipbuilding Expanded Clay Lightweight Concrete / S. Kroviakov, A. Mishutin, O. Pishev // *International Journal of Engineering & Technology*. – 2018. – Vol. 7 – № 3.2. – P. 245–249. – Режим доступу: <https://www.sciencepubco.com/index.php/ijet/article/view/14412/5842>. – Проверено: 05.04.2019.
10. Волчук В. М. Ранжування елементів хімічного складу металу / В. М. Волчук, О. Р. Живиця // *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. – 2018. – № 3. – С. 36–41. – Режим доступу: <https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.250918.36.194>. – Перевірено: 05.04.2019
11. Большаков В. И. Применение теоретико-информационного подхода для идентификации структуры металла / В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Ю. И. Дубров // *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури* : зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2014. – № 8. – С. 4–9. – Режим доступу: <http://visnyk.pgasa.dp.ua/article/view/41345/37760>. – Проверено 05.04.2019.
12. Method of material quality estimation with usage of multifractal formalism / V. Volchuk, I. Klymenko, S. Kroviakov, M. Orešković // *Tehnički glasnik–Technical Journal*. – 2018. – Vol. 12. – № 2. – P. 93–97. – Режим доступу: <https://hrcak.srce.hr/202359>. – Перевірено 25.04.2019.
13. Bolshakov V. Fractals and properties of materials : monographies / V. Bolshakov, V. Volchuk, Yu. Dubrov. – Saarbrücken : Lambert Academic Publishing, 2016. – 148 p. – Режим доступу: <https://www.lap-publishing.com/catalog/details/store/tr/book/978-3-330-01812-9/fractals-and-properties-of-materials?search=Fractals>. – Перевірено: 25.04.2019.
14. Большаков В. И. Основы организации фрактального моделирования : монография / В. И. Большаков, В. Н. Волчук, Ю. И. Дубров. – Киев : Академперіодика, 2017. – 170 с.
15. Bolshakov V. I. Regularization of One Conditionally III-Posed Problem of Extractive Metallurgy / V. I. Bolshakov, V. M. Volchuk, Yu. I. Dubrov // *Металлофізика и новейшие технологии = Metallofizika i noveishie tekhnologi*. – 2018. – Vol. 40, iss. 9. – P. 1165–1171. – Режим доступу: <https://DOI: 10.15407/mfint.40.09.1165>. – Проверено 05.04.2019.
16. Волчук В. Н. К применению фрактального формализма при ранжировании критериев качества многопараметрических технологий / В. Н. Волчук // *Металлофізика новейшие технологии*. – 2017. – Т. 39. – № 3. – С. 949–957. – Режим доступу: <http://mfint.imp.kiev.ua/ru/abstract/v39/i07/0949.html>. – Проверено 25.04.2019.
17. Большаков В. И. Способ определения области компромисса критериев качества многокритериальных технологий / В. И. Большаков, А. А. Фортыгин // *Металлознавство та термічна обробка металів*. – 2016. – № 2. – С. 40–46. – Режим доступу: <http://mtom.pgasa.dp.ua/article/view/40-46/66434>. – Проверено 25.04.2019.
18. Волчук В. Н. К определению области компромисса характеристик качества материалов / В. Н. Волчук // *Металлознавство та термічна обробка металів*. – 2015. – № 3. – С. 21–25. – Режим доступу: <http://mtom.pgasa.dp.ua/article/view/23-30/54119>. – Проверено 25.04.2019.

## REFERENCES

1. Sil'man G.I. *Termodinamika i termokinetika strukturoobrazovaniya v chugunakh i stalyakh* [Thermodynamics and thermokinetics of structure formation in iron and steel]. Moskva: Mashinostroyeniye, 2007, 302 p. (in Russian).
2. Bolshakov V. I. and Fortigin A. A. *Poisk putey prognoza kachestva metalla* [The method of the metal quality prediction]. *Metalloznnavstvo ta termichna obrobka metaliv* [Metall Science and Heat Treatment of Metals]. 2014, no. 4, pp. 16–22. Available at: <http://mtom.pgasa.dp.ua/article/view/16-22>. (in Russian).
3. Dubrov Yu., Bolshakov V. and Volchuk V. *Puti identifikatsii periodicheskikh mnogokriterial'nykh tekhnologiy* [Ways of periodic identification of multi-criteria technology]. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing. 2015, 236 p. Available at: <https://www.palmarium-publishing.ru/extern/listprojects>. (in Russian).
4. Bolshakov V. I., Volchuk V. N. and Dubrov Yu. I. *Identifikatsiya mnogoparametricheskikh, mnogokriterial'nykh tekhnologiy i puti ikh prakticheskoy realizatsii* [Multiparameter identification, multicriteria techniques and ways of their implementation]. *Metalloznnavstvo ta termichna obrobka metaliv* [Metall Science and Heat Treatment of Metals]. 2013. № 4. pp. 5-11. (in Russian).
5. Bol'shakov V.I., Volchuk V.N. and Dubrov Yu.I. *Etapy identyfikatsiyi bahatoparametrychnykh tekhnolohiy ta shlyakhyy yikh realizatsiyi* [Stages multiparameter identification technologies and ways of their implementation]. *Visnyk Natsional'noyi akademiyi nauk Ukrayiny* [Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine]. 2013, no. 8, pp. 66–72. (in Ukrainian).
6. Bol'shakov Vad.I., Bol'shakov V.I., Volchuk V.N. and Dubrov Yu.I. *Systemnyy analiz tekhnolohiyi vyrobnytstva masyvnoho metalevoho lyttya* [System analysis techniques of producing solid metal castings]. *Visnyk Natsional'noyi akademiyi nauk Ukrayiny* [Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine]. 2015, no. 9, pp. 69–73. (in Ukrainian).

7. Bolshakov V.I., Volchuk V.N. and Dubrov Yu.I. *O prognozirovanii kachestva tselevogo produkta v periodicheskikh tekhnologiyakh* [Predicting the quality of a desired product in periodic technologies]. *Dopovidi Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy* [Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine]. 2014, no. 11, pp. 77–81. (in Russian).
8. Bolshakov V.I., Volchuk V.N. and Dubrov Yu.I. *O primenenii imitatsionnogo modelirovaniya v materialovedenii* [The application simulated modelling in materials science]. *Metaloznavstvo ta termichna obrobka metaliv* [Metall Science and Heat Treatment of Metals]. 2015, no. 4. pp. 26–31. (in Russian).
9. Kroviakov S., Mishutin A. and Pishev O. Management of the Properties of Shipbuilding Expanded Clay Lightweight Concrete. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018, [S.1.], vol. 7, no. 3.2, pp. 245–249.
10. Volchuk V.M. and Zhivitsa O.R. *Ranzhuvannya elementiv khimichnoho skladu metalu* [Ranking of elements of chemical composition of metal]. *Visnyk Prydniprovs'koyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2018, no. 3, pp. 36–41. (in Ukrainian).
11. Bolshakov V.I., Volchuk V.M. and Dubrov Yu.I. *Primeneniye teoretiko-informatsionnogo podkhoda dlya identifikatsii struktury metalla* [The use of information–theoretic approach to identify the structure of the metal]. *Visnyk Prydniprovs'koyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2014, no. 8, pp. 4–9. (in Russian).
12. Volchuk V., Klymenko I., Kroviakov S., Orešković M. Method of material quality estimation with usage of multifractal formalism. *Tehnički glasnik - Technical Journal*. 2018, vol. 12, no. 2, pp. 93–97.
13. Bol'shakov V., Volchuk V. and Dubrov Yu. *Fractals and properties of materials*. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2016, 140 p.
14. Bolshakov V.I., Volchuk V.M. and Dubrov Yu.I. *Osnovy organizatsii fraktal'nogo modelirovaniya* [Fundamentals of fractal modeling]. Kiev: Akadempriodika, 2017, 170 p. (in Russian).
15. Bolshakov V.I., Volchuk V.M. and Dubrov Yu.I. Regularization of One Conditionally Ill-Posed Problem of Extractive Metallurgy. *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii*, 2018, vol. 40, no. 9, pp. 1165–1171.
16. Volchuk V.M. *K primeneniyu fraktal'nogo formalizma pri ranzhirovanii kriteriyev kachestva mnogoparametricheskikh tekhnologiy* [On the Application of Fractal Formalism for Ranging Criteria of Quality of Multiparametric Technologies]. *Metallofizika i noveyshiye tekhnologii* [Metal Physics and Advanced Technologies]. 2017, vol. 39, no 3, pp. 949–957. (in Russian).
17. Bolshakov V.I. and Fortigin A.A. *Sposob opredeleniya oblasti kompromissa kriteriyev kachestva mnogokriterial'nykh tekhnologi* [The field determining method of the quality criteria compromise of multicriteria technology]. *Metaloznavstvo ta termichna obrobka metaliv* [Metall Science and Heat Treatment of Metals]. 2016. no. 2. pp. 40–46. (in Russian).
18. Volchuk V.N. *K opredeleniyu oblasti kompromissa kharakteristik kachestva materialov* [By identifying areas compromise performance materials quality]. *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov* [Metall Science and Heat Treatment of Metals]. 2015, no. 3, pp. 21–25. (in Russian).

Рецензент: Волчук В. М., д-р техн. наук, доц.

Надійшла до редколегії: 14.12.2018 р.

УДК 72.01

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261218.83.452

## ФІЛОСОФІЯ В АРХІТЕКТУРІ: СУЧАСНИЙ ПОГЛЯД

ГРЕБІННИК Т. О.<sup>1</sup>, канд. іст. наук, доц.,

БІЛОПОЛІЙ В. В.<sup>2</sup>, канд. іст. наук, доц.,

ПЛАКСІНА О. І.<sup>3</sup>, канд. філ. наук, доц.

<sup>1</sup>Кафедра філософії і політології, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, +38(0562)47-16-11; e-mail: gta58@ ukr.net; ORCID ID 0000-0003-1722-9242.

<sup>2</sup>Кафедра філософії і політології, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, +38(0562)47-16-11; e-mail: bv11.5@ukr.net; ORCID ID 0000-0001-9935-7568

<sup>3</sup>Кафедра філософії і політології, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, e-mail: svpdnpr@i.ua, ORCID ID 0000-0003-2830-8229.

**Анотація. Постановка проблеми.** У зв'язку з реформуванням вищих навчальних закладів в Україні відсутні навчальні та дослідні матеріали, що можуть допомогти системно та послідовно виявити на стадії проектного дослідження зв'язок між функцією, формоутворенням та культурологічно-філософськими особливостями контексту архітектурного середовища міста. **Мета статті** - теоретично встановити факт паралельного історичного розвитку та нероздільної категоріальної, естетичної, етичної цілісності теоретичних і практичних категорій філософії та архітектури. **Виклад матеріалу.** Актуальність роботи на разі полягає в тому, що доводиться необхідність поглибленого вивчення філософських проблем в підготовці майбутніх архітекторів. Обидві дисципліни охоплюють майже всі області людського досвіду, починаючи із жрецької мудрості стародавнього світу, з первісного символізму. Крім того, обидві сфери діяльності і мислення самостійно, не перетинаючись, обґрунтовують свою методологію і логіку передачі досвіду. Онтологічний аспект дослідження полягає у прийнятому апріорно положенні: кожен зодчий свідомо чи несвідомо, в міру сил і таланту, керується метою, зазначеною в самому імені його професії, прагне представити у своєму творі максимально виражену і розгорнуту картину світобудови. Саме ця цільова установка служить стрижнем для всієї множини смислів архітектури, пружиною для її становлення і розгортання. Гносеологічний аспект впливає з онтологічного аспекту. У цьому аспекті розкриваються зміст і логіка становлення і розгортання архітектурного простору й архітектурної форми. Культура дає численні свідчення про тісні органічні зв'язки філософії і архітектури. Не випадково самі архітектори схильні називати архітектуру застиглою у камені філософією свого часу, як це робить, наприклад, Ле Корбюзьє. Точки зіткнення філософії та архітектури різноманітні. Велика роль належить особистим творчим контактам людей мистецтва з філософами. Рівень освоєння курсу визначається вмінням магістрантів орієнтуватися в сучасних філософських школах і напрямках, навичками читання філософської літератури, це вміння формується на загальному курсі з філософії. Але цих навичок недостатньо для підвищення теоретичної і категоріальної культури майбутніх архітекторів. Потрібне більше осмислення та розуміння ролі і місця архітектури й архітектора у світі, в сучасному житті, усвідомлення небезпеки перетворення архітектури на чисту формотворчість, байдужу до сучасних гуманітарних загальнолюдських і національних цінностей. **Висновок.** Виявляється, що архітектуру неможливо відокремити від її способу формувати світ за поглядами цілих поколінь архітекторів. Тобто формується світогляд епохи, який базується на досягненнях світу, і саме тому філософія прийняла на себе образ архітектури і прагнула досягти її подоби. Так виникає фундаментальна амбівалентність філософії щодо архітектури, без якої філософія не може працювати.

**Ключові слова:** філософія і архітектура; мова архітектури; семіотика формоутворення; онтологія в архітектурі; ідеальне і матеріальне; синтез мистецтв

## ФИЛОСОФИЯ В АРХИТЕКТУРЕ: СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД

ГРЕБЕННИК Т. А.<sup>1</sup>, канд. ист. наук, доц.,

БЕЛОПОЛІЙ В. В.<sup>2</sup>, канд. ист. наук, доц.,

ПЛАКСИНА О. И.<sup>3</sup>, канд. фил. наук, доц.

<sup>1</sup>Кафедра философии и политологии, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днiпро, Украина, тел. +38 (056) 756-34-42; e-mail: gta58@ ukr.net, ORCID ID 0000-0003-1722-9242.

<sup>2</sup>Кафедра философии и политологии Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днiпро, Украина, тел. +38 (056) 756-34-42; e-mail: bv11.5@ukr.net, , ORCID ID 0000-0001-9935-7568

<sup>3</sup>Кафедра философии и политологии, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днiпро, Украина, тел. +38 (056) 756-34-42, e-mail: svpdnpr@i.ua, ORCID ID 0000-0003-2830-8229.

**Аннотация. Постановка проблемы.** В связи с реформированием высших учебных заведений в Украине отсутствуют учебные и исследовательские материалы, которые могут помочь системно и последовательно выявить на стадии проектного исследования связь между функцией, формообразованием и культуролого-философскими особенностями контекста архитектурной среды города. **Цель статьи** - провести параллели исторического развития мировоззрения в философии и формирования эстетической, этической целостности теоретических и практических категорий как в философии, так и в архитектуре. **Изложение материала.** Становится очевидной необходимость изучения философских проблем в подготовке будущих архитекторов. Пересечение путей архитектурной и философской теорий поддерживает многовековая традиция. Обе дисциплины охватывают почти все области человеческого опыта. Также обе сферы деятельности и мышления сами являются источниками своей метрологии и логики, являются самообосновывающимися. Корень их уходит в жреческую мудрость древнего мира, в первобытный символизм. Онтологический аспект исследования заключен в принимаемом априорно положении: каждый зодчий сознательно или неосознанно, в меру сил и таланта, руководствуется целью, означенной в самом имени его профессии, стремится представить в своем произведении максимально выраженную и развернутую картину мироздания. Именно эта целевая установка служит стержнем для всего множества смыслов архитектуры, пружиной для ее становления и развертывания. Гносеологический аспект вытекает из онтологического аспекта. В этом аспекте раскрывается смысл и логика становления и развертывания архитектурного пространства и архитектурной формы. Культура дает многочисленные свидетельства о тесных органических связях философии и архитектуры. Не случайно сами архитекторы склонны называть архитектуру застывшей в камне философией своего времени, как это делает, например, Ле Корбюзье. Уровень усвоения курса определяется умением магистрантов ориентироваться в современных философских школах и направлениях, навыками чтения философской литературы. Это новый уровень повышения теоретической и категориальной культуры в работе над научными рефератами, магистерскими работами, докладами на научных конференциях; более осмысленным пониманием роли и места архитектуры и архитектора в современной жизни, осознанием опасности превращения архитектуры в чистое формотворчество, равнодушное к современным гуманитарным общечеловеческим и национальным ценностям. **Вывод.** Таким образом выясняется, что архитектуру невозможно отделить от ее образа даже средствами всемогущей философии, и именно потому что, некогда философия приняла на себя образ архитектуры и стремилась достичь ее подобия. Так возникает фундаментальная амбивалентность философии относительно архитектуры, без которой философия не может работать, и наоборот.

**Ключевые слова:** философия и архитектура; язык архитектуры; категории формы и пространства; онтология в философии и архитектуре; идеальное и материальное; синтез искусств

## PHILOSOPHY IN ARCHITECTURE: A MODERN VIEW

GREBINNYK T. O.<sup>1</sup>, *Ph.D., in Historical Sciences Ass. Professor,*

BELOPOLY V. V.<sup>2</sup>, *Ph.D., in Historical Sciences Ass. Professor,*

PLAKSINA O. I.<sup>3</sup>, *Ph.D., in Philosophy Sciences Ass. Professor*

<sup>1</sup>Department of Philosophy and Political Science; State Higher Educational Establishment «Pridniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», Chernishevskogo str., 24-a, Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-42; e-mail: gta58@ukr.net, ORCID ID 0000-0003-1722-9242.

<sup>2</sup>Department of Philosophy and Political Science; State Higher Educational Establishment «Pridniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», Chernishevskogo str., 24-a, Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-42; e-mail: bv11.5@ukr.net, ORCID ID 0000-0001-9935-7568

<sup>3</sup>Department of Philosophy and Political Science; State Higher Educational Establishment «Pridniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», Chernishevskogo str., 24-a, Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-42; e-mail: svpdnepr@i.ua, ORCID ID 0000-0003-2830-8229.

**Summary. Problem statement.** In connection with the reform of higher education institutions in Ukraine, there are no teaching and research materials, which can help to identify systematically and consistently the connection between the function, morphogenesis and cultural and philosophical features of the context of the architectural environment of city. **The purpose of the work** is to establish the existence of parallel of historical development and indivisible aesthetic, ethical integrity of the theoretical and practical categories of philosophy and architecture. **Presentation of the material.** The relevance of the work at the moment lies in the fact that there is a need for in-depth study of philosophical problems in the preparation of future architects.

