

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

**№ 5 (257-258)
вересень – жовтень 2019**

Дніпро 2019

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ :

<i>Головний редактор</i>	В. І. Большаков, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро
<i>Заступник головного редактора</i>	В. В. Данішевський, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро
<i>Відповідальний секретар</i>	О. А. Тимошенко, к-т техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро
<i>Видавничий редактор</i>	О. А. Тимошенко, к-т техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

А. С. Беліков, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. А. І. Білоконь, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. В. С. Вахрушева, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. Д. Ф. Гончаренко, д-р техн. наук, Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків. С. І. Губенко, д-р техн. наук, Національна металургійна академія України, Дніпро. В. М. Дерев'яно, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. Є. А. Єгоров, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. Є. І. Заяць, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. Ю. О. Кірічек, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. Т. С. Кравчуновська, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. В. Л. Красовський, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. В. З. Куцова, д-р техн. наук, Національна металургійна академія України, Дніпро. Д. В. Лаухін, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. А. В. Мішутін, д-р техн. наук, ДВНЗ «Одеська державна академія будівництва та архітектури», Одеса. В. Р. Млодецький, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. М. І. Нетеса, д-р техн. наук, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпро. Т. Д. Нікіфорова, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. В. Д. Петренко, д-р техн. наук, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпро. С. З. Поліщук, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. М. В. Савицький, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА (Дніпро). В. Л. Сєдін, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. С. О. Слободянюк, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. Г. Д. Сухомлин, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. Л. А. Хмара, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. С. В. Шатов, д-р техн. наук, ДВНЗ ПДАБА, Дніпро. М. В. Шпирько, д-р техн. наук, ПДАБА, Дніпро. Едіт Барна, к-т техн. наук, Будапештський технічно-економічний університет, Будапешт (Угорщина). Анна Бач, д-р арх-ри, Вроцлавський університет, Вроцлав (Польща). Александр Корякінс, д-р техн. наук, Ризький технічний університет, Рига (Латвія). В. І. Куксенко, к-т техн. наук, Управління з атомної енергії Великобританії, Оксфорд (Великобританія).

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 № 3 від 22.10.2019 р.
Сайт видання	http://visnyk.pgasa.dp.ua
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 П. М. Стехна Редактор та 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

**№ 5 (257-258)
сентябрь – октябрь 2019**

Днепро 2019

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

<i>Главный редактор</i>	В. И. Большаков, д-р техн. наук, <i>ГВУЗ ПГАСА, Днепро</i>
<i>Заместитель главного редактора</i>	В. В. Данишевский, д-р техн. наук, <i>ГВУЗ ПГАСА, Днепро</i>
<i>Ответственный секретарь</i>	Е. А. Тимошенко, к-т техн. наук, <i>ГВУЗ ПГАСА, Днепро</i>
<i>Выпускающий редактор</i>	Е. А. Тимошенко, к-т техн. наук, <i>ГВУЗ ПГАСА, Днепро</i>

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

А. С. Беликов, д-р техн. наук, *ГВУЗ ПГАСА, Днепро*. А. И. Белоконь, д-р техн. наук, *ГВУЗ ПГАСА, Днепро*. В. С. Вахрушева, д-р техн. наук, *ГВУЗ ПГАСА, Днепро*. Д. Ф. Гончаренко, д-р техн. наук, *Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков*. С. И. Губенко, д-р техн. наук, *Национальная металлургическая академия Украины, Днепро*. В. Н. Деревянко, д-р техн. наук, *ГВУЗ ПГАСА, Днепро*. Е. А. Егоров, д-р техн. наук, *ГВУЗ ПГАСА, Днепро*. Е. И. Заяц, д-р техн. наук, *ГВУЗ ПГАСА, Днепро*. Ю. А. Киричек, д-р техн. наук, *ГВУЗ ПГАСА, Днепро*. Т. С. Кравчуновская, д-р техн. наук, *ГВУЗ ПГАСА, Днепро*. В. Л. Красовский, д-р техн. наук, *ГВУЗ ПГАСА, Днепро*. В. З. Куцова, д-р техн. наук, *Национальная металлургическая академия Украины, Днепро*. Д. В. Лаухин, д-р техн. наук, *ГВУЗ ПГАСА, Днепро*. А. В. Мишутин, д-р техн. наук, *ГВУЗ «Одесская государственная академия строительства и архитектуры», Одесса*. В. Р. Млодецкий, д-р техн. наук, *ГВУЗ ПГАСА, Днепро*. Н. И. Нетеса, д-р техн. наук, *Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Днепро*. Т. Д. Никифорова, д-р техн. наук, *ГВУЗ ПГАСА, Днепро*. В. Д. Петренко, д-р техн. наук, *Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Днепро*. С. З. Полищук, д-р техн. наук, *ГВУЗ ПГАСА, Днепро*. Н. В. Савицкий, д-р техн. наук, *ГВУЗ ПГАСА, Днепро*. В. Л. Седин, д-р техн. наук, *ГВУЗ ПГАСА, Днепро*. С. А. Слободянюк, д-р техн. наук, *ГВУЗ ПГАСА, Днепро*. Г. Д. Сухомлин, д-р техн. наук, *ГВУЗ ПГАСА, Днепро*. Л. А. Хмара, д-р техн. наук, *ГВУЗ ПГАСА, Днепро*. С. В. Шатов, д-р техн. наук, *ГВУЗ ПГАСА, Днепро*. Н. В. Шпирько, д-р техн. наук, *ГВУЗ ПГАСА, Днепро*. Эдит Барна, к-т техн. наук, *Будапештский технико-экономический университет, Будапешт (Венгрия)*. Анна Бач, д-р арх-ры, *Вроцлавский университет, Вроцлав (Польша)*. Александрс Корякинс, д-р техн. наук, *Рижский технический университет, Рига (Латвия)*. В. И. Куксенко, к-т техн. наук, *Управление атомной энергии Великобритании, Оксфорд (Великобритания)*.