Their similarity lies, first of all, in the fact that both disciplines cover almost all areas of human experience, starting with the priestly wisdom of the ancient world, with primitive symbolism. In addition, both spheres of activity and thinking independently, without overlapping, substantiate their methodology and the logic of transfer of experience. The ontological aspect of the study lies in the pre-assumed a priori position: every architect consciously or unknowingly, with the strength and talent, is guided by the purpose indicated in the name of his profession, seeks to present in his work the most expressed and unfolded picture of the universe. Exactly this facility is basis of this target installation that serves as the basis for the whole set of meanings of architecture, a spring for its formation and deployment. An epistemological aspect comes from the ontological aspect. In this aspect, the content and logic of the formation and

deployment of architectural space and architectural form are revealed. Culture gives numerous evidence of the close organic connections of philosophy and architecture. It is no coincidence that architects themselves tend to call the architecture of a stone-clad philosophy of their time, as does, for example, Le Corbusier. Points of conflict between philosophy and architecture are diverse. An important role belongs to the personal creative contacts of people of art with philosophers. The level of mastering the course is determined by the ability of masters to navigate in contemporary philosophical schools and directions, the skills of reading philosophical literature, this skill is formed on the general course on philosophy. But these skills are not enough to enhance the theoretical and categorical culture of future architects. More understanding and understanding of the role and place of architecture and architecture in the world, in modern life, awareness of the danger of transforming architecture into pure form-building, indifferent to modern humanitarian and universal values. Conclusion. It turns out that architecture can not be separated from its way of shaping the world for the views of entire generations of architects. That is, the outlook of the era is formed based on the achievements of the world and that is why philosophy assumed the image of architecture and sought to achieve its similarity. So there is a fundamental ambivalence of the philosophy of architecture, without which philosophy can not work.

**Keywords:** *philosophy and architecture; language of architecture; semiotics of morphogenesis; ontology in architecture; concepts of ideal and material; synthesis of arts*

**Постановка проблеми.** У зв'язку з реформуванням вищих навчальних закладів в Україні відсутні навчальні та дослідні матеріали, що можуть допомогти системно та послідовно виявити на стадії проектного дослідження зв'язок між функцією, формоутворенням та культурологічно-філософськими особливостями контексту архітектурного середовища міста.

**Мета статті** - теоретично встановити факт паралельного історичного розвитку та нероздільної категоріальної, естетичної, етичної цілісності теоретичних і практичних категорій філософії та архітектури.

Актуальність дослідження полягає в тому, що воно доводить необхідність поглибленого вивчення філософських проблем у підготовці майбутніх архітекторів.

Схожість їх полягає, перш за все, в тому, що обидві дисципліни охоплюють майже всі області людського досвіду. Також обидві сфери діяльності і мислення являють собою джерела своєї методології і логіки; є такими, що обґрунтовують сам у себе. Корінь їх іде в жрецьку мудрість стародавнього світу, в первісний символізм.

**Аналізовані публікації** розрізнені теоретичні праці архітекторів-практиків та декілька теоретичних праць архітекторів ХХ століття; базові філософські праці відповідних епох; література з предмета дослідження практично відсутня.

На основі праць філософів та архітекторів зроблено спробу відстежити взаємозв'язок обох дисциплін у сфері ідей

та їх матеріальних втілень. Дослідження проведено в міждисциплінарній області, яку досі не осягає освітня програма магістратури жодної архітектурної спеціальності вишів України.

**Виклад матеріалу.** Іноді доводиться читати, що архітектура «моделює» образ світу, або онтологічну дійсність. Це означає, що відношення архітектури до світу не вичерпується тим, що архітектура складає частину цього світу, що архітектура входить у світ або включається в нього. Це означає ще і те, що, не будучи рівною всьому світу за обсягом і складаючи лише частину світу, архітектура символічно відображає його структуру в цілому.

Застосовуючи принцип стадіальності, можна розглянути розвиток тієї чи іншої традиції як природний генетичний процес. Скільки-небудь повну картину розвитку того чи іншого типу архітектури скласти по пам'ятниках однієї конкретної культури, як правило, неможливо. Будь-яка конкретна архітектурна традиція, пов'язана з конкретним культурним ареалом, могла почати свій розвиток із первинної стадії: через міграцію її носіїв або вплив сусідів.

**Об'єктами дослідження** стали власне архітектура і глибинне філософське обґрунтування архітектурних категорій.

Онтологічний аспект дослідження полягає у заздалегідь прийнятому апріорному положенні: кожен здочий свідомо чи несвідомо, в міру сил і таланту, керується метою, зазначеною в самому імені його професії, прагне представити в своєму

творі максимально виражену і розгорнуту картину світобудови. Саме ця цільова установка служить стрижнем для всієї множини смислів архітектури, пружиною для її становлення і розгортання проєктів.

Гносеологічний аспект впливає з онтологічного аспекту. В цьому аспекті розкриваються зміст і логіка становлення і розгортання архітектурного простору і архітектурної форми.

Культура дає численні свідчення про тісні органічні зв'язки філософії і архітектури. Не випадково самі архітектори схильні називати архітектуру застиглою у камені філософією свого часу, як це робить, наприклад, Ле Корбюзьє.

Точки зіткнення філософії і архітектури різноманітні. Велика роль належить особистим творчим контактам людей мистецтва з філософами. Символ такого союзу - це широко відомий і часто повторюваний в культурі «феномен будинку Перикла», коли радість і користь від спілкування з Анаксагором (учителем Перикла), Протагором, Сократом знаходили Софокл, Фідій, Поліклет, Іктін, Калікрат й інші творці грецького мистецтва.

Іноді філософи безпосередньо займалися архітектурною проблематикою. Так, уявлення Платона й Аристотеля про планувальну і функціональну будову міста були сприйняті християнством («Одкровення Іоанна Богослова») і склали найважливішу основу європейського містобудування аж до XVII століття. Анаксагор і Демокрит написали книгу про перспективу, на яку посилаються Вітрувій, Леонардо да Вінчі.

Антична філософія, що розуміла себе і як «мистецтво», дозволяє до питання критерію науковості архітектури через звернення до «генеалогії понять». Платон у діалозі «Політик» запропонував поділ мистецтв на «практичні» (praktike) і «пізнавальні» (gnostike). «Практичними» мистецтвами Платон називає ремесла, в яких знання (logos) залишається непрявленим – ніби «врослим у справи».

Початковим прикладом «пізнавального» мистецтва служить математика, яка не

проводить нових речей, а лише пізнає і складає думки про те, що вже пізнане. Від математики Платон переходить до архітектури і звертає увагу на те, що архітектор – оскільки він не прикладає до будівництва власних рук, а тільки керує робітниками – також є представником мистецтв пізнавальних. Після цього міркування Платон додає про архітектора: «...він повинен віддавати накази – які слід, кожному з тих, хто працює, поки вони не виконають те, що потрібно» [2]. У сучасних термінах цю «думку», яку архітектор складає перед початком будівельних робіт, ми визначили б як «проєкт».

Аристотель у «Фізиці» також звертається до будівельного мистецтва з наміром показати, що виникнення і буття природних речей не випадкове, а володіє внутрішньою розумністю і цілеспрямованістю: «І так, як робиться [кожна річ], така вона і є за природою, і яка вона за природою, так і робиться, якщо що-небудь не перешкодить. Робиться ж ради чого-небудь, отже, і за природою існує ради цього».

Наприклад, якби будинок був із числа природних предметів, він виникав би так само, як тепер [створюється] мистецтвом; а якби природні [тіла] виникали не тільки завдяки природі, а і за допомогою мистецтва, вони виникали б так, як їм властиво бути за природою» [3]. Об'єднує те й інше (будинок і «природне тіло»), згідно з Аристотелем, наявність форми – ейдосу.

Із зіставлення позицій Платона і Аристотеля виходить, що предмет природно-наукового уявлення, а цим предметом у першу чергу є сенс, що саме артикулюють, або «ідеї», природних речей, які починають ділитися на більш приватні аспекти (походження, форма, призначення тощо), – виникає в мить, коли світ у цілому починає мислитися за аналогією зі спорудою або виробом, підлеглим раціональному задуму.

Згідно з платонівською космологією, викладеною в «Тімеє», Деміурга облаштовує дійсний світ, поглядаючи на ним же створений ідеальний саморушній зразок,

який Платон називає словом «парадигма» те, що використалося у той час для позначення архітектурних моделей-зразків для спорудження будівель.

Слідуючи за Платоном, для ілюстрації своїх філософських положень Аристотель регулярно вдається до будинку, який, наприклад, зводиться. Буття природних речей він вважає визначуваним формою-ейдосом – приблизно так само, як існування будинку визначається наявністю загального задуму, ідеї або сенсу (логосу). «У деяких випадках визначеність, що характеризує річ, не має місця інакше, як у складеній суті, – так йде справа, наприклад, із формою будинку, якщо тільки [тут] не мати на увазі мистецтва (для подібних форм не буває також виникнення і знищення, але в [деякому] іншому сенсі існує і не існує будинок без матерії. і [взагалі] все те, що залежить від мистецтва); а вже якщо говорити [про окреме існування цих форм], то тільки – по відношенню до предметів природи» [4].

Після Аристотеля проблематичність уявлення про «оформлену» чого б то не було змінювався питанням про те, як саме можлива ось ця оформлена і звідки вона береться.

Ось яке метафоричне трактування акту створення світу пропонує Філон Олександрійський (I ст. н. е.): «Досвідчена людина, навчена архітекторського мистецтва, і, розглянувши, які переваги [для будівництва] дає клімат і рельєф, спочатку в думці малює чи не всі частини того міста, яке збирається будувати: святилища, гімнасії, прітанеї, місця зборів, порти, верфи, вулиці, укріплення, фундаменту будинків і громадських будівель. Потім, відобразивши, немов на воску, у своїй душі образ кожної з частин, вона будує умовне місто. За допомогою властивої їй уяви відтворивши його контури і ще виразніше уявивши деталі, вона як хороший ремісник, поглядаючи на зразок, починає потім зводити місто з каменю і дерева, співвідносячи кожну з плотської суті з розумними ідеями. Подібно до того слід вважати і про Бога, Який, задумавши

заснувати Свій великий град, спочатку замислив його прообрази, з яких склавши умопосягаємий світ, він і почав створювати потім плотський, користуючись першим як зразком» [5].

Робочими поняттями в архітектурі ставали з часом категорії, введені в культуру філософами. Так сталося з такими категоріями Демокрита, як «форма», «порядок», «положення», «величина», «міра», «об'єм»; у вченнях Піфагора і піфагорійців про гармонію, ритм, пропорцію тощо. У своїх естетичних трактатах філософи прагнули зрозуміти природу краси, знайти особливості, сенс, цілі, а іноді і методи художньої творчості. Але найчастіше вплив філософії виявляється опосередкованим: через те, що називається духом епохи, її культурною парадигмою. Хоча цей рід впливу найчастіше архітектор не усвідомлює, з епохи в епоху архітектура несла на собі вплив того інтелектуального середовища, яке створювалося за впливу філософських шкіл: бароко – пантеїзму і сенсуалізму, класицизм – картезіанства, функціоналізм – прагматизму, постмодернізм – аналітичної філософії, психоаналізу, течій «нового гуманізму» тощо.

Рівень освоєння курсу визначається умінням магістрантів орієнтуватися в сучасних філософських школах і напрямках, навичками читання філософської літератури, підвищенням теоретичної і категоріальної культури в роботі над науковими рефератами, магістерською дисертацією, доповідями на наукових конференціях, більш осмисленим розумінням ролі і місця архітектури і архітектора в сучасному житті, усвідомленням небезпеки перетворення архітектури на чисту формотворчість, байдужий і сучасний гуманітарний загальнолюдський і національний цінність.

**Висновок.** Зрештою виявляється, що архітектуру неможливо відокремити від її способу навіть засобами всемогутньої філософії, і саме тому, що колись філософія прийняла на себе образ архітектури і прагнула досягти її подоби. Так виникає



фундаментальна амбівалентність філософії може працювати.  
щодо архітектури, без якої філософія не

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Добрицына И. А. От постмодернизма – к нелинейной архитектуре: Архитектура в контексте современной философии / И. А. Добрицына. – Москва : Прогресс-Традиция, 2004. – 416 с.
2. Ревзин Г. И. Очерки по философии архитектурной формы / Г. И. Ревзин. – Москва : ОГИ, 2002. – 144 с.
3. Дженкс Ч. А. Язык архитектуры постмодернизма / Чарльз А. Дженкс ; пер. с англ. А. В. Рябушина, М. В. Уваровой ; под ред. [и с предисл.] А. В. Рябушина, В. Л. Хайта. – Москва : Стройиздат, 1985. – 137 с.
4. Витрувий. Десять книг об архитектуре / Витрувий ; пер. Ф. А. Петровского ; под общ. ред. А. Г. Табричевского. – Репр. изд. – Москва : Архитектура-С. 2006. – 328 с. – (Классики теории архитектуры).
5. Мак-Люэн Маршалл. Галактика Гутенберга: Сотворение человека печатной культуры / Маршалл Мак-Люэн. – Киев : Ника-Центр, 2004. – 432 с. – (Серия «Сдвиг Парадигмы»; Вып. 1).
6. Платон. Сочинения : в 3 т. / Платон : [общ. ред. А. Ф. Loseva, В. Ф. Асмуса] : [пер. с древнегреч.]. – Москва : Мысль, 1971. – Т. 3, ч. 1. – 685 с. – (Философское наследие : ФН).

#### Електронний ресурс

1. Раппопорт А. Г. Архитектура и онтология [28.02.1985] / А. Г. Раппопорт // Башня и лабиринт. –13.11.2011. – Режим доступа: <http://papardes.blogspot.com/2011/11/1985.html>. – Проверено 19.04.2019.
2. Аристотель. Физика / Аристотель : сост. В. Шкода ; пер. В. П. Карпов // Философы Греции. Основы основ: логика. физика. этика : пер. с древнегреч. – Харьков : ЭКСМО-Пресс. 1999. – (Антология мысли). – Режим доступа: <http://lib.ru/POEEAST/ARISTOTEL/physic.txt>. – Проверено 22.04.2019.
3. Аристотель. Метафизика / Аристотель / OCR :Сергей Васильченко. – Режим доступа: <http://lib.ru/POEEAST/ARISTOTEL/metaphiz.txt>. – Название с экрана. – Проверено 22.04.2019.
4. Филон Александрийский. О сотворении мира согласно Моисею / Филон Александрийский : пер. А. В. Вдовиченко // Библиотека Руслана Хазарзара. – Режим доступа: <http://khazarzar.skeptik.net/books/philo/opificio.htm>. – Название с экрана. – Проверено 19.04.2019.
5. Амвросий Медиоланский. Шестоднев. Книга первая. О первом деянии божьем / святитель Амвросий Медиоланский ; пер. Е. В. Амбросимовой // Шестоднев против эволюции: Святоотеческое наследие. – Режим доступа: [http://creatio.orthodoxy.ru/fathers/amvrosi\\_mediolansky.html](http://creatio.orthodoxy.ru/fathers/amvrosi_mediolansky.html). – Название с экрана. – Проверено 23.04.2019.
6. Сочинения Платона (Платон/Карпов) // Викитека – свободная библиотека. – Режим доступа: [https://ru.wikisource.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F\\_%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B0\\_\(%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BD/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%BF%D0%BE%D0%B2\)#%D0%98%D0%B7%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F](https://ru.wikisource.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B0_(%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BD/%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%BF%D0%BE%D0%B2)#%D0%98%D0%B7%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F). – Название с экрана. – Проверено 23.04.2019.

### REFERENCES

1. Dobricyna, I. A., 2004. Ot postmodernizma — k nelinejnoj arhitekture: Arhitektura v kontekste sovremennoj filosofii [From postmodernism to nonlinear architecture: architecture in the context of contemporary philosophy]. Strojizdat, Moscow (in Russian).
2. Revzin, G., 2002. Oчерki po filosofii arhitekturnoj formy [Essays on the philosophy of architectural form]. OGI, Moscow (in Russian).
3. Dzhenks, Ch., 1985. Jazyk arhitektury postmodernizma [Language of postmodern architecture]. Strojizdat, Moscow (in Russian).
4. Vitruvij, 2006. Desjat' knig ob arhitekture [Ten books about architecture]. Architecture-C, Moscow (in Russian).
5. Makljujen, M., 2004. Galaktika Gutenberga: Sotvorenje cheloveka pechatnoj kul'tury. [Gutenberg's galaxy: the creation of print culture's man]. Nika-Centr, Kiev (in Russian). P. 54.
6. Platon, 1973. Sobranie sochinenij v 3 tomah (v 4 knigah). Tom 3. Chast' 2. [Collected Works in 3 volumes (in 4 books). Volume 3. Part 2]. Mysl, Moscow (in Russian). P. 15.

#### Electronic resource

1. Rappoport, A. G., 1985. Arhitektura i ontologija. Bashnja i labirint [Architecture and ontology. The tower and the labyrinth]. №1 (12.11.11). (in Russian). Retrieved from URL: <http://papardes.blogspot.com/2011/11/1985.html>
2. Aristotel'. Fizika [Physics] (in Russian). // Biblioteka Maksima Moshkova. Retrieved from URL: <http://lib.ru/POEEAST/ARISTOTEL/physic.txt>
3. Aristotel'. Metafizika [Metaphysics] (in Russian). Retrieved from URL : <http://lib.ru/POEEAST/ARISTOTEL/metaphiz.txt>
4. Filon Aleksandrijskij. O sotvorenii mira soglasno Moiseju [About the creation of the world according to Moses] (in Russian). Retrieved from URL: <http://khazarzar.skeptik.net/books/philo/opificio.htm>
5. Amvrosij Mediolanskij. Shestodnev protiv jevoljucii [Six days vs. evolution] (in Russian). Retrieved from URL: [creatio.orthodoxy.ru/fathers/amvrosi\\_mediolansky.html](http://creatio.orthodoxy.ru/fathers/amvrosi_mediolansky.html)
6. <https://ru.wikisource.org/wiki>

Рецензент: Євсєєва Г. П., д-р наук держ. упр.

Надійшла до редколегії: 14.12.2018 р.

УДК 72:[7.038.6:141.33]

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261218.89.453

## АРХІТЕКТУРА ПОСТМОДЕРНІЗМУ І ФІЛОСОФІЯ МІСТИЦИЗМУ ПЕРІОДУ ПОСТМОДЕРНУ

МУРАШКІН М. Г., *д-р н. філософ., проф.*

Кафедра філософії і політології, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, e-mail: michailmurashkin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7656-664X.

**Анотація. Постановка проблеми.** Стаття присвячена вирішенню тої задачі щоб знайти подібність у архітектурі постмодернізму і філософії містицизму періоду постмодерна. Аналіз досліджень і публікацій показав наявність матеріалів з цього приводу. Архітектурний постмодернізм і філософський містицизм збігаються з приводу репрезентації утопічності. **Мета дослідження** – розкрити архітектуру постмодерна як своє рідний суб'єктивний фактор проектування і будівництва утопій в царині відношення до утопій філософського містицизму, містицизму як проектування і отримання вищих станів свідомості штучними методами. **Висновки.** Архітектура постмодернізму і філософський містицизм періоду постмодерна збігаються на тому, що утворюють структурний простір вдаючись до максимальної свободи і простоти, демонструючи тілесність людської свідомості, свідомості не обтяженої спеціальними практичними методами, методами продукуєчими «Вище», вищі стани.

**Ключові слова:** *архітектура; постмодернізм; філософський містицизм*

## АРХИТЕКТУРА ПОСТМОДЕРНИЗМА И ФИЛОСОФИЯ МИСТИЦИЗМА ПЕРИОДА ПОСТМОДЕРНА

МУРАШКИН М. Г., *д-р н. философия, проф.*

Кафедра философии и политологии, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (056) 756-34-42, e-mail: michailmurashkin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7656-664X.

**Аннотация. Постановка проблемы.** Статья посвящена решению той задачи чтобы найти сходство в архитектуре постмодернизма и философии мистицизма периода постмодерна. Анализ исследований и публикаций показал наличие материалов в этом отношении. Архитектурный постмодернизм и философский мистицизм сходятся в отношении репрезентации утопичности. **Цель исследования** – раскрыть архитектуру постмодерна как своеобразный субъективный фактор проектирования и строительства утопий в округе отношения к утопиям философского мистицизма, мистицизма как проектирования и приобретения высших состояний сознания искусственными методами. **Выводы.** Архитектура постмодернизма и философский мистицизм периода постмодерна сходятся на том, что создают структурное пространство ударяясь к максимальной свободе и простоте, демонстрируя телесность человеческого сознания, сознания не утяжелённого специальными практическими методами, методами продуцирующими «Высшее», высшее состояние.

**Ключевые слова:** *архитектура; постмодернизм; философский мистицизм*

## ARCHITECTURE OF POSTMODERNISM AND PHYLOSOFY OF MYSTICISM OF POSTMODERNISM PERIOD

MURASHKIN M. H. *Dr. Sc. (Phylosof.), Prof.*

Department of Philosophy and Politology; State Higher Educational Establishment «Pridniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», Chernishevskogo str., 24-a, Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-42; e-mail: michailmurashkin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7656-664X.

**Annotation. Formulation of the problem.** The article is devoted to solving that problem in order to find similarities in the architecture of postmodernism and the philosophy of mysticism of the postmodern period. Analysis of studies and publications is showed the availability of materials in this regard. Architectural postmodernism and philosophical mysticism coincide in the representation of utopianism. **The purpose of the study** is to reveal the postmodern architecture as a peculiar subjective factor in the designing and construction of utopias in the district of attitudes towards utopias of philosophical mysticism, mysticism as the designing and obtaining higher states of consciousness by artificial methods. **Conclusions.** The architecture of postmodernism and the philosophical mysticism of the postmodern period converge on the fact that they create structural space by striking to the maximum freedom and simplicity, demonstrating the embodiment of human consciousness, consciousness not weighted by special practical methods, methods producing the “Highest”, highest state.

**Keywords:** *architecture; postmodernism; philosophical mysticism*

**Постановка проблеми** зводиться до того, щоб знайти подібність в архітектурі постмодернізму і філософії містицизму періоду постмодерну.

**Аналіз досліджень і публікацій** показав наявність матеріалів з цієї теми. Архітектурний постмодернізм і філософський містицизм збігаються в питаннях репрезентації утопічності (М. Tafuri).

**Мета дослідження** – розкрити архітектуру постмодерну як своєрідний суб'єктивний фактор проектування і будівництва утопій в царині відношення до утопій філософського містицизму, містицизму як проектування і отримання вищих станів свідомості штучними методами.

**Виклад основного матеріалу** щодо архітектури постмодернізму і філософського містицизму бажано почати з того, що ці предмети наших досліджень збігаються у розгляді парадоксальності і просторових метафор як способів передачі сутності подібного в предметах нашого дослідження.

Подібність і спільність простору архітектури постмодернізму і філософського містицизму закладені в концептах постмодерністських інтенцій до простоти. Прикладом може бути процес «означування» Юлії Крістевої, процес, який штовхає на переоцінки цінностей, переосмислення вже збудованого в соціокультурному просторі, в якому архітектура посідає певне місце поза простотою.

Прикладом також може бути постмодерністський погляд на «метафізику присутності» як в архітектурі постмодерну, так і у філософському містицизмі, де «присутність» стає «присутністю відсутності». А це фактично демонстрація простоти.

Спільний простір архітектури постмодерну і філософського містицизму постмодерністської доби збігається на тому, як людина втілює свої вищі особливі суб'єктивні переживання в архітектурні споруди, намагаючись передати «нову свободу», яка відрізняється не тільки від класицизму, готики, а і від модерну. Постмодернізм навіть відходить від модернізму. За словами Террі Іглота, постмодернізм «пробуджується від кошмару модернізму». Але це пробудження не може оминати функціонування значень в

архітектурі, смислоутворення в архітектурній практиці. Архітектурні практики сучасності так чи інакше мають позиції тієї чи іншої постмодерної думки. Ця думка інтенціональна до більшої свободи і простоти. Як і у філософському містицизмі періоду постмодерну, де теж є направленість до вищого стану людини, до більшої свободи і простоти. Але не до хаосу.

Вищий стан містика як відчуття свободи передає і архітектор в своїй творчості. Але це свобода не готичного стилю як направленості до вищого-небесного. Постмодерністська свобода в архітектурі намагається передати як висоту, так і простір свободи-простоти, торкаючись утопічності, не вдаючись до якої-небудь штучності у способах отримання бажаного вищого. Той вищий стан людини, про який говорить філософський містицизм і який відображає архітектура постмодернізму, не можна отримати штучно. Він не потребує якоїсь медитативної практики. Про це нарешті говорить і сам містицизм. Він займається розповідями про споглядання при відключенні розумової діяльності, про практику самоспостереження, про роздуми явищ зовнішнього світу і про інші медитативні практики, які приводять людину до певного вищого стану свідомості. Але сам містицизм каже, що подібний стан людина може отримати без усіляких підготовчих вправ, спонтанно, раптово (А. Давид-Неель). І якщо отримується не вищий стан свідомості людини як Божественне, як мета містика, тоді всі розумові споруди філософського містицизму перетворюються на утопії.

Архітектор, спонтанно і раптово переживаючи вищі стани своєї свідомості і втілюючи ці переживання у свої архітектурні задуми, також втілює утопічність містичної практики, втілює утопічність філософсько-містичних роздумів про методи отримання «Вищого», вищих станів свідомості. Адже «Вище», вищий стан свідомості з'являється в людині як компенсаторне осяяння, яке лежить у природі людини і прямого відношення до усілякого містичного не має.

Естетика як наука мала хибну думку про те, що архітектура порівняно з іншими ви-

дами мистецтва далеко не завжди постає обов'язковим об'єктом уваги. Важливіша музика, лірика. Але архітектор, як і композитор, як і поет, так само переживає «Вище», тобто вищий стан свідомості, і намагається втілити свої переживання в об'єкти своєї творчості. І це стає зрозумілим, якщо показати, що «Вище» є загальнолюдським, а не вибірково музикальним, або поетично-ліричним. Тому слушно розглянути «Вище» в контексті трансценденції.

Трансцендентність – це переступання, вихід за межі станів звичайного повсякденного неспання людини, вихід за межі певного досвіду до вищого ступеня буття духу, до стану натхнення, осяяння, до «Вищого», де це «Вище», або містичне, є моментом руйнування колишніх, застарілих структур свідомості (С. С. Аверинцев) під час створення людиною нового. «Вище» має характеристики спокою, блаженства і позбавлення змісту (Карл Ясперс) як результат руйнування колишніх структур свідомості, як стан, за якого відсутня воля, прагнення. Трансцендентність і як його результат – трансцендентне мають волю, прагнення і стимул для виходу за межі повсякденного досвіду. Прагнення ж – це ще відсутність «Вищого», відсутність самонатиску цього «Вищого».

Ще в культурі античності самонатиску там, де немає прагнення (А. Ф. Лосев), а є незалежність, в тому числі й від прагнень та стимулів. У такому випадку «Вище» не повинне чимось конкретно актуалізуватися, стимулюватися. Людина має моменти виходу за межі повсякденного стану неспання. Ці моменти фіксуються в понятті «трансцендентне» і відображають особливі стани свідомості, стани натхнення, осяяння. «Вище» в такому разі є моментом трансцендентного, моментом натхнень і осяянь, коли руйнуються старі структури свідомості в креативному акті. Цим «Вище» присутнє і в містичному досвіді.

Містичне й естетичне містять у собі і трансцендентальне, і трансцендентне, і трансперсональне, і трансгресивне, і момент «Вищого». Вище – стан людини, за якого абсолютно немає страху ні перед чим

(М. Г. Мурашкин), а значить, страх не затемнює смерть (Д. Кришнамурти), і смерть видається не можливістю, видається не знищенням, а єдиним справжнім життям (В. Джемс). Таке присутнє і в містичному, і в естетичному.

Зосередимось на естетичному.

Естетика – наука. Естетика – це філософська дисципліна, що вивчає природу виразних форм реальності, виразних форм, що одухотворяють можливостями майбутніх становлень.

Такому визначенню естетики можна висунути, принаймні, дві претензії. По-перше, в цьому визначенні йдеться про вивчення природи виразних форм реальності. Але чому не говориться про образотворче? Адже існують, наприклад, образотворчі мистецтва. Однак будь-яке образотворче мистецтво все ж щось висловлює, має виразну складову.

Виразність є в будь-якому мистецтві (В. В. Вейдле). По-друге, у визначенні говориться про натхнення можливостями майбутніх становлень. Виникає питання, чому саме на цьому загострюється увага? Адже естетичне має безліч й інших функцій. Так. Але без одухотворення, що трансформує людину, без породження в людині натхненності та окриленості ніякий витвір мистецтва для конкретної людини не існує, жодне естетичне не проявляє себе. Мистецтво, і в цілому естетичне, не повинне залишати людину байдужою, а має чіпляти людину за живе, має перевертати її духовну сферу і народжувати її знову, народжувати в людині нову особистість, натхненну й окрилену можливостями. Якщо витвір мистецтва не чіпає людину за живе, то він взагалі для неї не існує як естетичне. Результуюче – це натхненність. Натхненність приходить, якщо людина відкриває в собі нові можливості для свого майбутнього становлення. Те, що притаманне естетичному, притаманне і містичному.

Естетичний початок присутній в культурі. Коли в культурі виражений естетичний початок, говорять про естетику поведінки, естетику людської діяльності,

естетику науки. Естетика науки, наприклад, може говорити про гарне виконання завдання. Естетика спорту може говорити про гарний стрибок у воду. Релігійно-містичне життя говорить про естетику церковного ритуалу.

Останнє, церковний ритуал як церковний спів та інші його складові, у своїй суті являє собою естетичне, своєрідне мистецтво. Релігія, релігійна містика і позарелігійна містика у своїй сутності є певними видами мистецтва. Релігія і мистецтво розходяться досить пізно (М. Дюфрен). Спочатку ж вони – одне. Коріння і сутність релігії та мистецтва злиті як одне ціле. Релігійна містика та містицизм у цілому – це акцент на вищих станах свідомості як ідеалах, акцент на піднесеному. Мистецтво передає психічні стани (Г. Г. Коломиец), в тому числі й суперечливі поодинокі психічні стани (Л. Гинзбург), серед яких ми можемо знайти піднесені стани, позначені категорією «піднесене».

Коли нас відвідує почуття подиву, почуття благоговіння, таке піднесене ми позначаємо і розуміємо не тільки як естетичну, а й як релігійну категорію (В. П. Шестаков). Корінь же будь-якого релігійного, всіляких теологічних пояснень полягає в містицизмі. Поняття естетичного виривається з теологічних кайданів (О. А. Губанов), з релігійно-містичних, а точніше, з містичних кайданів, які говорять про форму, про особливі піднесені стани людини. Тобто естетичне проявляється в метафізичному розумінні (О. А. Губанов), трансцендентному, а точніше, трансвовому, котре говорить про форму як про особливий трансвовий стан, трансвовий стан творчого характеру, що супроводжується осяянням, за якого реалізується гармонія духу.

Ця гармонія духу як естетичне, як прикрашення, що має характеристику витонченості як форма, відображає гармонію буття, а як зміст відображає гармонію соціального буття, складовою якого є мораль. Тобто естетичне за формою містичне, а за змістом соціальне. Містичне – це значить, передає певний стан людини,

стан трансцендентний, або трансвовий, стан творчий, стан, в якому створювався той чи інший витвір мистецтва, або не створювалося нічого опосередковано, а виражалося людиною максимально безпосередньо її поведінкою.

У стані трансвову можуть активізуватися креативні здібності інтуїції, виникати осяяння (А. П. Забияко). Осяяння присутнє в самадхі (Чжан Чжень-Цзи), в саторі, в нірвані, в мокші та в інших станах містиків.

*Самадхі* розуміється як певний трансвовий стан. Здатність входити в самадхі, тобто в цей трансвовий стан – це здатність на час знаходити творчий стан духу. Адже можна говорити про творчість у трансopodobному стані (Б. М. Теплов). Людина здатна на час викликати в собі трансopodobні стани та спеціально займатися певним видом творчості. У процесі старіння організму така здатність поступово втрачається. Так, Шрі Рамана Махарші зазвичай входив у глибоке самадхі щодня до 1920 року, з 1930 року входив у нього два-три рази на тиждень, а постарівши, втративши здоров'я, він перестав входити в самадхі (Пападжи). Тобто щоб бути творчою особистістю, щоб впадати в трансвові стани творчого характеру, знаходити натхнення й осяяння, треба мати певний рівень здоров'я. Так, до Уолта Уїтмена після кризи, коли він захворів і був в очікуванні смерті, все ще приходило осяяння, поки, нарешті, в 1891 році воно не зникло назавжди, і в 1892 році він помер (Р. М. Бёкк).

У позасистемній естетиці естетичне розуміється як містичне, трансцендентне – як Бог, як Божественне. Бог є трансцендентним. Трансцендентне пов'язують із трансвом, а значить, з особливими станами свідомості. Тобто позасистемна естетика акцентує увагу також і на внутрішньому світі людини, на його вищих станах духу. Тим самим позасистемна естетика часто перегукується з містикою, яка намагається описати гранично вищий стан людини, називаючи його Станом Бога, що в контексті естетичного розуміється як Вище Натхнення. Вище

Натхнення значиться як Містичне Натхнення (Теодюль Рибо), або одкровення, яке порівнюється в сучасній естетиці з даром художника, особливо музиканта (Мери Латьєнс).

Естетичне висловлює предметність, яка дана як самодостатня, споглядальна цінність, за поглядами А. Ф. Лосєва. Але самодостатня людина бачить у природі предметів як естетичне згідно зі зразками самодостатніх станів, які нею пережиті, пережиті людиною особисто. Ці самодостатні стани як «Вище», «Божественне» трапляються в трансї певного виду, що у філософії значиться як трансцендентальне, трансцендентне, трансгресивне. Ці самодостатні стани добре передає музика. Тут музика до кінця проявляється, коли служить духовним автопортретом свого творця (А. Сохор), коли передає стан автора, передає стан самого творця музики. Одна з функцій музики – це передача психологічних станів (Г. Г. Коломиєц). Передавати психічні стани людини здатне будь-яке мистецтво. А лірика взагалі стає все витонченішою в передачі суперечливих і одиничних психічних станів (Лидия Гинзбург).

З усіх видів і жанрів мистецтва особливо ясно передає психічні стани людини лірика, лірика в літературі, лірика в музиці. Вона висловлює духовний автопортрет свого творця (А. Сохор), висловлює ті стани душі, які переживає автор ліричного твору, висловлює стани автобіографічні, які реально мають місце в психічному житті людини.

У психічному житті людини мають місце і трансів стани. У наукових звітах говориться про творчість у трансopodobному стані (Б. М. Теплов). Тобто в процесі творчості людина відчуває особливі стани своєї психіки і тут же у своєму творчому акті намагається передати ці незвичайні, неповсякденні стани. Під час передачі вона має відгук у слухача, у глядача. Г. В. Ф. Гегель зазначав, що поет прагне розбудити і зберегти у слухача той же стан душі, що і у поета (Г. В. Ф. Гегель). Тобто

людина, переживаючи у творчому трансї особливі стани свідомості, фіксує їх у своїх творах мистецтва. Глядач і слухач, сприймаючи ці твори мистецтва, відчувають подібні стани.

Такі твори мистецтва називають психоделічними, роблячи деякі узагальнення. Психоделічне мистецтво створюється, і сприймається, за змінених станів свідомості художника, або описує наркотичний ефект (Н. Б. Маньковська). Тобто психоделічне мистецтво об'єднало все, що пов'язане зі зміненими станами свідомості. Це і природні стани, тобто творчість ув трансopodobних станах, стан натхнення, стан містичного натхнення, осяяння, інтуїтивного прозріння. Але це і штучні стани, викликані тими чи іншими наркотичними речовинами. І всі ці стани підпадають під термін «змінені стани свідомості». Часто галюцинаційні ефекти ототожнюються з творчими осяяннями (Н. Б. Маньковська).