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 Госрегистрации	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 № 3 от 22.10.2019 г.
Сайт издания	http:// visnyk.pgasa.dp.ua
Научометрические базы и электронные библиотеки, в которых зарегистрирован научно-практический журнал	<i>Информационно-аналитические системы:</i> РИНЦ (eLibrary), InfoBase Index (IBI Factor = 3,96), Universal Impact Factor, Open Academic Journal Index, Directory Indexing of International Research Journals (CiteFactor). <i>Электронные библиотеки и поисковые системы:</i> 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 П. М. Стехна Редактор и корректор В. Д. Маловик

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

**STATE HIGHER EDUCATION INSTITUTION
«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

№ 5 (257-258)
September – October 2019

Dnipro 2019

EDITORIAL STAFF:

<i>Chief Editor</i>	V. I. Bolshakov, Doctor of Engineering Science, <i>SHEI PSACEA, Dnipro</i>
<i>Deputy Chief Editor</i>	V. V. Danishevskiy, Doctor of Engineering Science, <i>SHEI PSACEA, Dnipro</i>
<i>Executive Secretary</i>	O. A. Tymoshenko, Candidate of Engineering Science, <i>SHEI PSACEA, Dnipro</i>
<i>Executive Editor</i>	O. A. Tymoshenko, Candidate of Engineering Science, <i>SHEI PSACEA, Dnipro</i>

MEMBERS OF EDITORIAL STAFF:

A. S. Bielikov, Doctor of Engineering Science, *State Higher Education Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture" (SHEI PSACEA), Dnipro.*
A. I. Bilokon, Doctor of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.* V. S. Vakhrusheva, Doctor of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.* D. F. Honcharenko, Doctor of Engineering Science, *Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkiv.* S. I. Hubenko, Doctor of Engineering Science, *National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro.* V. M. Derevianko, Doctor of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.* Ye. A. Yehorov, Doctor of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.* Ye. I. Zaiats, Doctor of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.* Yu. O. Kirichek, Doctor of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.* T. S. Kravchunovska, Doctor of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.* V. L. Krasovskiy, Doctor of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.* V. Z. Kutsova, Doctor of Engineering Science, *National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro.* D. V. Laukhin, Doctor of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.* A. V. Mishutin, Doctor of Engineering Science, *Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa.* V. R. Mlodetskiy, Doctor of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.* M. I. Netesa, Doctor of Engineering Science, *Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnipro.* T. D. Nikiforova, Doctor of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.* V. D. Petrenko, Doctor of Engineering Science, *Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnipro.* S. Z. Polishchuk, Doctor of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.* M. V. Savytskyi, Doctor of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.* V. L. Siedin, Doctor of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.* S. O. Slobodianiuk, Doctor of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.* H. D. Sukhomlyn, Doctor of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.* L. A. Khmara, Doctor of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.* S. V. Shatov, Doctor of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.* M. V. Shpyrko, Doctor of Engineering Science, *SHEI PSACEA, Dnipro.* Edit Barna, PhD, *Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary.* Anna Bać, Doctor of Architecture, *Wroclaw University of Science and Technology, Wroclaw, Poland.* Aleksandrs Korjakins, Doctor of Engineering Science, *Riga Technical University, Riga, Latvia.* V. I. Kuksenko, PhD, Candidate of Engineering Science, *UK Atomic Energy Authority, Oxford, UK.*