У процесі творчості людина відчуває зміну стану свідомості. Вони різні, ці стани. Штучні стани, викликані наркотичними речовинами, зовсім інші. Штучно викликані стани мають специфіку впливу тієї речовини, якою спричинено змінений стан свідомості. Звичайно ж, виникаючі зміни стану свідомості не мають нальоту ззовні штучно введеної тієї чи іншої речовини, що спотворює реальність. Природно виникаючі змінені стани свідомості у процесі творчості – це коли мова йде про творчість у трансopodobному стані (Б. М. Теплов), коли мова йде про натхнення, осяяння, інтуїтивне прозріння, інсайт, а не творчості за впливу тих чи інших наркотичних речовин.

Творчість у трансopodobному стані (Б. М. Теплов) – це природний процес. І враження від нього можуть висловлювати й описувати у своїх творах музикант, поет, художник. Це багато в чому суб'єктивні враження. Об'єктивність вони приймають, коли ми знаходимо подібні описи у багатьох музикантів, поетів, художників. Тоді ми класифікуємо групування ряду випадків за певними подібностями. Так, ми можемо згрупувати ряд випадків, що мають, по-

перше, таку характеристику як «надзвичайна спонтанність», коли людина не може визначити причини виникнення в собі особливого стану (Джидду Кришнамурти), по-друге – коли людина відчуває «абсолютну відсутність страху» і всякої більш-менш тривоги, коли абсолютно немає страху ні перед чим (М. Г. Мурашкин), по-третє – коли людина має, спочатку має природний стан, що не стимульований не тільки тими чи іншими наркотичними речовинами, а й усякими стимулами, які бадьорять або заспокоюють, по-четверте – коли людина, що відчуває подібний стан свого духу, говорить сама собі, що вищого за це нічого немає, що вищого за це нічого не відчувалося, що це «Вище», і, по-п'яте – людина відчуває спалах, що лежить з іншого боку часу і вище часу, коли почуття довжини втрачене і душу охоплює відчуття чистої нескінченності (Корлисс Ламонт), тобто людина відчуває стан «Вічного Життя», або «Стан Безсмертя», коли смерть є неможливістю, уявляється не знищенням, а єдиним справжнім життям (Вільям Джемс).

Лірика, музична або поетична, певною мірою передає і виражає цей стан. Можливість описувати і висловлювати цей стан властива й іншим видам мистецтва. Цьому стану важко підібрати назву. Умовно його позначають як «Вище», «Високе», як «містичне натхнення», як «Стан Безсмертя», як «Стан Бога». Опис останнього як «Стан Бога» ріднить естетичне з релігійно-містичним. Це й стан як краса безмовності (Джидду Кришнамурти) повсюдно зустрічається в містиці. Містика акцентує увагу на подібних станах. Але і мистецтво причетне до опису і вираження подібних станів, які є онтологічними, тобто існують у природі людини як об'єктивна реальність психічного життя. Це значиться як містичне натхнення (Теодоль Рибо).

Прекрасне, піднесене, трагічне, комічне визначають як категорії естетичного пізнання, або категорії естетичної гносеології (Віра Мовчан) в силу того, що через них розкривається широта естетичного ставлення. До цього причетне і містичне ставлення як вид мистецтва.

Щоб розкрити таємницю авторської особистості, необхідно спіритуалізувати розуміння художньої форми і стилю (Е. В. Лозинская). Спіритуалізацію можна розуміти як облік особливих станів свідомості, пережитих автором, і спробу їх опису в творі. Ця творчість притаманна і містику, і митцю.

Архітектурне смислоутворення сучасного постмодерну відрізняється від смислоутворення часів Середньовіччя. Тому сучасні храми будуються зовсім інші. Але вони не поступаються своїми смислоутвореннями і репрезентують об'єкт свого поклоніння не гірше. Чому так трапляється, можна дізнатися, якщо познайомитися з психоаналітиком К.-Г. Юнга в Ж. Лакана, з думками засновника мистецького постмодернізму Жоржа Батаям. Тут можна побачити, що важливе місце у творчому процесі, а також сприйнятті архітектури і взагалі усіякого мистецтва мають компенсаторні процеси в людині. Від того також розвивалась і концептуальна база співвідношення філософії та архітектури взагалі. І тут не можна не згадати імена таких видатних філософів як М. Гайдеггер та Ж. Дерріда, не можна не прослідкувати співіснування архітектури і постмодерної думки, не побачити у Поля Віріліо неможливості існування «місця» через втрату реальності. Це можна бачити також і у філософському містицизмі періоду постмодерну.

Розглядаючи подібність архітектури і філософії реконструкції (М. Wigly), можна побачити основи подібності, а через праці М. Фуко вийти на виразність потойбічного в архітектурі. Тут потойбічність і надприродність простежуються не тільки в деконструктивізмі постмодерну, а і до нього. Наприклад, у романтизмі. Те саме можна прослідковувати як в архітектурі, так і у філософському містицизмі. Але в філософському містицизмі періоду постмодерну все ж залишається багато утопічного в зв'язку з тим, що вищі стани людської свідомості, які значаться як Божественне, можуть виникати без усіякої містичної практики. Від того сам містицизм

втрачає сенс. Та сама утопічність присутня і в архітектурній діяльності. В архітектора «Вище» може виникати чисто спонтанно. Але воно має значення. Репрезентуючи, архітектура передає ці значення через своєрідне проектування і будівництво утопій (М. Tafuri). Але в архітектурі утопії – це не утопії такі, як у містицизмі. Архітектор занепокоєний долею суспільства (М. Tafuri). Він творить для людей. Тому постмодерністські утопії в архітектурі так напружують.

Архітектура – це мистецтво репрезентації. Вона творить репрезентативні системи. Філософія також творить репрезентації, структуруючи знання, упорядковуючи їх. Створюючи теоретичні побудови, філософія, як і архітектура, інтер'єризує світ.

Створюються структури як смислові аспекти й архітектурою, і філософією. Але архітектура постмодерну на перший погляд не існує як мистецтво структури, не існує як утворення репрезентативних ціннісних систем. Тут просто ціннісні системи, утворюючи простір, максимально вдаються до простоти.

**Висновки.** Архітектура постмодернізму і філософський містицизм періоду постмодерну збігаються на тому, що утворюють структурний простір, вдаючись до максимальної свободи і простоти, демонструючи тілесність людської свідомості, свідомості, не обтяженої спеціальними практичними методами, методами, що продукують «Вище», вищі стани.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аверинцев С. С. Мистика / С. С. Аверинцев // Новая философская энциклопедия : в 4 т. Т. 2 : Е-М / Рос. акад. наук, Ин-т философии, Нац. общ.-науч. фонд ; ред. В. С. Степин [и др.]. – 2-е изд., доп. – Москва : Мысль, 2010. – С. 579–580.
2. Бёкк Р. М. Космическое сознание / Р. М. Бёкк // Космическое сознание / сост. В. А. Шериев. – Москва : НИК, Одиссей, 1995. – С. 5–344. – (Библиотека восточной религиозно-мистической философии).
3. Вейдле В. В. Умирание искусства. Размышление о судьбе литературного и художественного творчества / В. В. Вейдле // Эстетика и теория искусства XX века : хрестоматия / отв. ред. : Н. А. Хренов, А. С. Мигунов. – Москва : Прогресс-Традиция, 2007. – С. 203–222. – (Academia XXI. Учебники и учебные пособия по культуре и искусству).
4. Гегель Г. В. Ф. Эстетика. В 2-х т. Т. 2 / Г. В. Ф. Гегель. – Санкт-Петербург : Наука, 2001. – С. 442.
5. Гинзбург Л. Я. О лирике / Л. Я. Гинзбург ; подгот. текста С. В. Путилов ; предисл. А. С. Кушнер. – Москва : Интрада, 1997. – 407 с.
6. Губанов О. А. От триалога к «эстетической Касталии», к виртуальному полилогу / О. А. Губанов // Триалог plus / В. В. Бычков, Н. Б. Маньковская, В. В. Иванов. – Москва : Прогресс-Традиция, 2013. – С. 475–486.
7. Давид-Неэль А. Мистики и маги Тибета / А. Давид-Неэль; пер. с фр. – Москва : Дягилев Центр, ЦДЛ, 1991. – 216 с.
8. Джемс Уильям. Многообразие религиозного опыта / Уильям Джемс ; пер. с англ. – Репринт. изд. – Санкт-Петербург : Андреев и сыновья, 1993. – 318 с. – (Серия эзотерической литературы "Свет на пути").
9. Дюфрен М. Вклад эстетики в философию / М. Дюфрен // Эстетика и теория искусства XX века : хрестоматия ; отв. ред. : Хренов Н. А., Мигунов А. С. – Москва : Прогресс-Традиция, 2007. – С. 151.
10. Забияко А. П. Транс / А. П. Забияко // Энциклопедия эпистемологии и философии науки ; гл. ред. И. Т. Касавин. – Москва : Канон+, РООИ Реабилитация, 2009. – С. 999.
11. Коломиец Г. Г. Философия музыки как область эстетического знания: гносеологический аспект / Г. Г. Коломиец // Границы современной эстетики и новые стратегии интерпретации искусства : сб. науч. докл. IV Овсянниковской междунар. эстетической конф. (Москва, 23–24.11.2010) / МГУ им. М. В. Ломоносова. – Москва : МИЭЭ, 2010. – С. 216.
12. Кришнамурти Джидду. Записные книжки / Джидду Кришнамурти. – Москва : Разум, 1999. – С. 112–114. – (Мир Кришнамурти).
13. Ламонт К. Иллюзия бессмертия / К. Ламонт ; пер. с англ. А. В. Старостина. – 2-е изд. – Москва : Политиздат, 1984. – 286 с. – (Библиотека атеистической литературы).
14. Латышев М. Жизнь и смерть Кришнамурти / М. Латышев. – Москва : КМК, Лтд, 1993. – 176 с.
15. Лозинская Е. В. Стилистическая критика / Е. В. Лозинская // Западное литературоведение XX века = Western literary criticism of the XXth century : энциклопедия / ИНИОН РАН ; гл. науч. ред. Е. А. Цурганова. – Москва : Intrada, 2004. – С. 383–385.
16. Лосев А. Ф. Поздний эллинизм / А. Ф. Лосев // История античной философии : в 8 т. Т. VI. – Москва : Искусство, 1980. – 766 с.



17. Маньковская Н. Б. Феномен постмодернизма. Художественно-эстетический ракурс / Н. Б. Маньковская. – Москва–Санкт-Петербург : Центр гуманитарных инициатив. Университетская книга, 2009. – 495 с. – (Письмена времени).
18. Мовчан Віра. Естетика: історія і теорія / Віра Мовчан. – Жовква : Місіонер, 2010. – 736 с.
19. Мурашкин М. Г. Записи 2000 года / М. Г. Мурашкин. – Дніпропетровськ : СІЧ, 2006. – 208 с.
20. Пападжи [Пунджа, Х. В. Л.]. День, когда я уйду, никогда не настанет : встречи, письма, дневники / Пападжи [Х. В. Л Пунджа]. – Москва : Ганга, 2014. – 560 с.
21. Рибо Теодюль. Болезни личности. Опыт исследования творческого воображения. Психология чувств / Теодюль Рибо. – Минск : Харвест, 2002. – 783 с. – (Классика мировой психологии).
22. Сохор А. Эстетическая природа жанра в музыке / А. Сохор. – Москва : Музыка, 1968. – 103 с. – (Вопросы эстетики).
23. Теплов Б. М. Конспекты и комментарии к книге А. Анастаси «Дифференциальная психология» / Б. М. Теплов // Избранные труды. В 2 т. Т. 2. – Москва : Педагогика, 1985. – С. 247–279.
24. Чжан Чжень-Цзы. Практика Дзэн / Чжан Чжень-Цзы. – Красноярск : Белый остров, 1993. – 165 с.
25. Шестаков В. П. Эстетические категории: Опыт систематического и исторического исследования / В. П. Шестаков. – Москва : Искусство, 1983. – 358 с.
26. Ясперс К. Общая психопатология / К. Ясперс. – Москва : Практика, 1997. – 1056 с.
27. Tafuri Manfredo. Architecture and Utopia: Design and Capitalist Development / Tafuri Manfredo. – Cambridge, Massachusetts : The MIT Press, 1976. – 196 p.
28. Wigley Mark. The Architecture of Deconstruction: Derrida's Haunt / Mark Wigley. – Cambridge, Massachusetts : The MIT Press, 1993. – 278 p.

## REFERENCES

1. Averintsev S.S. *Mistika* [Mystique]. *Novaya filosofskaya entsiklopediya* [New philosophical encyclopedia]. Ed. 2, vol. 2: E-M. Moscow: Mysl', 2010, pp. 579–580. (in Russian).
2. Bekk R.M. *Kosmicheskoye soznaniye* [Cosmic consciousness]. Moscow: NIK, Odissej, 1995, pp. 5–344. (in Russian).
3. Vejdle V.V. *Umiraniye iskusstva. Razmyshleniye o sud'be literaturnogo i khudozhestvennogo tvorchestva* [Dying art. Thinking about the fate of literary and artistic creation]. Ed. Khrenov N.A. and Migunov A.S. *Estetika i teoriya iskusstva XX veka: khrestomatiya* [Aesthetics and theory of art of the twentieth century: reader]. Moscow: Progress-Traditsiya, 2007, pp. 203–222. (in Russian).
4. Gegel' G.V. *Estetika* [Aesthetics]. Vol. 2. Saint-Petersburg: Nauka, 2001, 442 p. (in Russian).
5. Ginzburg L.Ya. *O lirike* [About the lyrics]. Moscow: Intrada, 1997, 407 p. (in Russian).
6. Gubanov O.A., Bychkov V.V., Man'kovskaya N.B. and Ivanov V.V. *Ot trialoga k "esteticheskoy Kastalii", k virtual'nomu polilogu* [From the trialogue to "aesthetic Kastalia", to the virtual polylogue]. *Trialog plus* [Triologue plus]. Moscow: Progress-Traditsiya, 2013, pp. 475–486. (in Russian).
7. David-Neel' A. *Mistiki i magi Tibeta* [Mystics and Magicians of Tibet]. Moscow: Dyagilev Tsent, TSDL, 1991, 216 p.
8. Dzhems Uil'yam. *Mnogoobraziye religioznogo opyta* [Variety of religious experience]. Saint-Petersburg: Andreev i synov'ya, 1993, 318 p. (in Russian).
9. Dyufren M. *Vklad estetiki v filosofiyu* [The contribution of aesthetics to philosophy]. Ed. Khrenov N.A. and Migunov A.S. *Estetika i teoriya iskusstva XX veka: khrestomatiya* [Aesthetics and theory of art of the twentieth century: reader]. Moscow: Progress-Traditsiya, 2007, 151 p. (in Russian).
10. Zabayako A.P. *Trans* [Trance]. Ch. Ed. Kasavin I.T. *Entsiklopediya epistemologii i filosofii nauki* [Encyclopedia of Epistemology and Philosophy of Science]. Moscow: Kanon+, ROOI Reabilitatsiya, 2009, 999 p. (in Russian).
11. Kolomiyets G.G. *Filosofiya muzyki kak oblast' esteticheskogo znaniya: gnoseologicheskij aspekt* [The philosophy of music as an area of aesthetic knowledge: the gnoseological aspect]. *Granitsy sovremennoj estetiki i novyye strategii interpretatsii iskusstva: sb. nauch. dokl. IV Ovsyannikovskoj mezhdunar. esteticheskoy konf. (Moskva, 23-24.11.2010)* [The boundaries of modern aesthetics and new strategies for the interpretation of art: a collection of scientific report of IV Ovsyannikovsky International Aesthetic Conference (Moscow, 23–24.11.2010)]. Moscow: MIEE, 2010, 216 p. (in Russian).
12. Krishnamurti Dzhiddu. *Zapisnyye knizhki* [Notebooks]. Moscow: Razum, 1999, pp. 112-114. (in Russian).
13. Lamont K. *Ilyuziya bessmertiya* [Illusion of immortality]. Ed. 2. Moscow: Politizdat Publ., 1984, 286 p. (in Russian).
14. Lat'yens M. *Zhizn' i smert' Krishnamurti* [Life and death of Krishnamurthy]. Moscow: KMK, Ltd, 1993, 176 p. (in Russian).
15. Lozinskaya Ye.V. *Stilisticheskaya kritika* [Stylistic criticism]. Ch. Ed. Tsurganova E.A. *Zapadnoye literaturovedeniye XX veka* [Western literary criticism of the XXth century]. Moscow: Intrada, 2004, pp. 383–385. (in Russian).