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 State Registration	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 Education Institution «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture» Issued 6 times a year
Recommended for publication by	Academic Board of the Academy, No. 3 from 22.10.2019
Journal website	http:// visnyk.pgasa.dp.ua
Placement of the scientific-practical journal in the international scientometric databases and e-libraries	Information and analytical systems: 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 and search engines:</i> Bielefeld Academic Search Engine (BASE), CyberLeninka, OCLC WorldCat, Open Journal Systems, Vernadsky National Library of Ukraine
	Art & Technical Editor S. D. Moiseienko Translator P. M. Stekhna Editor & Proofreader V. D. Malovyk

Беліков А. С., Мацук З. М., Шаломов В. А., Рагімов С. Ю. ТЕХНОЛОГІЯ ЕВАКУАЦІЇ ПРИРОДНОГО ГАЗУ.....	10
Бондаренко Л. М., Дьомін Г. К., Буратинський А. П., Дорофєєва В. С. ОПІР КОЧЕННЮ В МЕХАНІЗМАХ З ТОЧКОВИМИ ТА ЛІНІЙНИМИ СХЕМАМИ ДОТИКУ.....	18
Доненко В. І., Лук'янова Т. В. ВИЯВЛЕННЯ ТА ОЦІНКА НЕДОЛІКІВ І ПОТЕНЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІМ-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЕКТУ РЕНОВАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ НЕЗАВЕРШЕНОГО БУДІВНИЦТВА.....	24
Дубов Т. М. ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБРОБКИ КОНЦЕНТРОВАНОЇ ЦЕМЕНТНОЇ СУСПЕНЗІЇ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ.....	31
Іщенко О. С., Доненко В. І., Марченко М. П. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВИБОРУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ РЕКОНСТРУКЦІЇ ДІЮЧИХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ.....	37
Іщенко О. Л., Доненко І. В., Охрименко О. В. УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ВІДНОВЛЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ ДІЮЧИХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ.....	43
Колохов В. В., Сопільняк А. М., Смирнов А. С. ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ УЛЬТРАЗВУКУ ПІД ЧАС ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СТІЙОК ЕСТАКАД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРУБОПРОВОДІВ.....	49
Моторний А. М., Моторний М. А. РОЗРАХУНКОВІ СХЕМИ ДЕФОРМОВАНОГО МАСИВУ ГРУНТУ ЗА ПЕРЕДАЧІ НА МАСИВ ЗОВНІШНІХ І ВНУТРІШНІХ СИЛОВИХ ВПЛИВІВ.....	57
Нестерова О. В., Шарков В. В., Журавльова О. А., Нестеров Я. С. ПРОБЛЕМИ БАСЕЙНІВ МАЛИХ РІЧОК.....	67
Ткач Д. І. ФІЛОСОФСЬКЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМНОСТІ ТЕОРІЇ І ПРАКТИКИ ОБОРОТНИХ ЗОБРАЖЕНЬ.....	75
Романенко А. О., Кушнір Є. Г., Остапчук А. О. ОЦІНКА ТРИЩИНУВАТОСТІ ГІРСЬКОГО МАСИВУ ЧЕРЕЗ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ФРАКТАЛЬНОЇ РОЗМІРНОСТІ ТРИЩИН.....	83
Рижков І. В. МЕТОДИ ВТОРИННОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ПРОСТОРОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ.....	91
Ярова Т. П., Середа С. Ю., Сопільняк А. М. РЕКОНСТРУЮВАННЯ ЗА ФОТОЗНІМКАМИ ПАМ'ЯТОК АРХІТЕКТУРИ, ЩО МІСТЯТЬ ПОВЕРХНІ ОБЕРТАННЯ.....	99

Беликов А. С., Мацук З. Н., Шаломов В. А., Рагимов С. Ю. ТЕХНОЛОГИЯ ЭВАКУАЦИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА.....	10
Бондаренко Л. Н., Демин Г. К., Буратинский А. П., Дорофеева В. С. СОПРОТИВЛЕНИЕ КАЧЕНИЮ В МЕХАНИЗМАХ С ТОЧЕЧНЫМИ И ЛИНЕЙНЫМИ СХЕМАМИ КОНТАКТА.....	18
Доненко В. И., Лукьянова Т. В. ВЫЯВЛЕНИЕ И ОЦЕНКА НЕДОСТАТКОВ И ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВНЕДРЕНИЯ ВИМ-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЕКТА РЕНОВАЦИИ ОБЪЕКТОВ НЕЗАВЕРШЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.....	24
Дубов Т. Н. ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ ЦЕМЕНТНОЙ СУСПЕНЗИИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА.....	31
Ищенко А. С., Доненко В. И., Марченко М. П. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫБОРА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	37
Ищенко Е. Л., Доненко И. В., Охрименко А. В. УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ ДЕЙСТВУЮЩИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	43
Колохов В. В., Сопильняк А. М., Смирнов А. С. ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ УЛЬТРАЗВУКА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТОЕК ЭСТАКАД ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ.....	49
Моторный А. Н., Моторный Н. А. РАСЧЕТНЫЕ СХЕМЫ ДЕФОРМИРОВАННОГО МАССИВА ГРУНТА ПРИ ПЕРЕДАЧЕ НА МАССИВ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ.....	57
Нестерова Е. В., Шарков В. В., Журавлева Е. А., Нестеров Я. С. ПРОБЛЕМЫ БАССЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК.....	67
Ткач Д. И. ФИЛОСОФСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМНОСТИ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ОБРАТИМЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ.....	75
Романенко А. О., Кушнир Е. Г., Остапчук А. О. ОЦЕНКА ТРЕЩИНОВАТОСТИ ГОРНОГО МАССИВА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ТРЕЩИН.....	83
Рыжков И. В. МЕТОДЫ ВТОРИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ ОБЪЕКТОВ.....	91
Яровая Т. П., Серeda С. Ю., Сопильняк А. М. РЕКОНСТРУИРОВАНИЕ ПО ФОТОСНИМКАМ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ, СОДЕРЖАЩИХ ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ.....	99

INSIDE

Bielikov A.S., Matsuk Z.M., Shalomov V.A., Rahimov S.Yu. EVACUATION TECHNOLOGY OF NATURAL GAS.....	10
Bondarenko L.M., Diomin H.K., Buratynskiy A.P., Dorofieieva V.S. ROLLING RESISTANCE OF MECHANISM WITH POINT AND LINEAR CONTACT SCHEME.....	18
Donenko V.I., Lukianova T.V. IDENTIFICATION, ASSESSMENT OF DISADVANTAGES AND POTENTIAL POSSIBILITIES OF IMPLEMENTING BIM-TECHNOLOGIES FOR MODELING THE RENOVATION OF UNFINISHED BUILDING CONSTRUCTIONS PROJECTS.....	24
Dubov T.M. THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC TREATMENT OF CONCENTRATED CEMENT SLURRY ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES.....	31
Ishchenko O.S., Donenko V.I., Marchenko M.P. PECULIARITIES OF THE FORMATION OF THE SELECTION OF ORGANIZATION AND TECHNOLOGICAL DECISIONS FOR RECONSTRUCTION OF OPERATING INDUSTRIAL ENTERPRISES.....	37
Ishchenko O.L., Donenko I.V., Okhrymenko O.V. IMPROVEMENT OF ORGANIZATIONAL-TECHNOLOGICAL DECISIONS FOR RESTORATION OF ENGINEERING NETWORKS OF EXISTING INDUSTRIAL ENTERPRISES.....	43
Kolokhov V. V., Sopilniak A. M., Smyrnov A. S. MEASUREMENT OF THE SPEED OF ULTRASOUND DETERMINING THE TECHNICAL CONDITION OF STANDS OF COLUMNES OF ESTACADES OF TECHNOLOGICAL PIPELIN.....	49
Motornyi A.M., Motornyi M.A. CALCULATED DIAGRAMS OF A DEFORMED SOIL MASS AT TRANSFER OF EXTERNAL AND INTERNAL POWER INFLUENCES TO ARRAY.....	57
Nesterova O.V., Sharkov V.V., Zhuravliova O.A., Nesterov Ya.S. PROBLEMS OF SMALL RIVER BASINS.....	67
Tkach D.I. PHILOSOPHICAL SUBSTANTIATION OF THE SYSTEM OF THEORY AND PRACTICE OF REVERSABLE IMAGES.....	75
Romanenko A.O., Kushnir Ye.H., Ostapchuk A.O. ESTIMATION OF MOUNTAIN RANGE CRACKS THROUGH THE METHOD OF CRACKS FRACTAL DIMENSION DETERMINATION.....	83
Ryzhkov I.V. METHODS OF SECONDARY INFORMATION TRANSFORMATION FOR THE EVALUATING OF OBJECT'S SPATIAL ORIENTATION.....	91
Yarova T.P., Sereda S.Yu., Sopilniak A.M. RECONSTRUCTION ON A PHOTO OF ARCHITECTURAL MONUMENTS CONTAINING A ROTATION SURFACES.....	99

УДК 621.643.053:624:656.56:658

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.10.516

ТЕХНОЛОГІЯ ЕВАКУАЦІЇ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

БЕЛІКОВ А. С.¹, д. т. н., проф.,

МАЦУК З. М.^{2*}, аспір.,

ШАЛОМОВ В. А.³, к. т. н., доц.,

РАГІМОВ С. Ю.⁴, к. т. н., доц.