16. Losev A.F. *Pozdnij ellinizm* [Late Hellenistic period]. *Istoriya antichnoj filosofii* [History of ancient philosophy]. Vol. VI. Moscow: Iskusstvo, 1980, 766 p. (in Russian).
17. Man'kovskaya N.B. *Fenomen postmodernizma. Khudozhestvenno-esteticheskij rakurs* [The phenomenon of postmodernism. Artistic and aesthetic perspective]. Moscow-Saint-Petersburg: Tsentr gumanitarnykh initsiativ. Universitetskaya kniga, 2009, 495 p. (in Russian).
18. Movchan Vira. *Estetyka: istoriia i teoriia* [Aesthetics: history and theory]. Zhovkva: Misioner, 2010, 736 p. (in Russian).
19. Murashkin M.G. *Zapisi 2000 goda* [Records of the 2000 year]. Dnipropetrovsk: Sich, 2006, 208 p. (in Russian).
20. Papadzhi [Pundzha, Kh. V. L.] *Den', kogda ya ujdu, nikogda ne nastanet: vstrechi, pis'ma, dnevniki* [The day I leave will never come: meetings, letters, diaries]. Moscow: Ganga, 2014, 560 p. (in Russian).
21. Teodyul' Ribo. *Bolezni lichnosti. Opyt issledovaniya tvorcheskogo voobrazheniya. Psikhologiya chuvstv* [Diseases of personality. Experience the study of creative imagination. Psychology of feelings]. Minsk: Kharvest, 2002, 783 p. (in Russian).
22. Sokhor A. *Esteticheskaya priroda zhanra v muzyke* [The aesthetic nature of the genre in music]. Moscow: Muzyka, 1968, 103 p. (in Russian).
23. Teplov B.M. *Konspekty i kommentarii k knige A. Anastazi "Differentsial'naya psikhologiya"* [Summaries and comments after the book A. Anastasi "Differential Psychology"]. *Izbrannyye trudy* [Selected Works]. Vol. 2. Moscow: Pedagogika, 1985, pp. 247–279. (in Russian).
24. Chzhan Chzhen'-Tszy. *Praktika Dzen* [Zen Practice]. Krasnoyarsk: Belyj ostrov, 1993, 165 p. (in Russian).
25. Shestakov V.P. *Esteticheskiye kategorii: Opyt sistematicheskogo i istoricheskogo issledovaniya* [Aesthetic categories: The experience of systematic and historical research]. Moscow: Iskusstvo, 1983, 358 p. (in Russian).
26. Yaspers K. *Obshchaya psikhopatologiya* [General psychopathology]. Moscow: Praktika, 1997, 1056 p. (in Russian).
27. Tafuri Manfredo. *Architecture and Utopia: Design and Capitalist Development* / Tafuri Manfredo. – Cambridge, Massachusetts : The MIT Press, 1976. – 196 p.
28. Wigley Mark. *The Architecture of Deconstruction: Derrida's Haunt* / Mark Wigley. – Cambridge, Massachusetts : The MIT Press, 1993. – 278 p.

Рецензент: Білополий В. В., канд. іст. наук

Надійшла до редколегії: 18.11.2018 р.

УДК 75.058:726(477.82)"17/18"

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261218.96.454

## АРХІТЕКТУРНО-МИСТЕЦЬКІ ЗАСОБИ ВИРАЗНОСТІ У ХРАМОВОМУ БУДІВНИЦТВІ ВОЛИНИ XVII-XVIII ст.: АНАЛІЗ ХУДОЖНЬО- ДЕКОРАТИВНИХ РОЗПИСІВ

ЛЕСИК-БОНДАРУК О. О., канд. арх., доц.

Кафедра образотворчого мистецтва, Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, пр. Воли, 12, Луцьк, Україна, тел. +38 (050) 716-57-78, e-mail: O\_Bondaruk@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1460-2101

**Анотація.** Стаття присвячена дослідженню художньо-декоративних розписів православних та католицьких храмів Волині XVII-XVIII століть. Проаналізовано загальні тенденції розвитку волинського храмового живопису цього періоду, його сюжетні, композиційні, колористичні, стильові особливості, дано характеристику орнаментики та декоративного оздоблення волинських церков та костелів. Порушено питання регіональних особливостей волинського монументального храмового живопису та його приналежності до окремої волинської живописної школи.

**Ключові слова:** храм, церква; костел; собор; розпис; монументальний живопис; сюжет; композиція; колорит; вітвар; портрет; орнамент; декорування

## АРХИТЕКТУРНО-ХУДОЖЕСТВЕННЫЕ СПОСОБЫ ВЫРАЗИТЕЛЬНОСТИ В ХРАМОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВОЛЫНИ XVII-XVIII вв.: АНАЛИЗ ХУДОЖЕСТВЕННО-ДЕКОРАТИВНЫХ РОСПИСЕЙ

ЛЕСИК-БОНДАРУК О. А., канд. арх., доц.

Кафедра изобразительного искусства, Восточноевропейский национальный университет имени Лесы Украинки, пр. Воли, 12, Луцк, Украина, тел. +38 (050) 716-57-78, e-mail: O\_Bondaruk@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1460-2101

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию художественных декоративных росписей православных и католических храмов Волыни XVII-XVIII веков. Проанализированы общие тенденции развития волынской храмовой живописи данного периода, его сюжетные, композиционные, колористические, стилевые особенности, дана характеристика орнаментики и декоративной отделки волынских церквей и костелов. Поднят вопрос региональных особенностей волынской монументальной храмовой живописи и ее принадлежности к отдельной волынской живописной школе.

**Ключевые слова:** храм; церковь; костел; собор; роспись; монументальная живопись; сюжет; композиция; колорит; алтарь; портрет; орнамент; декорирование

## ARCHITECTURAL AND ART MEANS OF EXPRESSION IN VOLYN TEMPLE CONSTRUCTION OF XVII-XVIII CENTURIES: ANALYSIS OF ART AND DECORATIVE PAINTINGS

LESYK-BONDARUK O. O., Cand. Sc. (Arch.), Ass. Prof.

Architecture Department, the Eastern European University named after Lesya Ukrainka, Voli av., 12, Lutsk, Ukraine, tel. +38 (050) 716-57-78, e-mail: O\_Bondaruk@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1460-2101

**Summary.** Given article is dedicated to research of art and decorative paintings of Volyn region orthodox and catholic temples of XVII-XVIII centuries. The article analyses the general tendencies of Volyn temple art development of this period, its narrative, compositional, coloristic and style peculiarities; ornaments and decorations of Volyn churches and cathedrals have been studied. The author raises an issue of regional peculiarities of Volyn monumental temple paintings and its belonging to a separate Volyn painting school.

**Keywords:** temple; church; cathedral; minster; painting; monumental painting; motif; composition; colour; altar; portrait; ornament; decoration

Важливий засіб мистецької виразності храмів - як дерев'яних, так і кам'яних - це настінні художньо-декоративні розписи. Вони включають монументальні настінні розписи, станковий живопис ікон та портретів, орнаменти.

У досліджуваній період настінним розписам храмів властиве певне зниження характе-

ру монументальності та піднесеності. На зміну їм приходить декоративність із ліризмом образів. Значного поширення набувають сюжети «Страшного суду», в яких найяскравіше проявляється народний дух. Біблійних героїв, міфологічні образи художники наближають до земного життя, зображуючи їх звичайними людьми (храми та церкви населених пунктів

Низькиничі, Камінь-Каширський, Грудки, Качин, Доротище, Коршів, Шепель, Згорани). Окремі сцени цих розписів за традицією обведені вузькою смужкою декору. Сюжети настінного живопису підпорядковані площині стіни храму. Незалежно від тематики, характеру настінне малювання було органічною частиною інтер'єру.

Характерно, що в першу чергу оздоблювався центральний неф сценами страстей. Бабинець розписувався сюжетом «Страшного суду», а вівтар - на теми Євангелія (Лудин, Корець, Доротище, Грудки).

У сценах «Страшного суду» малярі Волині намагаються віддзеркалити народне життя. Центром композицій стають не канонічні моменти, а зображення самих грішників та покарань за земні гріхи. Сцени «Страшного суду» набувають реального життєвого змісту з відображенням різних сторін життя простих людей. Кару отримують ті, хто гнобить народ. Важливо зазначити, що таке трактування «Страшного суду» малярами Волині мало подібні вирішення в роботах майстрів Поділля, Київщини, Буковини [5; 9].

На початку XVIII століття конкретизація образів грішників посилюється. Картини стають свого роду кодексом народної моралі. Грішників зображають оголеними з написами їхніх гріхів (Згорани, Голоби). При цьому образи демонів порівняно з тематикою «Страшного суду» втрачають займається низка науковців [5; 7; 10; 11]. Аналіз іконопису, портретного живопису в регіоні Західної України проведено в глибоких дослідженнях П. М. Жолтовського, В. А. Овсійчука та В. І. Свенцицької [4; 6; 9].

Характеристика волинських ікон та портретів XVII - XVIII ст. висвітлюється в працях П. О. Білецького, В. Щерба-ківського, І. Дацюк, Я. Я. Бондарука, О. Сидора, О. Соловка та ін. [1-3; 10; 11; 14].

Завдяки волинським творам виникли перші уявлення про український іконопис XVI-XVII ст., який має характерні риси національної школи у колі тих народів, що входили сферу впливу візантійської культури [4; 8].

Своєрідна манера письма темпераментного живопису малярів Волині дозволяє виділити їх в індивідуальну мистецьку школу з характерними рисами монументальності, образності та

тісного переплетення з канонічними традиціями мистецтва візантійського, давньоруського та західноєвропейського.

З об'єктивних причин у цей час малярство обслуговує переважно потреби церкви. Фактично, ікона перетворюється на малярську картину релігійного змісту [9; 11]. Диктовані служителями церкви сюжетні обмеження спонукали художників до пошуків різноманітних образних вирішень одних і тих же іконографічних завдань. У волинському малярстві спостерігаються нові течії, тлумачення у розумінні мистецьких ідеалів, що передусім зумовлено гуманістичними тенденціями епохи Ренесансу. В цілому українське церковне малярство того часу також уникає абстрагованого від життя схематизму [7].

Волинські майстри вводять у структуру іконописних творів елементи портрета, пейзажу, натюрморту, побутового жанру. Втрачається умовність персонажів, застосовується світлотіньове моделювання форми та композиційно-просторова побудова сюжету. Незважаючи на певну скромність палітри волинських художників (вохра, індиго, хром, кіновар, чорна фарба), вони досягали значного кольорового багатства, відступаючи від середньовічних правил локально-кольорних плям, і святий Георгій зображався у вигляді пішого воїна або вершника. Ікони святого Георгія у лицарських шатах зі списом у руках, що сперся на щит, мають досить лаконічні композиції, стриману кольорову гаму. У зображеннях святого Георгія-Переможця, який сидить на вороному коні і списом вбиває змія (символ сатани), досить динамічна кольорова гама одягу здебільшого вирішена яскраво-червоними кольорами («Георгій-Переможець» сс. Твердині, Дубечне, Ставки, Верхнів, «Святий Георгій» сс. Михайлівка, Новосілки, Гірка Полонка, «Юрій Змієборець» с. Бобли).

Еволюція живопису ікон зумовлена розвитком іконостасів. Із часом іконостаси збільшуються за розмірами, яруси виростають переважно вгору, рідше - вишир. В іконостасах, як чисто декоративних композиціях, що викликали захоплення своїми розмірами та багатством оформлення, невід'ємним елементом були ікони. Послідовність розміщення ікон (образів) в іконостасі така: перший ряд займають так звані намісні ікони, над ними - ряд празникових, тобто святочних ікон

(для дванадцяти головних свят), третій ярус - ряд апостолів, над якими розміщені зображення пророків, і останній, верхній ярус, присвячується образам мучеників та інших святих. Композицію завершує хрест зі скульптурним розп'яттям, розміщений зверху над іконостасом. Характерна риса волинських церков - те, що над Царськими воротами розміщується ікона Почаївської Божої Матері.

У багатьох іконах зазначеного періоду відчувається гармонійна злагодженість кольорової гами, віддається перевага кольорам із вишуканими відтінками холодної тональності, моделюванню форми за допомогою світла і тіні [9].

Невід'ємним атрибутом художнього оформлення інтер'єрів храмів були портрети фундаторів, знатних людей. Зображення засновників вводили до композицій ікон (ікона «Покрови» с. Фусів). Як правило, портрети фундаторів малювались після їх смерті. Портрети, при великій індивідуальності образів, позначені суворістю загального настрою, стриманістю (в Устенському Другому, Шурині, Штуні, Шепелі, Підбереззі, Лудині). Стилiстична особливiсть волинського рослинного орнаменту полягає у зображенні великих квітів на стеблах із листочками. Популярні також листки, стебла та грона винограду.

Шрифтовий (епіграфічний) орнамент відомий ще із часів стародавніх цивілізацій. Єгипетські та китайські ієрогліфи, арабська в'язь вважались не лише письмовою інформацією, а й декором. Якщо напис або цифри побудовані так, що виконують одночасно інформаційну і декоративну роль, їх називають шрифтовим орнаментом. Виконуючи подвійну роль, вони стають історично цінними, бо доносять пряму інформацію до майбутніх поколінь.

У волинських храмах шрифтовий орнамент зустрічається переважно в костелах у поєднанні написів із геометричним або рослинним орнаментом (Луцьк, Дубно, Голоби, Олика).

До змішаного виду орнаменту входять елементи різних видів: геометричного, рослинного, шрифтового. У змішаних орнаментах стилізація рослинних форм поєднується з геометричними, з емблемами, з написами пам'ятних дат тощо (церкви в Корці, Верхах, костели в Луцьку, Полонному, Дубно).

Невід'ємний атрибут інтер'єрів храмів - церковна одежа (ризи, плащаниці, рушники). Церковні ризи (облачення) вишивають золотом і сріблом. Троїцький жіночий монастир у м. Корець і до нашого часу залишається одним із найбільших центрів із вишивання церковних риз не лише в Україні, а й в усіх країнах СНД. Подібно до церковних вишивок виконувались і рушники, які призначались для оздобу образів. На Волині існує звичай прикрашати вишиваними рушниками образи незалежно від того, поміщені вони в рами чи ні. Подібними рушниками оздоблюються й хрести у храмі. Орнаменти виконуються переважно червоними.

Серед монументальних розписів мурованих храмів домінуюче місце посідає живопис костелів. Він виконувався переважно у стилі бароко. В цей час у польському монументальному живописі панує зверненість до помпезності та ілюзорної віртуозності виконання. Провідниками цього творчого напрямку були вихованці римсько-болонської художньої школи [5].

Масштабністю та декоративним чуттям позначені розписи костелу в м. Олика, виконані у другій половині XVII століття. Живописністю та свіжістю колориту виділялись розписи костелу єзуїтів у Луцьку та костелу бернардинців у м. Дубно. Легко написану на склепінні ясну синь неба пожвавлювали постаті святих та ангелів, доповнюючи глибинний простір храмів.

На початку XVIII століття на Галичині виникає один із значних осередків монументального ілюзійного живопису, який був тісно пов'язаний з мистецькими течіями Польщі [5; 9]. Розписи костелів у Берестечку, Голобах, Корці, Полонному знайшли певну реалізацію цієї мистецької течії в храмових спорудах Волині. Інтер'єри значно змінюють вигляд шляхом збагачення їх ілюзорними арками, колонами, обрамленням порталів. Костел у Полонному мав розпис плафона, в якому над реально існуючими стінами мальовничо був виконаний новий ярус із колонами. Завдяки цьому простір нефа ілюзорно збільшувався.

У другій половині XVIII століття у розвитку настінного живопису Волині спостерігаються принципові стилістичні зміни. Так, розпис бічних нефів костелу в Дубровиці

періоду розвинутого бароко характеризується прагненням до реалістичного трактування образу людини та пейзажу, який служить при цьому фоном. Митці зосереджують увагу на повітряній перспективі та колориті.

Протягом XVII-XVIII століть іконопис залишається основним видом живопису. Його провідна роль зумовлена змістом української культури, яка мала релігійне забарвлення. Дослідженням монументального та станкового живопису XVII-XVIII ст. у храмах Волині застосовуючи широку розтяжку кольору. Ці ознаки притаманні більшості наявних нині творів волинського малярства XVII-XVIII ст. в тому чи іншому поєднанні. В цьому переконають ікони «Христос», «Старозаповітна Трійця», «Богоматір», численні зображення св. Миколая, Георгія Змієборця, Онуфрія та інших святих.

Яскравий приклад просторової композиції, пластичного моделювання форми з індивідуальним, навіть портретним трактуванням ликів святих являє собою «Спас» (Камінь-Каширський). Майстерність виконання образу Христа ставить цей твір у число найкращих досягнень не лише волинського, а й українського живопису першої половини XVII століття [3].

В образах Христа зникає колишня умовність, замість аскетичності та суворості вираз обличчя трактується доброзичливим, навіть ліричним. В іконах відчувається певна м'якість силуетів, продумана композиція багатофігурних сцен, колорит, що підтверджує ренесансний мистецький прогрес.

Для митців цього періоду властиво ілюзорно відтворювати навколишній світ. Вони відмовляються від традиційних умовностей зображення архітектурного фону та символіки у візантійській іконографії. Колорит стає інтенсивним («Юрій Змієборець», с. Бобли), або наближається до нейтральної гами сіруватих чи коричневих тонів («Архангел Михаїл», с. Береськ), що нагадує середньовічні фрески.

Образ св. Онуфрія був одним із найоригінальніших явищ українського іконопису згаданого періоду [13]. Кращі зображення Онуфрія походять із Волині та Галичини [4; 9]. На волинських іконах Онуфрій зображений навколішки під час молитви. Твори майстрів із сюжетом «пустельника» близькі за стилістичним вирішенням, але мають незначні

розходження в іконографії, колориті та композиції («Пустельник Онуфрій» с. Новосілки, «Причащання св. Онуфрія» с. Михнівка, «Святий Онуфрій» с. Ставки).

Популярним був святий мученик Георгій, якого, за традицією, вважали покровителем воїнства і самого візантійського імператора [12].

Найчастіше у волинському іконописі колориту. Обличчя малюють благодушними, оживленими легкою усмішкою (портрети Домашевських із Почаївської Лаври, портрети Беати Костелецької та Костянтина Острозького з Острога). Протягом XVII-XVIII століть зберігаються різновиди портретного жанру, а саме призначення творів до певної міри зумовлює їх стилістичне вирішення. Зв'язок професійного живопису з образотворчим фольклором надає своєрідності та національної виразності портретам. Крім мистецьких якостей, старовинні українські портрети цінні великою правдивістю відтворення антуражу. Килими, зброя, одяг цього періоду документально зафіксовані.

Волинські портрети, як і більшість аналогічних творів українського мистецтва, дістали назву «парсуни» [1].

Красу суцільних барвистих розписів, ікон та портретів підсилювали орнаменти. Як правило, вони розташовувались у нижній частині стіни на висоті людського зросту. В іконах та портретах орнаменти виконувались по периметру зображення. Їх колорит, стилістика завжди підпорядковувались колориту й стилю сюжетних розписів ікон чи портретів.

В оздобленні храмів зустрічаються орнаменти таких видів: геометричний, рослинний, шрифтовий та змішаний.

Геометричний орнамент найдавніший. Він складається із крапок, ліній, геометричних фігур: трикутників, квадратів, прямокутників, ромбів, кіл, багатокутників, спіралей, зигзагів, меандрів тощо. Найчастіше у розписах волинських храмів зустрічаються геометричні орнаменти з поєднанням ліній, крапок, трикутників та меандрів (церкви в Низькиничаях, Камінь-Каширському, Грудках, Качині, Дорогищах, Коршеві, Шепелі, Згоранах, костели в Олиці, Голобах, Полонному, Дубно, Луцьку, Берестечку).

Рослинний орнамент складається із форм рослинного світу: квітів, листків, плодів,

гілок, стебел, бруньок, стовбурів дерев тощо. Залежно від того, які елементи переважають в орнаменті, його називають квітковим, трав'яним, рослинно-геометризованим. Найчастіше у храмах Волині зустрічаються рослинно-геометризовані орнаменти (поєднання рослинного з геометричним) - церкви у Вільхівці, Городку, Корці, виконані чорними нитками, зустрічаються вкраплення коричневого та синього кольорів.

Настінні розписи, ікони, портрети та орнаментика у волинських храмах XVII-XVIII ст. в автентичному стані до наших днів не збереглися. Нестійкі фарби, ремонти та реставрації, соціально-економічні зміни спричинили те, що у первісному вигляді ці твори збереглися фрагментарно у небагатьох храмах. Джерелами для вивчення пам'яток народного монументального та станкового живопису в церквах та костелах Волині, окрім їх залишків безпосередньо у храмах, служать фактичні матеріали в публікаціях, оригінали та копії в музеях України, приватних колекціях.

Так, станковий настінний живопис XVII-XVIII ст. частково зберігся у дерев'яних церквах міст Лудин, Згорани, Камінь-

Каширський, Грудки, Качин, Доротище, Коршів, Шепель. Фрески, фрагменти розпису з орнаментами досліджуваного періоду залишилися у кам'яних храмах таких міст: Низькиничі, Штунь, Устенське Друге, Корець, Городок, Кисилін. Фрагменти орнаментів, розписів XVIII ст. частково збереглися в костелах міст Берестечко, Голоби, Дубно, Полонне, Корець. Живописні полотна XVII ст. костелу з Олики - у Львівській картинній галереї.

Значна кількість ікон, портретів згаданого періоду зберігаються в музеях Києва, Луцька, Житомира, Рівного, Острога, Кам'янця-Подільського, Володимира-Волинського. Так, у фондах музею Волинської ікони м. Луцька зберігається понад 180 ікон XVII-XVIII століття, у Володимир-Волинському історичному музеї - сім ікон, Рівненський краєзнавчий музей нараховує понад 30 ікон. В Острозькому краєзнавчому музеї зберігаються ікони острозьких малярів XVI-XIX ст., які нараховують понад 120 творів іконопису. Крім того, відкрито музей старовини при Острозькій академії, в якому експонуються старовинні ікони.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білецький П. О. Портрет / П. О. Білецький // Історія українського мистецтва : у 6-ти т. – Київ : Гол. ред. Української радянської енциклопедії, 1968. – Т. 3. – С. 240–283.
2. Бондарук Я. Іконопис Острожчини XVI-XVIII ст. / Я. Бондарук // Волинська ікона: питання історії вивчення, дослідження та реставрації : тези та матеріали IV Всеукраїнської наук. конф., (Луцьк, 17–18 грудня 1997 р.) : наук. зб. – Луцьк, 1997. – Вип. 4. – 139 с.
3. Дацюк І. Волинська ікона XVII-XVIII ст.: традиції та новаторство / І. Дацюк // Волинська ікона: питання історії вивчення, дослідження та реставрації : тези та матеріали IV Всеукраїнської наук. конф., (Луцьк, 17–18 грудня 1997 р.) : наук. зб. – Луцьк, 1997. – Вип. 4. – С. 69–71.
4. Жолтовський П. М. Іконопис / П. М. Жолтовський // Історія українського мистецтва : у 6-ти т. – Київ : Гол. ред. Української радянської енциклопедії, 1968. – Т. 3. – С. 193–240.
5. Логвин Г. Н. Монументальний живопис / Г. Н. Логвин, Ф. С. Уманцев // Історія українського мистецтва : у 6-ти т. – Київ : Гол. ред. Української радянської енциклопедії, 1968. – Т. 3. – С. 154–193.
6. Овсійчук В. А. Українське мистецтво XIV - першої половини XVII століття / В. А. Овсійчук. – Київ : Мистецтво, 1985. – 168 с. – (Нариси з історії українського мистецтва).
7. Откович В. П. Народна течія в українському живопису XVII-XVIII ст. / В. П. Откович. – Київ : Наукова думка, 1990. – 96 с.
8. Свенціцька В. І. Кризь віки і канони / В. І. Свенціцька // Образотворче мистецтво. – 1988. – № 4. – С. 15.
9. Свенціцька В. І. Український живопис XVI-XVII й XVIII ст. у контексті візантійських мистецьких традицій та західноєвропейського бароко / В. І. Свенціцька // Українське бароко та європейський контекст. – Київ : Наукова думка, 1991. – С. 90–96.
10. Сидор О. Ф. Бароко в українському живопису / О. Ф. Сидор // Українське бароко та європейський контекст. – Київ : Наукова думка, 1991. – С. 173–183.
11. Сидор О. Ф. Волинське малярство XVII-XVIII століть / О. Ф. Сидор // Образотворче мистецтво. – 1988. – № 2. – С. 18–21.
12. Соловка О. Іконографія св. Юрія Змієборця на теренах Західної України в середньовічні часи / О. Соловка // Волинська ікона: питання історії вивчення, дослідження та реставрації : тези та матеріали III Всеукраїнської наук. конф., (Луцьк, 12–13 грудня 1996 р.) : наук. зб. – Луцьк, 1996. – Вип. 3 – С. 18.

13. Соловка О. Святий Онуфрій в Галицькому і Волинському іконописі / О. Соловка // Волинська ікона: питання історії вивчення, дослідження та реставрації : тези та матеріали II Всеукраїнської наук. конф., (Луцьк, 29 листопада–13 грудня 1995 р.) : наук. зб. – Луцьк, 1995. – Вип. 2. – С 56.
14. Щербаківський Вадим Українське мистецтво : Вибрані неопубліковані праці / Вадим Щербаківський. – Київ : Либідь, 1995. – 288 с.

## REFERENCES

1. Biletskyi P.O. *Portret* [Portrait]. *Istoriia ukrainskoho mystetstva* [History of ukrainian art]. Kyiv: Hol. red. Ukrainskoi radiantskoi entsiklopedii, 1968, vol. 3, pp. 240–283. (in Ukrainian).
2. Bondaruk Ya. *Ikonopys Ostrozhchyny XVI-XVIII st.* [Icon painting of Ostrozhchyna of XVII-XVIII]. "*Volynska ikona: pytannia istorii, dosliddzennia ta reiestratsii vvychennia*" (Lutsk, 17 -18 grudnia, 1997). *Tezy ta materialy IV Ukrainka konferentsii "Volynska ikona"* [Thesis of II international scientific conference, dated on 17-18 December, Lutsk "Volyn Icon": the issues of history, investigations and registration of learning]. Lutsk, 1997, iss. 4, 139 p. (in Ukrainian).
3. Datsiuk I. *Volynska ikona XVII-XVIII st.: tradytsii ta novatorstvo.* [Volyn icon of XVII-XVIII century: traditions and innovations]. "*Volynska ikona: pytannia istorii, dosliddzennia ta reiestratsii vvychennia*". *Tezy ta materialy IV naukovoii konferentsii (Lutsk, 17-19 grudnia, 1997)* [Thesis of IV Ukrainian Scientific conference, dated on 17-18 December, Lutsk "Volyn Icon": the issues of history, investigations and registration of learning]. Lutsk, 1997, iss. 4, pp. 69–71. (in Ukrainian).
4. Zholtovskiy P.M. *Ikonopys* [Icon painting]. *Istoriia ukrainskoho mystetstva* [History of Ukrainian art]. Kyiv: Hol. red. Ukrainskoi radiantskoi entsiklopedii, 1968, vol. 3, pp. 193–240. (in Ukrainian).
5. Lohvyn H.N. and Umantsev F.S. *Monumentalni zhyvopys* [Monumental painting] *Istoriia ukrainskoho mystetstva* [History of Ukrainian art]. Kyiv: Hol. red. Ukrainskoi radiantskoi entsiklopedii, 1968, vol. 3, pp. 154–193. (in Ukrainian).
6. Ovsichuk V.A. *Ukrainske mystetstvo XIV - pershoi polovyny XVII stolittia* [Ukrainian art of XIV- XVII century]. Kyiv: Mystetstvo, 1985, 168 p. (in Ukrainian).
7. Otkovych V.P. *Narodna techiia v ukrainskomu zhyvopysu XVII-XVIII st.* [Folk movement in Ukrainian painting] Kyiv: Naukova dumka, 1990, 96 p. (in Ukrainian).
8. Svetsitska V.I. *Kriz viky i kanony* [Through the centuries and canons]. *Obrazotvorche mystetstvo* [Fine arts]. 1988, no. , 415 p. (in Ukrainian).
9. Svetsitska V.I. *Ukrainskyi zhyvopys XVI-XVII y XVIII st. u konteksti vizantiiskykh mystetskykh tradytsii ta zakhidnoevropeiskoho baroko* [Ukrainian painting of XVI-XVII at XVIII century at context of Byzantine art tradition and western european barocco]. *Ukrainske baroko ta yevropeyskyi kontekst* [Ukrainian barocco and european context]. Kyiv: Naukova dumka, 1991, pp. 90–96. (in Ukrainian).
10. Sydor O.F. *Baroko v ukrainskomu zhyvopysu* [Barocco at Ukrainian painting]. *Ukrainske baroko ta yevropeyskyi kontekst* [Ukrainian barocco and european context]. Kyiv: Naukova dumka, 1991, pp. 173–183. (in Ukrainian).
11. Sydor O.F. *Volynske maliarstvo XVII-XVIII stolit* [Volyn painting of XVII-XVIII]. *Obrazotvorche mystetstvo* [Fine arts]. 1988, no. 2, pp. 18–21. (in Ukrainian).
12. Solovka O. *Ikonohrafiia sv. Yurii Zmiiebortsia na terenakh Zakhidnoi Ukrainy v serednovichni chasy* [Saint Yuriy Zmiieborets's iconography on west Ukraine territory at middle ages]. "*Volynska ikona: pytannia istorii, dosliddzennia ta reiestratsii vvychennia*". *Tezy ta materialy III Vseukrainskoi naukovoii konferentsii "Volynska ikona"* (Lutsk, 12-13 grudnia, 1996). [Thesis of III Ukrainian scientific conference, dated on 12-13 December, Lutsk "Volyn Icon": the issues of history, investigations and registration of learning]. Lutsk, 1996, iss. 3, 18 p. (in Ukrainian).
13. Solovka O. *Sviaty Onufrii v Halytskomu i Volynskomu ikonopysi* [Saint Onufriy at Halytskyi and Volyn iconography]. "*Volynska ikona: pytannia istorii, dosliddzennia ta reiestratsii vvychennia*" (Lutsk, 29 lystopada -13 grudnia, 1995). *Tezy ta materialy II Mizhnarodnoi konferentsii "Volynska ikona"* [Thesis of II International scientific conference, dated on 29 November-13 December, Lutsk "Volyn Icon": the issues of history, investigations and registration of learning]. Lutsk, 1995, iss. 2, 56 p. (in Ukrainian).
14. Shcherbakivskiy Vadim *Ukrainske mystetstvo: vybrani ne opublikovani pratsi* [Ukrainian art: not published works]. Kyiv: "Lybid", 1995, 288 p. (in Ukrainian).

Рецензент: Челноков О. В., канд. техн. наук, проф.

Надійшла до редколегії: 18.12.2018 р.



УДК [391.985:72.012](477)

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261218.102.455

## ЕЛЕМЕНТИ НАРОДНОЇ ЗВИЧАЄВОСТІ В УКРАЇНСЬКІЙ АРХІТЕКТУРНІЙ КОМПОЗИЦІЇ

РОЩИНА Ю. М., канд. держ. упр.

Кафедра українознавства, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38(0562) 46-94-98, e-mail: yulia\_cherednyk@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-7502-4347

**Анотація. Постановка проблеми.** Народні звичаї – це відображення сакральної складової українського народу. Тому духовні цінності, сформовані протягом тривалого історичного періоду, відіграють важливу роль у відродженні національної культури та духовності. Здавна народні звичаї українців утілювалися в архітектурній композиції житла, внутрішнє й зовнішнє оздоблення якого відповідало законам Усесвіту. Символіка орнаментів, намальованих на зовнішніх і внутрішніх стінах української хати, сформована за впливу як поганських, так і християнських традицій. Саме це дає можливість глибше зрозуміти внутрішній світ наших предків. **Аналіз публікацій.** Дослідженню українських народних звичаїв присвячено низку наукових праць. З описом традицій і звичаїв нашого народу знайомимось у працях О. Воропая, Ф. Вовка, В. Скуратівського, Г. Лозко. Цікаві народнозвичаєві розвідки представників діаспори. Проте, на нашу думку, більш детального дослідження потребує саме сакральний аспект обраної теми. **Мета статті** – проаналізувати елементи народної звичаєвості в архітектурній композиції житла українців. **Висновки.** Українські народні звичаї, уособлені в елементах архітектурної композиції, відкривають шлях до розуміння внутрішнього світу наших предків, їх світогляду й зв'язків зі світовими традиціями. Орнаменти, відтворені на розписах українських хат і вишивці рушників, – це знакова система, за допомогою якої передано настанови для прийдешніх поколінь. Тому важливо розуміти, що протягом тривалого історичного періоду український народ писав власну історію та філософію, розуміння якої дає можливість відтворити його кращі традиції.

**Ключові слова:** орнаменталістика української хати; рушник; знакова система

## ЭЛЕМЕНТЫ НАРОДНОЙ ТРАДИЦИИ В УКРАИНСКОЙ АРХИТЕКТУРНОЙ КОМПОЗИЦИИ

РОЩИНА Ю. Н., канд. гос. упр.

Кафедра украиноведения, Государственное высшее учебное заведение «Приднiproвская академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38(0562) 46-94-98, e-mail: yulia\_cherednyk@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-7502-4347

**Аннотация. Постановка проблемы.** Народные традиции – это отражение сакральной составляющей украинского народа. Поэтому духовные ценности, сформированные на протяжении длительного исторического периода, имеют большое значение в возрождении национальной культуры и духовности. Издавна народные традиции украинцев воплощались в архитектурную композицию жилища, внутреннее и внешнее украшение которого соответствовало законам Вселенной. **Анализ публикаций.** Исследованию украинских народных традиций посвящен ряд научных работ. С описанием традиций и обрядов украинского народа можно ознакомиться в произведениях А. Воропая, В. Вовка, В. Скуративского, Г. Лозко. Интересны народоведческие работы представителей диаспоры. Однако мы считаем, что более детального исследования требует именно сакральная сторона данной темы. **Цель статьи** – проанализировать элементы народных традиций в архитектурной композиции жилища украинцев. **Выводы.** Украинские народные традиции, представленные в элементах архитектурной композиции, дают возможность понять внутренний мир наших предков, их мировоззрение в связи с мировыми традициями. Орнаменты, представленные в росписях жилищ и вышивке рушников, – это знаковая система, с помощью которой передаются наставления для будущих поколений. Поэтому важно понимать, что на протяжении длительного исторического периода украинский народ писал собственную историю и философию, понимание которой способствует воссозданию его лучших традиций.

**Ключевые слова:** орнаменталістика українського жилища; рушник; знакова система

## ELEMENTS OF FOLK CUSTOMS IN THE UKRAINIANS ARCHITECTURAL COMPOSITION

ROSHCHINA Y. M., Ph.D.

Department of Ukrainian Studies, State Higher Educational Establishment “Prydniprovska Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernyshevskogo str., 49600, Dnipro, Ukraine, phone: +38(0562) 46-94-98, e-mail: yulia\_cherednyk@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-7502-4347

**Summary. Setting the problem.** Folk customs are a reflection of the sacred component of the Ukrainian people. Therefore, the spiritual values being formed during the long historical period play an important role in the revival of national culture and spirituality. From ancient times, the folk customs of Ukrainians were embodied in the architectural composition of the houses, the interior and exterior of which was in accordance with the laws of the Universe. The symbols of the ornaments painted on the outer and inner walls of a Ukrainian house are created under the influence of both pagan and Christian traditions. This allows understanding deeper the inner world of our ancestors. **Analysis of publications.** A number of scientific works deals with the study of Ukrainian folk customs. The description of the traditions and customs of our people, we find in the works of O. Voropai, F. Vovk, V. Skurativskyi, G. Lozko. The folk customs investigations made by the diaspora representatives are interesting. However, in our opinion, the sacred aspect of the chosen theme needs to be studied more detailed. **The aim of the article** is to analyze the elements of the folk customs in the architectural composition of Ukrainian houses. **Conclusions.** The Ukrainian folk customs, embodied in the elements of the architectural composition, lead to understanding the inner world of our ancestors, their outlook and connections with world traditions. The ornaments, reproduced on the paintings of the Ukrainian houses and embroidered towels, are the sign system through which the guidelines for future generations are transmitted. Therefore, it is important to understand that during the long historical period, the Ukrainian people wrote their own history and philosophy, the understanding of which makes it possible to replicate its best traditions.

**Keywords:** *ornamentation of a Ukrainian house; towel; sign system*

**Постановка проблеми.** Народні звичаї – це відображення сакральної складової українського народу. Тому духовні цінності, сформовані протягом тривалого історичного періоду, відіграють важливу роль у відродженні національної культури та духовності. Здавна народні звичаї українців утілювалися в архітектурній композиції житла, внутрішнє й зовнішнє оздоблення якого відповідало законам Усесвіту.

Символіка орнаментів, намальованих на зовнішніх і внутрішніх стінах української хати, сформована за впливу як поганських, так і християнських традицій. Саме це дає можливість глибше зрозуміти внутрішній світ наших предків.