¹ Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

^{2*} Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: matsuk.z.n@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6114-9536

³ Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, 49005, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov1709@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

⁴ Кафедра організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт, Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевська, 94, 61023, Харків, Україна, тел. +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

Анотація. Постановка проблеми. Підвищення рівня безпеки та надійності магістральних газопроводів вимагає удосконалення чинних будівельних норм і правил. **Методи.** У процесі досліджень проведено аналітичне обґрунтування основних способів, які застосовуються під час ремонту магістральних газопроводів, пов'язаних з евакуацією природного газу. Визначено ризик несанкціонованої розгерметизації магістральних газопроводів та безпеки експлуатації газоперекачувальних агрегатів із застосуванням методики визначення ризико-орієнтованого підходу. **Результати.** Підвищення рівня безпеки та надійності об'єктів магістрального транспортування газу, новітні технології та нові інженерні рішення потребують удосконалення чинних будівельних норм. Упровадження в Україні технологій евакуації природного газу за допомогою мобільних компресорних станцій та мобільних газоперекачувальних агрегатів, як і раніше, залежить від у нормативної площини, а саме, від відсутності в нормативному полі положень нормативно-правових актів з охорони праці і промислової безпеки та будівельних норм і правил, які б зобов'язували та дозволяли впроваджувати зазначені технології ще на етапі проектування та будівництва. Для вирішення нормативних проблем пропонується внести зміни до положень чинних нормативно-правових актів з питань охорони праці. Запропоновані технічні рішення дозволяють евакуувати (акумуляувати) газ із ділянок трубопроводів (об'єктів транспорту та видобування газу), які підлягають ремонту, відключенню, випробуванню, проведенню інших регламентних заходів: без стравлювання значних обсягів природного газу в повітря; без тривалої зупинки технологічного процесу транспортування газу; без внесення суттєвих змін у будови об'єктів трубопровідного транспорту. Також запропоновані технічні рішення дозволяють: суттєво знизити ризик несанкціонованої розгерметизації магістральних газопроводів через відкриття злочинцями запірних пристроїв свічної лінії; суттєво знизити втрати газу, які виникають через негерметичність запірної (перекривної) арматури свічних ліній; підвищити надійність запірної (перекривної) арматури свічних ліній; спростити підключення агрегатів для проведення пневматичного або гідравлічного випробування магістрального газопроводу; здійснювати відбір газу для господарських потреб майже у всіх районах, де є магістральні газопроводи; акумуляувати газ, що стравлюється в атмосферу під час виконання регламентних робіт на компресорних і газорозподільних станціях, установах комплексної підготовки газу тощо. Впровадження вітчизняних технологій евакуації природного газу за допомогою мобільних компресорних станцій наряду з необхідністю внесення змін до положень нормативно-правових актів з охорони праці потребує також внесення змін до положень чинних галузевих будівельних норм і правил. **Наукова новизна.** Пропонована технологія забезпечить упровадження новітніх технологій евакуації природного газу з ділянки магістрального газопроводу, що підлягає ремонту (відключенню), проведення пневматичних випробувань магістральних газопроводів, запобігання несанкціонованої розгерметизації газопроводів, підвищення надійності перекривної арматури продувальних ліній. **Практична значимість.** Запропоновано внести зміни до положень чинних нормативно-правових актів, будівельних норм і правил, які сприятимуть підвищенню безпеки (надійності) об'єктів трубопровідного транспорту.

Ключові слова: магістральний газопровід; безпека; надійність; зміни; евакуація природного газу; мобільна компресорна станція

ТЕХНОЛОГИЯ ЭВАКУАЦИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

БЕЛИКОВ А. С.¹, д. т. н., проф.,

МАЦУК З. Н.^{2*}, аспир.,
ШАЛОМОВ В. А.³, к. т. н., доц.,
РАГИМОВ С. Ю.⁴, к. т. н., доц.

¹ Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

^{2*} Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: matsuk.z.n@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6114-9536

³ Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov1709@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

⁴ Кафедра организации и технического обеспечения аварийно-спасательных работ Национальный университет гражданской защиты Украины, ул. Чернышевская, 94, 61023, Харьков, Украина, тел +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

Аннотация. Постановка проблемы. Повышение уровня безопасности и надежности магистральных газопроводов требует совершенствования действующих строительных норм и правил. **Методы.** При выполнении исследований проведено аналитическое обоснование основных способов, применяемых при ремонте магистральных газопроводов, связанных с эвакуацией природного газа. Определены риск несанкционированной разгерметизации магистральных газопроводов и безопасность эксплуатации газоперекачивающих агрегатов с применением методики определения риск-ориентированного подхода. **Результаты.** Повышение уровня безопасности и надежности объектов магистральной транспортировки газа, новейшие технологии и новые инженерные решения требуют совершенствования действующих строительных норм. Внедрение в Украине технологий эвакуации природного газа с помощью мобильных компрессорных станций и мобильных газоперекачивающих агрегатов, как и раньше, зависит нормативной плоскости, а именно от отсутствия в нормативном поле положений нормативно-правовых актов по охране труда и промышленной безопасности и строительных норм и правил, которые бы обязывали и позволяли внедрять указанные технологии еще на этапе проектирования и строительства. Для решения нормативных проблем предлагается внести изменения в положения действующих нормативно-правовых актов по вопросам охраны труда. Предложенные технические решения позволяют эвакуировать (аккумулировать) газ из участков трубопроводов (объектов транспорта и добычи газа), которые подлежат ремонту, отключению, испытанию, проведению других регламентных мероприятий без стравливания значительных объемов природного газа в воздух; без длительной остановки технологического процесса транспортировки газа; без внесения существенных изменений в строения объектов трубопроводного транспорта. Также предложенные технические решения позволяют: существенно снизить риск несанкционированной разгерметизации магистральных газопроводов из-за открытия преступниками запорных устройств свечной линии; существенно снизить потери газа, которые возникают из-за негерметичности запорной арматуры свечных линий; повысить надежность запорной арматуры свечных линий; упростить подключение агрегатов для проведения пневматического или гидравлического испытания магистрального газопровода; осуществлять отбор газа для хозяйственных нужд почти во всех районах, где есть магистральные газопроводы; аккумулировать газ, стравливаемый в атмосферу при выполнении регламентных работ на компрессорных и газораспределительных станциях, установках комплексной подготовки газа и др. Внедрение отечественных технологий эвакуации природного газа с помощью мобильных компрессорных станций, наряду с необходимостью внесения изменений в положения нормативно-правовых актов по охране труда, требует также внесения изменений в положения действующих отраслевых строительных норм и правил. **Научная новизна.** Приложенная технология обеспечит внедрение новейших технологий эвакуации природного газа с участка магистрального газопровода, подлежащего ремонту (отключению), обеспечение проведения пневматических испытаний магистральных газопроводов, предотвращение несанкционированной разгерметизации газопроводов, повышение надежности запорной арматуры продувочных линий. **Практическая значимость.** Предложено внести изменения в положения действующих нормативно-правовых актов, строительных норм и правил, которые будут способствовать повышению безопасности (надежности) объектов трубопроводного транспорта.

Ключевые слова: магистральный газопровод; безопасность; надежность; изменения; эвакуация природного газа; мобильная компрессорная станция

EVACUATION TECHNOLOGY OF NATURAL GAS

BIELIKOV A.S.¹, Dr. Sc. (Tech.), Prof.,
MATSUK Z.M.^{2*}, Doctoral Student,
SHALOMOV V.A.^{3*}, Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.,

RAHIMOV S.Yu.⁴, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*

¹ Department of Life Safety, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

^{2*} Department of Life Safety, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-57, e-mail: matsuk.z.n@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6114-9536

³ Department of Life Safety, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov1709@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

⁴ Department of Organization and Technical Support Rescue Operations, National University of Civil Defence of Ukraine, 94, Chernyshevskoho St., 61023, Kharkiv, Ukraine, tel. +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

Abstract. Purpose. Improvement of safety and reliability of main gas pipelines, improvement of current building codes. **Method.** In the course of the research, an analytical justification of the main methods used in the repair of gas pipelines related to the evacuation of natural gas was made. The risk of unauthorized depressurization of the main gas pipelines and the safety of operation of gas-pumping units with the use of the method of determination of risk-oriented approach are determined. **Results.** Increasing the level of safety and reliability of gas transmission facilities, the latest technologies and new engineering solutions require the improvement of existing building codes. The introduction in Ukraine of natural gas evacuation technologies using mobile compressor stations and mobile gas pumping units, as before, lies in the normative plane, namely in the absence in the normative field of the provisions of regulatory legal acts on labor protection and industrial safety, and building norms and rules which would oblige and allow the implementation of these technologies at the design and construction stage. To solve regulatory problems, it is proposed to amend the provisions of existing regulatory legal acts on labor protection. The proposed technical solutions make it possible to evacuate (accumulate) gas from sections of pipelines (transport and gas production facilities) that are subject to repair and shutdown. testing, carrying out other regulatory activities without venting significant volumes of natural gas into the air; without a long stop of the gas transportation technological process; without making significant changes to the structures of pipeline transport facilities. Also, the proposed technical solutions allow you to: significantly reduce the risk of unauthorized depressurization of gas pipelines due to the opening by criminals of the locking devices of the candle line; significantly reduce gas losses that occur due to leaks in the shutoff valves of candle lines; to increase the reliability of stop valves of candle lines; to simplify the connection of units for pneumatic or hydraulic testing of the main gas pipeline; to carry out the selection of gas for household needs in almost all areas where there are gas pipelines; accumulate gas discharged into the atmosphere during routine maintenance at compressor and gas distribution stations, integrated gas treatment plants, etc. Introduction of domestic technologies for evacuating natural gas using mobile compressor stations, along with the need to amend the provisions of regulatory acts on labor protection, also requires amending the provisions of existing industry building codes and regulations. **Scientific novelty.** Ensuring the introduction of the latest technologies for the evacuation of natural gas from the section of the main gas pipeline to be repaired (shutdown), ensuring the carrying out of pneumatic tests of the main gas pipelines, preventing unauthorized depressurization of gas pipelines, improving the reliability of the overlapping fittings. **Practical meaningfulness.** It is proposed to amend the provisions of applicable regulations, building codes and rules that will improve the safety (reliability) of pipeline facilities.