**Аналіз публікацій.** Дослідженню українських народних звичаїв присвячено низку наукових праць. З описом традицій і звичаїв українського народу знайомимося в працях О. Воропая, Ф. Вовка, В. Скуратівського, Г. Лозко. Цікаві розвідки представників діаспори. Проте більш детального дослідження потребує проблема сакрального значення народних звичаїв.

**Виклад основного матеріалу.** Художня структура архітектурного твору – це виразна система форм, що впливають із конкретного змісту й розкривають певний ідейний задум. Закономірне розташування й поєднання всіх зовнішніх і внутрішніх елементів утворює єдине ціле. Щодо особливостей

архітектурної композиції українців, то вона сформувалася за впливу народних традицій. В орнаменталістиці української хати проявлено уміння нашого народу створювати цілісну картину, що відображає релігійні вірування та хліборобське начало.

Елементи народних звичаїв, зображені на стінах жител українців, мають апотропеїстичний характер, а за походженням сягають глибокої давнини. Проте, незважаючи на вплив різних культур, наша традиція виробила свій канонічний стиль в архітектурній композиції житла, що переходив від покоління до покоління. Зазначимо, що для кожного регіону України були притаманні свої народні елементи. Проте були й такі, що мали спільну традицію використання. Саме на них і зосередимо увагу.

Відомо, що житло українців здавна відрізнялося красою та оригінальністю. Ще із часів Київської Русі українці поклонялися сонцю та небу.

Так, український мистецтвознавець К. Широцький стверджував: «Для нашої залитої світлом країни жовтий і синій кольори є і були найбільш підхожі. Се чудесно зрозумів наш простий народ, вимальовуючи свої хати спереду в синє, а з-затилля в жовте... Сі кольори давали народові любов до природи, яку він бачив саме у жовтій і лазуровій окрасці, позлотистий степ, синє небо, синє море і ріки з жовтими очеретами і рудими скелями, сині гори» [3, С. 147]. Сьогодні

давній народний звичай перейшов на сучасний символ державності – прапор.

Заслуговує на увагу тлумачення львівського тюркознавця М. Роговича щодо давньої української традиції поєднання синього та жовтого кольорів, яке він уперше офіційно оприлюднив у 1990 року на науковій конференції в Мінську «Слов'яни: єдність і різноманітність» у виступі «Українська національна символіка в історичному контексті».

Так, згідно з його твердженням, сучасне просторічне слово «хохол» – монгольського походження. Лексема складається із двох компонентів: «хох» – синій, голубий, небесний та «улу» («юлу») – жовтий. Кінцевий голосний звук із часом занепав, і відповідна лексема змінила звучання на «хохул», пізніше – на «хохол» у результаті трансформації звука [у] в останньому закритому складі в [о]. Отже, народна традиція нашого народу доводить, що українці здавна мали глибоку духовну корені.

Доказом того, що сині й жовті кольори були наявними у слов'ян ще до татаро-монгольської навали, можна вважати мозаїки Софії Київської – пам'ятки давньоруської культури початку XI століття. Так, у смальті синього ультрамаринового кольору можна розрізнити дев'ять відтінків – від темно-синього до блакитного. У смальті синього кобальтового кольору їх п'ять, а синій колір індиго має сім відтінків...

У жовтій «сім'ї» смальт – сорок чотири відтінки! Усього ж у київських мозаїках 18 основних кольорів із 143 відтінками. Окрему групу становлять золоті й срібні смальти 25 відтінків – усього [5-151].

Із часом внутрішня та зовнішня оздоба української хати трансформується на рушникове полотно. Рушник функціонує в системі культури як творча, художня, історична цінність та відображає зв'язок минулого із сучасним.

На рушникові наші предки через візерунки передавали своїм нащадкам усю інформацію, яку треба було залишити після

себе. Тому кожна рисочка, крапочка, гілка, пташка щось означали. Рушник став невід'ємною частиною архітектурної композиції українців, символом дороги, що веде до сонця.

Рушник мав неабияке значення під час будівництва житла. Закладаючи хату, на рушник клали хрест, букет квітів, хліб, сіль і ставили кухоль із водою чи вином. Старший майстер брав до рук рушник із хлібом, цілував його, примовляючи: «Господи, допоможи!»

Так само зберігся звичай: будуючи хату, останню крокву на завершення даху заносити на рушниках, які потім дарували майстрам. Наймолодший із майстрів мав поставити на вершину даху «вінок» - букет із гілок берези або дуба, разом із квітами, пов'язаними рушничком, якого для цієї мети вишивала майбутня господиня дому.

У новозбудовану хату входили також з іконою, вишитим рушником, хлібом-сіллям. Усе це символізувало надію на добро й щастя в житті людини.

Рушники розміщували в хаті, ними прикрашали ікони, фотографії, портрети, дзеркала, оздоблювали сволок, двері, вікна.

Так, наприклад, давні трипільці малювали на дверях хати Дерево Життя або Світлове Дерево в триєдиній сутності буття. Це те незвичне дерево, що являє собою основу Світотворення. Малярі намагалися відтворити його космогонічний образ, який у ширшому значенні трансформувався в дерево, на якому «живе Господь Бог», а у вузкому – до родинних масштабів (весільне гільце, рушник) як народний елемент внутрішньої архітектурної оздоби.

Намальоване в хаті дерево мало символічне значення й відтворювало важливі життєві події української родини. За поясненням заступника з науково-фондової роботи Національного закладу «Музей Івана Гончара» Ю. Мельничука, Дерево Життя зображується квітучим. Квіти символізують людське життя сьогодні, бруньки – зародки майбутніх поколінь, а плоди – людські діяння, різні за своєю суттю. Найчастіше Дерево вишивається таким, що проростає із

«вазона», горщика. Це символічне зображення Дерева Роду виросло з гілочки, відламаной від Світового Дерева Життя. Горщик семантично означає першопредка, культуру. Дерево ніколи не копіює якусь конкретну рослину, її листя, квіти, чи плоди. Завжди це узагальнений образ, у якому все символічне. Багато мотивів та орнаментів подають схематично маленькі дерева, які чергуються за кольором, інколи за конфігурацією, розміром. Часто рушникові композиції супроводжують виноград, дуб, лілея, троянда тощо.

Над Деревом частину полотна залишали білою. Це символізувало Боже благословення, світле майбуття наступних поколінь.



Рис. 1. Дерево життя

Дерево Життя часто оточують хрестами, зорями, паростками зерна. Важливо, щоб Дерево Життя було симетричним, урівноваженим. Ярусів має бути не менше ніж три. Три поверхи – Священна Трійця, щасливе сімейне життя; чотири – реалізація ідей, добробут і статок родини; п'ять – утілення творчих задумів, духовні цінності; шість – єднання з Богом, духовна і фізична досконалість; сім – приєднання до невидимих світів, законів Всесвіту.

В орнаментатії українських рушників майстрині прагнуть передати красу і пишність природи, її буйне цвітіння. Часто вони розміщують на стеблі величезну кількість різноманітних квіток, майже не зображаючи листя.

Дерево Життя – найдавніший сакральний символ, що відображає наповнення світу язичницької міфології новим християнським образом. Структура Дерева Життя відображає уявлення наших пращурів про світобудову – триєдність буття; є філософським осмисленням категорії вічності – минулого, сучасного, майбутнього; є символом невичерпних життєвих сил, постійного оновлення та відродження. Крона дерева – це духовний світ, стовбур – матеріальний світ, а коріння – підземний потойбічний світ.

Серед символів, що включали до орнаменту українського рушника, слід виокремити такі:



Рис. 2. Виноград

– **виноград** – символ таїнства створення нової сім'ї. Життєдайність винограду означає плодючість роду, його нескінченність. Це символ християнства, тому вишивається на родинних рушниках. Виноград – єдина з усіх рослин, яка найбільше вбирає сонячної енергії й зберігає її в ягодах довгий час, відтак має пряме відношення до нашого світила. Сад-виноград – це життєва нива, на якій чоловік – сіяч, а дружина зобов'язана рости і доглядати за родовідним деревом;



Рис. 3. Лілея

– **лілея (крин)** – символ чистоти, невинності, досконалості. Ця квітка популярна передусім у рушниках із Деревом Життя. У контурі геометричного узору лілії вбачався силует пари птахів – знак любові. Окрім квітки, невід'ємною частиною орнаменту був листок і бутон, які складають нерозривну композицію потрійності. Лілея – жіночий символ, сама

суть енергії вологи. У ній закладено народження, розвиток і нескінченність життя;



Рис. 4. Троянда

– **троянда (ружа)** – улюблена квітка українців, уособлення небесної досконалості, вічності, краси. Означає нескінченний сонячний рух із вічним відродженням. У християнстві – символ раю, небесного покровительства. Троянди, складені в систему геометричного узору, були втіленням уявлення народу про Всесвіт як про систему;

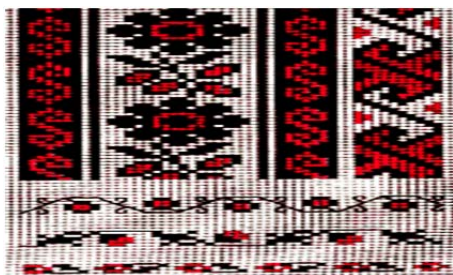


Рис. 5. Сонце, вода, земля

– **сонце** – потужний сакральний символ. Уособлює сонячну батьківську енергію, а для пращурів – знак священного вогню. Сонце зображають у вигляді восьмикутної розетки, квітки чи зірки, а також у вигляді ромбів із променями, хрестів у колі;

– **вода** – друга стихія, що утворила земне життя. Утілює вологу материнську енергію;

– **земля** – символ плодючості. Щедро засіяна земля зображувалася у вигляді ромбів. Ці знаки, що дійшли до нас із глибокої минувшини, – Сонце, Вода і Земля – становлять життєдайну трійцю і неподільні в орнаментах української вишивки;

– **голуби** – символ любові, чесності, щирості та вірності подружнього життя. Голуб – символ духовності; у християнстві – символ Святого Духа. Первісно цих птахів зображали як небесних представників. На весільних рушниках

вишивають із голубами Дерево Життя або квітучу гілку. Їх зображують парами, зосередженими навколо Дерева, що також символізує кохання, взаємне притягання, близькість. Не можна зображувати птахів відвернутими від стовбура Дерева.

Іноді, замість птахів, над мотивом Дерева зустрічалося зображення сонця з променями.



Рис. 6. Голуби

Для українців як спадкоємців давньої землеробської цивілізації характерне розмаїття орнаментів із ромбами та квадратами. Квадрати та ромби – одні з найпоширеніших геометричних знаків у вишивці. Ці чотирикутники символізують Матерію. Квадрат – стійка фігура, що відображає Матерію статичну. Ромб, який стоїть на одній точці, має велику свободу для руху й відображає Матерію в динаміці. У духовній своїй іпостасі ромб – «душа в окрасі» (з народної термінології). Квадрат і ромб у більшості культів зображують Землю, а тому здавна вважаються знаками благополуччя, матеріального багатства, достатку.

Варіації цих чотирикутників – поділ хрестом на чотири частини. За дослідженнями науковців та за давніми духовними знаннями, це й космічний символ родючості, плодючості є ідеограмою засіяного поля.

Коло як символ досконалості – уособлення Духа. Проміжною ланкою між ними постають восьмигранник, або восьмикутник, що символізує духовну трансформацію людини, шлях душі в земних умовах.

**Висновки.** Українські народні звичаї, трансформовані в елементи архітектурної композиції, відкривають шлях до розуміння внутрішнього світу наших предків, їх світогляду і зв'язків зі світовими традиціями. Орнаменти, відтворені на

розписах українських хат і вишивці рушників, – це знакова система, за допомогою якої передано настанови для прийдешніх поколінь. Тому важливо розуміти, що протягом тривалого

історичного періоду український народ писав свою власну історію та філософію, розуміння якої дає можливість відтворити кращі традиції народу.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Воропай Олекса. Звичаї нашого народу : Етнографічний нарис / Олекса Воропай. – Мюнхен : Українське видавництво, 1966. – Т. II. – 448 с.
2. Жайворонок В. В. Знаки української етнокультури : Словник-довідник / В. В. Жайворонок. – Київ : Довіра, 2006. – 703 с.
3. Лозко Г. Коло Свароже : Відродженні традиції / Г. Лозко. – Київ : Український письменник, 2005. – 222 с.
4. Саннікова Л. П. Етнофеноменологія староукраїнської культури / Л. П. Саннікова. – Київ : Аратте, 2009. – 776 с.
5. Степовик Дмитро. Скарби України : наук.-худож. кн. : для серед. та ст. шк. віку / Д. В. Степовик. – Київ : Веселка, 1990. – 192 с. : ілюстр.
6. Дрешпак В. М. Українська національна доброзвичаєвість : [навч. посіб.] / В. М. Дрешпак, Н. Г. Чередник, Ю. М. Чередник ; Нац. акад. держ. упр. при Президентові України, Дніпропетр. регіон. ін-т держ. упр. – Дніпропетровськ : ДРІДУ НАДУ, 2011. – 112 с. : рис.

### REFERENCES

1. Woropay O. *Traditions of the our people. Ethnographic essay.* / O.Woropay - Munich, 1966. – 448 p.
2. Zhajvoronok V.V. *Signs of Ukrainian ethnoculture: Dictionary-directory* // V.V. Zhajvoronok. – K.: Dovira, 2006. – 706 p.
3. Lozko Halyna *Kolo Svarozhe: nation's revival* / Halyna Lozko. – K. : Ukrain's'kyj pys'mennyk, 2004. – 222 p.
4. Sannikova L.P. *Ethnophenomenology of the Old Ukrainian Culture* / L.P. Sannikova. – K.: Aratte, 2009. – 776 p.
5. Stepovyk D. V. *Treasures of Ukraine* / D.V. Stepovyk. – K. : Veselka, 1990. – 192 p.
6. *Ukrainian national self-respect* / V.M. Dreshpak, N.G. Cherednyk, Y.M. Cherednyk. – DRIDU NADU, 2011. – 112 p.

*Рецензент: Євсєєва Г. П., д-р наук держ. упр.*

Надійшла до редколегії: 15.12.2018 р.

УДК 347.77/.78:658.589

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261218.108.456

## ІНЖИНИРИНГ, ЯК СКЛАДОВА ФУНКЦІОНЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

МИХАЙЛОВА Л. В., *ст. викладач*

Кафедра українознавства, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38(0562) 46-94-98, e-mail: Mykhailova.liliia@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-2907-3866

**Анотація. Постановка проблеми:** виявлення потенційного значення впровадження інжинірингу у інтелектуальної власності в процесі розробки технологій будівельного виробництва. **Мета роботи** – проаналізувати інжинірингове супроводження, яке б спростило процес втілення наукових розробок та винаходів з найменшими витратами та виділити окремі види інженерно-технічних послуг. **Висновки:** в статті сформульовано визначення інжинірингового супроводження, логічний та економічний аналіз; систематизація та угруповання даних, отриманих з літературних та Інтернет видань; моделювання; аналітичне вивчення інжинірингу та інжинірингового супроводження у ліцензійному договорі на винахід.

**Ключові слова:** *інжиніринг; інжинірингове супроводження; ліцензія; інновації; інженерно-технічні послуги*

## ИНЖИНИРИНГ, КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНТЕЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МИХАЙЛОВА Л. В., *ст. преподаватель*

Кафедра украиноведения, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38(0562) 46-94-98, e-mail: Mykhailova.liliia@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-2907-3866

**Аннотация. Постановка проблемы:** выявление потенциального значения внедрения инжиниринга в интеллектуальной собственности в процессе разработки технологий строительного производства. **Цель работы** – проанализировать инжиниринговое сопровождение, которое бы упростило процесс воплощения научных разработок и изобретений с наименьшими затратами и выделить отдельные виды инженерно-технических услуг. **Заключение.** В статье сформулировано определение инжинирингового сопровождения, логический и экономический анализ; систематизация и группировка данных, полученных из литературных и Интернет изданий; моделирование; аналитическое изучение инжиниринга и инжинирингового сопровождения в лицензионном договоре на изобретение.

**Ключевые слова:** *инжиниринг; инжиниринговое сопровождение; лицензия; инновации; инженерно-технические услуги*

## ENGINEERING AS A PART OF FUNCTIONING OF INTELLECTUAL PROPERTY

MYKHAYLOVA L. V., *Senior lecturer*

Department of Ukrainian Studies, State Higher Educational Establishment «Prydniprovskaya Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a, Chernyshevskogo st., 49600, Dnipro, Ukraine, phone: +38(0562) 46-94-98, e-mail: Mykhailova.liliia@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-00-02-2907-3866

**Abstract. Problem statement:** Identification of the potential significance of the introduction of engineering in the intellectual property in the process of developing technologies of construction production. **The purpose** of the work: to analyze the engineering support that would simplify the process of implementation of scientific developments and inventions with the lowest cost and to determine the certain types of engineering and technical services. **Conclusions:** the article formulates the definition of engineering support, logical and economic analysis; systematization and grouping of data obtained from literary and Internet publications; modeling; analytical study of engineering and engineering support in a licensed contract for an invention. in the license agreement for the invention.

**Key words:** *engineering; engineering support; license; innovations; engineering and technical*

Впровадження результатів науково-технічної діяльності ОПВ досить часто потребує інжинірингових послуг. Існує декілька визначень різних авторів пов'язаних з інжинірингом, які наводжуються нижче у таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Визначення поняття

"інжиніринг".