Keywords: *main gas pipeline; safety; reliability; changes; evacuation of natural gas; mobile compressor station*

Постановка проблеми. Підвищення рівня безпеки та надійності об'єктів магістрального транспорту газу, новітні технології та нові інженерні рішення потребують удосконалення чинних нормативних документів [1; 2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Відомо, що суттєвими складовими фінансових витрат під час експлуатації магістральних газопроводів (МГ) є газ, який стравлюють до атмосфери, витрати газу та витрати на штрафні санкції за негативний вплив випускання газу у навколишнє середовище. Разом із цим,

стравлений газ та його витрати значно знижують рівень промислової безпеки об'єктів МГ [3; 4].

Проблема впровадження в Україні технологій евакуації природного газу за допомогою мобільних компресорних станцій (далі – МКС) та мобільних газоперекачувальних агрегатів, як і раніше, полягає у нормативній площині, а саме, у відсутності в нормативному полі положень нормативно-правових актів з охорони праці і промислової безпеки та будівельних норм і правил, які б зобов'язували та дозволяли

впроваджувати зазначені технології ще на етапі проектування та будівництва МГ.

Мета статті – детальна конкретизація проблеми впровадження технології евакуації природного газу з ділянки магістрального газопроводу, яка підлягає ремонту (відключенню), та шляхи до її вирішення.

Виклад матеріалу. З метою вирішення нормативних проблем упровадження технологій евакуації природного газу пропонується внести зміни до положень чинних нормативно-правових актів із питань охорони праці (табл. 1).

Як відомо, технічні рішення, запропоновані у патентах № 96340; 99367; 100214 UA, МПК (2015.01), дозволяють евакуувати (акумуляувати) газ із ділянок трубопроводів (об'єктів транспорту та видобування газу), які підлягають ремонту, відключенню тощо:

- без стравлювання значних обсягів природного газу у повітря;

- без зупинки технологічного процесу транспортування газу;

- без внесення суттєвих змін у будову об'єктів трубопровідного транспорту.

Разом із цим, технічні рішення, запропоновані у патентах № 96340; 99367; 100214 UA дозволяють:

- суттєво знизити ризик несанкціонованої розгерметизації МГ через відкриття злочинцями запірних пристроїв свічної лінії;

- суттєво знизити втрати газу, які виникають через негерметичність запірної (перекривної) арматури свічних ліній;

- підвищити надійність запірної (перекривної) арматури свічних ліній;

- спростити підключення агрегатів для проведення пневматичного або гідравлічного випробування МГ;

- здійснювати відбір газу для господарських потреб майже у всіх районах, де є магістральні газопроводи;

- акумуляувати газ, що стравлюється до атмосфери під час виконання регламентних робіт на компресорних і газорозподільних станціях, установках комплексної підготовки газу тощо.

МКС можуть містити один або декілька компресорних агрегатів. У разі включення до МКС двох і більше компресорних агрегатів вони можуть підключатися до МГ паралельно, за допомогою гнучких рукавів і колекторів, на фланцевих з'єднаннях. Контури перекачування обов'язково обладнуються контрольно-вимірjuвальними приладами для контролю тиску всмоктування і нагнітання МКС та продування. Температура газу на всмоктуванні і нагнітанні реєструється давачами-перетворювачами в складі МКС. МКС обладнуються системами безпеки (запобіжними системами), аварійної сигналізації, системами блокування, автоматикою та телемеханікою тощо відповідно до вимог чинного законодавства. Тимчасові шлейфи МКС забезпечуються свічними лініями та запірними пристроями для продування контурів перекачування.