Якщо говорити простіше, інжиніринг – це підготовка техніко-економічних обґрунтувань і проектів; консультації; будівельний, інвесторський і технічний нагляд; стислі і довгострокові консультаційні послуги; проектування нової

технології; технічне сприяння при замовника з використанням оригінальної проведенні спеціалізованих робіт; технології. Інжиніринг складає проведення випробувань і перевірки інфраструктуру інноваційних процесів. устаткування і машин, переробка сировини

Поняття інжинірингу	Автор, дані
<p>Інженерна справа, інженерія (від фр. <i>ingenierie</i>, також інжиніринг від англ. <i>engineering</i>, початково від латин. <i>ingenium</i> – винахідливість, вигадка, знання, майстерний) – область людської інтелектуальної діяльності, дисципліна, професія, завданням якої є застосування досягнень науки, техніка, використання законів і природних ресурсів для вирішення конкретних проблем, цілей і завдань людства. Інакше інженерія – це сукупність робіт прикладного характеру, що включає передпроектні техніко-економічні дослідження і обґрунтування планованих капіталовкладень, необхідне лабораторне і експериментальне доопрацювання технологій і прототипів, їх промислове опрацювання, а також подальші послуги і консультації.</p>	<p>Мала гірнича енциклопедія за ред. В.С.Білецького</p>
<p>Як самостійний вид комерційних операцій інжиніринг припускає надання на основі договору на інжиніринг однією стороною, що іменується консультантом, іншій стороні, що іменується замовником, комплексу або окремих видів інженерно-технічних послуг, пов'язаних з проектуванням, будівництвом і введенням об'єкту в експлуатацію, з розробкою нових технологічних процесів на підприємстві замовника, удосконаленням наявних виробничих процесів аж до впровадження виробу у виробництво і навіть збуту продукції.</p>	<p>Цибульов П.М.</p>
<p>Інжиніринг - це технічні послуги необхідні для розвитку інноваційної діяльності і для розвитку виробництва. Це консультації, експертиза проектів, технічне навчання і науково-технічні послуги – це велика різноманітність науково-технічних робіт, необхідних для розробки і постачання новій модернізованій продукції на виробництві, а також для забезпечення найбільш вигідного виконання інших етапів інноваційного процесу, не тільки пов'язаних з реалізацією і експлуатацією нового товару, але і з реінжинірингом інноваційного процесу.</p>	<p>Дроб'язко В.С.</p>

Проаналізувавши, можна дійти висновку, що у сфері інтелектуальної власності стрімке зростання міжнародних операцій по торгівлі інженерно-технічними послугами виділило їх в самостійний вид міжнародних комерційних операцій, що привело до освіти і розвитку міжнародного ринку інжинірингових послуг [1].

Спочатку інжиніринг виник в Англії в цивільному будівництві і обмежувався консультаційною діяльністю в області спорудження доріг, мостів, портів, аеродромів, систем водо- і енергопостачання, робіт по меліорації та інше. Пізніше інженерно-консультаційні послуги почали надаватися також і в галузі промисловості. Інжиніринг в США почав розвиватися також з надання консультаційних послуг і обслуговував виключно внутрішній ринок. Поштовхом для розповсюдження американського інжинірингу за межами США послужила

Друга світова війна, під час якої здійснювалися в широких масштабах роботи по будівництву аеродромів, доріг, портів, військових об'єктів в інших країнах. Ці роботи виконувалися як приватними американськими інженерними фірмами по урядових замовленнях, так і спеціальними відділами американської армії, укомплектованими фахівцями з інжинірингу.

У перші післявоєнні роки інжиніринг отримав розвиток також в інших промислово розвинених країнах. Цьому в значній мірі сприяла діяльність різних міжнародних організацій, зокрема Міжнародного банку реконструкції і розвитку (МБРР), направлена на надання технічного сприяння країнам, що розвиваються.

Велику роль в розвитку інжинірингу зіграло надання промислово розвиненими країнами технічного сприяння країнам, що



розвиваються, на основі різних урядових програм. Така допомога тісно ув'язувалася з наданням технічних послуг спеціалізованими інженерними фірмами.

Розвиток інжинірингу безпосередньо пов'язаний також із зовнішньоекономічною експансією найбільших, в першу чергу американських, ТНК в країнах, що розвиваються. Здійснення прямих приватних інвестицій в цих країнах шляхом створення власних дочірніх підприємств або участі в капіталі національних компаній стимулювало надання ним різних консультацій по будівництву нових потужностей, вдосконаленню виробничих процесів та ін. [5].

З другої половини 50-х років почався новий етап в розвитку інжинірингу і виділення його в самостійну область міжнародної комерційної діяльності. Якщо на попередньому етапі інжиніринг обмежувався в основному тільки наданням технічних консультацій, а всі будівельні роботи виконували будівельні фірми-підрядчики, то для подальшого етапу характерний випереджаючий розвиток інженерно-будівельних послуг, безпосередньо пов'язаних з будівництвом промислових об'єктів переважно з постачанням «під ключ».

На сучасному етапі відбулося значне збільшення об'єму і сумарної вартості технічних послуг, що є предметом міжнародної торгівлі, а також розширення в цій діяльності частки участі західноєвропейських і японських фірм при збереженні пануючого положення за американськими фірмами.

Розвиток інжинірингу і виділення його в самостійний вид міжнародних комерційних операцій з'явився віддзеркаленням науково-технічного прогресу, що торкнувся всіх галузей промисловості і перш за все машинобудування. Результат – істотні зрушення в структурі міжнародної торгівлі у бік збільшення торгівлі складними видами устаткування, що вимагають спеціальних знань для вирішення технологічних і організаційних проблем, починаючи від проектування підприємства до введення його в експлуатацію.

Іншим важливим чинником, що зробив вплив на зростання інжинірингу в сучасних умовах, є високий попит на технічні послуги з боку країн, що вступили на шлях самостійного економічного розвитку і не мають необхідного досвіду і кадрів фахівців для такого будівництва. Вони вимушені привертати іноземні фірми для розвідки і розробки своїх природних ресурсів, розвитку паливно-енергетичної бази, створення ряду галузей важкої промисловості та інше.

Важливу роль продовжує грати і такий чинник, як прагнення до зовнішньоекономічної експансії найбільших ТНК, що використовують надання технічних послуг як один із засобів проникнення в економіку інших країн. Практика показує, що виконання експортного контракту на інжиніринг, як правило, спричиняє за собою подальше постачання машин і устаткування, вартість яких в 10–20 разів перевищує відповідний показник технічних послуг, що зумовили їх постачання. Наприклад, четверта частина вивозу машин і устаткування з Франції є наслідком попереднього інжинірингу, що передувало йому, виконаного відповідними французькими фірмами [5].

І нарешті, виділенню інжинірингу в самостійну область міжнародної комерційної діяльності сприяла поява великого числа важливих інженерних фірм з величезними оборотами і широкою сферою діяльності, створення численних національних асоціацій інженерних фірм і міжнародних асоціацій, сприяючих розвитку їх діяльності.

У розвинених країнах налічується багато тисяч фірм і організацій, що виконують інжинірингові роботи. У США, наприклад, зареєстровано понад 25 тис. таких фірм різного профілю і об'єму діяльності. Деякі з них мають дуже вузьку спеціалізацію, обмежуючись консультаціями з приватних питань (вибір земельних ділянок, складання балансів, архітектурне оформлення і так далі). Нерідко така фірма представлена одним експертом в якій-небудь певній області, і вся його діяльність зводиться лише до консультування. В той час як для США характерні фірми-гіганти,

що виконують роботи типу будівельного інжинірингу і що беруть на себе всі функції по створенню відповідних об'єктів.

У міжнародній практиці визначилися дві категорії фірм, що виконують інжинірингові роботи: спеціалізовані фірми (надання інженерно-технічних послуг – основна сфера їх діяльності) і промислові фірми (поєднують надання інженерних послуг з виробничою діяльністю)

Спеціалізовані інжинірингові фірми залежно від виду послуг, що надаються, діляться, у свою чергу, на дві групи: інженерно-консультаційні і інженерно-будівельні:

- інженерно-консультаційні фірми надають технічні послуги у формі консультацій. Вони самі не займаються ні виробництвом, ні будівництвом. Сфера їх діяльності широка. Це і цивільне будівництво (порти, аеродроми, транспортні магістралі, шахти, міське будівництво), і промислові об'єкти, що використовують специфічні технологічні процеси;

- інженерно-будівельні фірми надають зазвичай повний комплекс інженерно-технічних послуг, включаючи проектування об'єкту, постачання устаткування, монтаж, наладку і пуск устаткування в експлуатацію. Ці фірми досить часто беруть на себе функції генерального підрядчика об'єкту, привертаючи як субпостачальників машинобудівні і будівельні компанії.

Крім проектування цивільних і військових об'єктів інженерно-будівельні фірми спеціалізуються в області розробки промислових об'єктів, і перш за все заснованих на використанні специфічних технологічних процесів.

Серед інженерно-консультаційних фірм розвинених країн можна виділити певну спеціалізацію як по видах інжинірингових послуг, що надаються, так і по галузевій спрямованості. Так, американські, англійські, японські, італійські фірми надають переважно інженерно-будівельні послуги в повному комплексі, тоді як у французьких фірм переважають інженерно-консультаційні послуги [2].

У промислово розвинених країнах – США, Англії, Голландії, Японії і ін. – існують крупні інженерні фірми, які мають

свої філії за кордоном і здійснюють великий об'єм інжинірингових робіт. Такі фірми в своїй діяльності зазвичай орієнтуються в значній мірі на експорт. Наприклад, у західнонімецьких інжинірингових фірм частка експортних замовлень складає приблизно 60%, у американських і французьких – близько 30%.

Спеціалізовані інжинірингові фірми залежно від характеру здійснюваних ними господарських зв'язків діляться на незалежних і споріднених промисловим компаніям. Незалежні спеціалізовані фірми не мають споріднених відношень з промисловими компаніями і в господарському відношенні самостійні. Проте на практиці більшість з них тісно пов'язані з однією або декількома крупними промисловими компаніями, їх філіями або агентами і діють в їх інтересах.

Спеціалізовані споріднені інжинірингові фірми – це філії або дочірні компанії крупних генеральних підрядчиків, що займаються інжиніринговою діяльністю як основною.

Промислові фірми відносяться до другої категорії фірм, що виконують роботи типу інжинірингу. Їх зазвичай підрозділяють на компанії-проектувальники і компанії – виробники устаткування для певних галузей промисловості:

- компанії-проектувальники, прагнучи зберегти секрети виробництва, виконують технологічне проектування з метою розширення або створення нового виробництва на основі власних патентів і ноу-хау, а підрядчики використовуються для виконання решти інженерно-консультаційних робіт, здійснюючи контроль за цими роботами;

- для компаній-виробників устаткування виконання інжинірингових робіт є засобом збільшення продажу основної продукції. Як правило, мова йде про проектування великих установок, виготовлення устаткування для яких виконується тією ж фірмою.

Для здійснення операцій по наданню інженерно-технічних послуг промислові ТНК створюють у себе спеціальні конструкторські відділи або проектні бюро. Іноді машинобудівні компанії, які можуть

проекувати тільки вузькоспеціалізовані підприємства або один з видів технологічних процесів, для проектування комплектних підприємств створюють сумісні інженерні фірми.

Нерідко, коли мова йде про будівництві крупних об'єктів, фірми, що надають послуги типу інжиніринг, утворюють тимчасові або довгострокові консорціуми, в які входять як національні, так і іноземні компанії. Фінансують такі консорціуми, як правило, банки, встановлюючи зв'язок з генеральним підрядчиком, який несе відповідальність за діяльність всього консорціуму [3].

Ознаками інжинірингу у загальних рисах можна назвати наступні моменти:

- різні знання володіють відносною практичною новизною і що представляються замовником у вигляді науково-технічних послуг найрізноманітнішого характеру;

- допоміжний характер по відношенню до основних інновацій;

- високий ступінь корисності або промислової застосовності. Здійснення інноваційних проектів не можливе.

У відповідності до вимог господарської діяльності інжинірингові послуги має бути документально оформлені.

Надання на основі договору на інжиніринг повного комплексу послуг і постачань, необхідних для будівництва нового об'єкту, називається комплексним інжинірингом. Він включає три окремі види інженерно-технічних послуг, кожен з яких може бути предметом самостійного договору:

- консультативний інжиніринг (consulting engineering) пов'язаний головним чином з інтелектуальними послугами в цілях проектування об'єктів, розробки планів будівництва і контролю за проведенням робіт;

- технологічний інжиніринг (process engineering) полягає в наданні замовникові технології або технологій, необхідних для будівництва промислового об'єкту і його експлуатації (договори на передачу виробничого досвіду і знань), розробки проектів по енергопостачанню, водопостачанню, транспорту і ін.;

- будівельний і/або загальний інжиніринг (constructing engineering) – це головним чином постачання устаткування, техніка і/або монтаж установок, включаючи при необхідності інженерні роботи;

- фінансовий інжиніринг – наймолодша і поки не достатньо вивчена область, що змінює головним чином якість виробництва і пропозиції фінансових послуг. Суть фінансового інжинірингу полягає в створенні нових фінансових продуктів і послуг, які використовуються фінансовими інститутами при розподілі ресурсів, ризиків, ліквідності, доходів і інформації відповідно до фінансових потреб клієнтів і змін в макро- і мікроекономічній ситуації [5].

Інженерно-консультаційні послуги надаються у вигляді технічної документації, результатів досліджень, початкових даних для будівництва, економічних розрахунків, кошторисів, рекомендацій та інші. У 1982 р. було прийнято розроблене групою експертів по міжнародних договорах на постачання промислової продукції Комітету з розвитку торгівлі ЕЕК ООН Керівництво по складанню міжнародних договорів на консультативний інжиніринг, включаючи пов'язані з цим аспекти технічного сприяння. Керівництво містить докладний перелік і характеристику умов, необхідних для включення в договір між консультантом і замовником, а також перелік послуг, що надаються інженером-консультантом.

Консультаційні послуги безпосередньо пов'язані з управлінням в цілях реалізації промислового проекту, але не охоплюють будь-яких будівельних робіт, надання ліцензій або передачі технології.

Само будівництво об'єктів не входить в круг інженерно-технічних послуг. Воно відноситься до виробничо-технічної співпраці і регулюється відповідним керівництвом, розробленими ЕЕК ООН: Керівництвом по складанню міжнародних договорів про промислову співпрацю, Керівництвом по складанню договорів на споруду промислових об'єктів та інше [5].

Договори на консультативний інжиніринг можуть стосуватися всього кола послуг або конкретно певних послуг, які повинні бути чітко сформульовані в договорі або в додатку до договору. Такі

договори можуть доповнюватися зобов'язаннями сторін у зв'язку з проведенням сумісних наукових досліджень, організацією дослідного виробництва, маркетингом при сумісному технічному сприянні, підготовкою кадрів.

Консультативний інжиніринг може охоплювати всі етапи якого-небудь проекту або обмежуватися якимось одним етапом, наприклад, передінвестиційним. При цьому терміном «проект» позначається загальна ідея про роботу, яка повинна бути в договорі конкретизована. Договори на консультативний інжиніринг, що охоплюють частину проекту, можуть після успішного завершення одного етапу полягати і на подальші етапи. Як етапи можна розглядати: планування проекту; керівництво проектом; забезпечення послуг при розробці проекту; матеріально-технічне постачання; керівництво будівництвом; введення об'єкту в експлуатацію; допомога в організації фінансування та інше.

При будівництві об'єктів «під ключ» консультанти виконують наступні функції: надають замовникові допомогу шляхом надання консультацій для чіткого

визначення його кінцевих вимог і оцінки пропозицій, представлених фірмами, що мають намір проводити будівництво об'єкту «під ключ»; беруть участь як субпідрядник фірми, що здійснює будівництво «під ключ», надаючи їй консультаційні послуги; беруть участь як член консорціуму, створеного для будівництва об'єкту «під ключ», будучи відповідальним консультантом на всіх його етапах.

Надання інженерно-консультаційних послуг супроводжується зазвичай наданням технічного сприяння, зокрема, у фактичній передачі технології, використанні, експлуатації, ремонті відповідного об'єкту.

Сучасні підходи до надання інженерних послуг може мати вигляд ре інжинірингу [4].

Реінжиніринг визначають як фундаментальне переосмислення і радикальне перепроєктування бізнес-процесів для досягнення істотних поліпшень в таких ключових для сучасного бізнесу показниках результативності, як витрати, якість, рівень обслуговування і оперативність. У цьому визначенні міститься чотири ключові слова.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Атаманова Ю. С. Право інтелектуальної власності: система міжнародно-правового регулювання / Ю. С. Атаманова. – Харків : ДІВ, 2004. – 48 с.
2. Дроб'язко В. С. Право інтелектуальної власності : навч. посібник / В. С. Дроб'язко, Р. В. Дроб'язко – Київ : Юрінком Інтер, 2004. – 511 с.
3. Белов В. В. Интеллектуальная собственность. Законодательство и практика его применения : учеб. пособие / В. В. Белов, Г. В. Виталиев, Г. М. Денисов. – Москва : Юристъ, 2002. – 288 с.
4. Гришаев С. П. Интеллектуальная собственность : учеб. пособие / С. П. Гришаев. – Москва : Юрист, 2003. – С. 38–46.
5. Право інтелектуальної власності : Академічний курс : підруч. для студ. вищ. навч. закл. / за ред. О. А. Підопригори, О. Д. Святоцького. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Київ : Ін Юре, 2004. – 672 с.

## REFERENCE

1. Atamanova Yu.N. *Zakon intelektualnoi vlasnosti: systema mihgnarodno pravovogobreguliuivannia* [Law of Intellectual Property: The System of International and Legal Regulation]. Kharkiv: DIV, 2004. (in Ukrainian).
2. Drobiiazko V.S. and Drobyazko R.V. *Pravo intelektualnoi vlasnosti* [Law of Intellectual Property]. Kyiv, Yurincom Inter, 2004. (in Ukrainian).
3. Belov V.V., Vitaliev G.V. and Denisov G.M. *intelektualnaya sobstvennost'. Zakonodatelstvo I pdaktika ego primeneniya* [Intellectual Property. Legislation and practice of its application]. Moskva: Yurist, 2002, pp. 128-131 (in Russian).
4. Grishaev S.P. *intelektualnaya sobstvennost'.* [Intellectual Property]. Moskva: Yurist, 2003, pp 38-46. (in Russian).
5. Podoprygora O.A. and Svyatotsky O.D. Eds. *Pravo intelektualnoi vlasnosti.* [Law of Intellectual Property]. Kyiv: Vydavnychy dim " In Yure", 2004. (In Ukrainian).

Рецензент: Євсєєва Г. П., д-р наук держ. упр.

Надійшла до редколегії: 18.12.2018 р.