МКС та кожний компресорний агрегат у складі МКС забезпечуються запобіжними клапанами, налаштованими на проектний (дозволений) робочий тиск МГ для запобігання наднормового підвищення тиску в лінії нагнітання. Кожен компресорний агрегат у складі МКС на виході газу з апарата охолодження містить пристрій для додаткового охолодження газу до температури термостійкості ізоляційного покриття МГ. Упровадження вітчизняних технологій евакуації природного газу за допомогою МКС, наряду з необхідністю внесення змін до положень нормативно-правових актів з охорони праці, потребує також внесення змін до положень чинних галузевих будівельних норм і правил [7], а саме до положень чинних СНиП 2.05.06-85 «Магістральні трубопроводи», затверджених Державним комітетом СРСР у справах будівництва, Постанова № 30 від 18 березня 1985 р., зі змінами (№ 1, № 2), затвердженими Постановою Держбуду СРСР від 08 січня 1987 р. за № 1, зі зміною (№ 3), затвердженою Постановою Мінбуду Росії від 10 листопада 1996 р. за №17-78, або державних будівельних норм, які вийдуть останній на заміну.

**Проект змін до положень НПАОП 60.3 – 1.01-10 [5], НПАОП 11.1-1.01-08 [6] /
Draft amendments to the provisions of LALP 60.3 - 1.01-10 [5], LALP 11.1-1.01-08 [6]**

Зміст положення (норми) чинних норм (правил)	Зміст запропонованих положень до чинних норм (правил)
НПАОП 60.3 – 1.01-10 «Правила безпечної експлуатації магістральних газопроводів», затверджені Наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду № 11 від 27.01.2010 р. та зареєстровані у Міністерстві юстиції України за № 292/17587 від 19 квітня 2010 р.	
Розділ III. <u>Позначення та скорочення</u>	Доповнити розділ наступними позначками та скороченнями: МКС – мобільна компресорна станція УТГ – установка транспортування газу УАГ – установка акумулювання газу
Розділ IV. Загальні положення пп. 1.2. Регламентні, діагностичні та ремонтні роботи на об'єктах МГ здійснюються згідно з графіками, затвердженими газотранспортним підприємством. Обсяги та терміни виконання цих робіт встановлюються газотранспортним підприємством виходячи з фактичного технічного стану обладнання або вимог підприємств-виробників технологічного обладнання МГ. Результати виконаних робіт за графіком ППР разом з переліком робіт, датою виконання робіт, складом бригади, посадою та прізвищем особи, відповідальної за їх виконання, фіксуються у журналі обліку виконаних ремонтних робіт. Крім того, результати ремонтів обладнання фіксуються в ремонтних формулярах (паспортах) обладнання, якщо це передбачено їх формою.	Доповнити пп. 1.2 наступними положеннями: При впровадженні новітніх технологій проектна та інша документація на виготовлення і впровадження технологій і засобів виробництва повинна пройти експертизу щодо відповідності нормативним актам з охорони праці. До початку впровадження новітніх технологій суб'єкт господарювання повинен отримати позитивну експертну оцінку стану безпеки, охорони праці та безпеки промислового виробництва, об'єктів підвищеної безпеки, засобів виробництва, а також позитивні експертні висновки за результатами обстеження (технічного діагностування) устаткування машин, механізмів підвищеної безпеки, які впроваджуються. Стандарти, регламенти, технічні умови та інші документи на засоби праці і технологічні процеси повинні включати вимоги щодо охорони праці і погоджуватися з органами державного нагляду за охороною праці.
Розділ XIII <u>Ремонтні роботи</u> пп. 1.18. Ремонтні роботи на МГ з припиненням транспортування газу (відключення ділянки ЛЧМГ із стравлюванням газу) виконуються в таких випадках: а) виявлення витоків газу із газопроводу (незалежно від інтенсивності витоків); б) ремонт небезпечних корозійних дефектів поверхонь труб (згідно з інструкцією з вибраковки) з подальшим ремонтом ізоляційного покриття; в) ремонт дефектних зварних з'єднань; г) засипання газопроводу із застосуванням машин; г) наявність критичних параметрів напружено-деформованого стану ділянки газопроводу згідно з вимогами будівельних норм і правил СНиП 2.05.06-85 «Магистральные трубопроводы», які можуть сприяти розвитку стрес-корозійних дефектів труб.	Викласти пп. 1.18 в наступній редакції: пп. 1.18. Ремонтні, а також регламентні роботи на МГ, які пов'язані з відключенням ділянок газопроводів, що входять до складу МГ, та газопроводів КС, ПСГ, ГРС, УПГ з подальшим спорожненням їх від газу за рахунок перекачування газу із застосуванням МКС, або УТГ, УАГ виконуються в таких випадках: а) виявлення витоків газу, залежно від їх інтенсивності (за виключенням випадків розриву МГ); б) ремонт небезпечних корозійних дефектів поверхонь труб (згідно з інструкцією з вибраковки) з подальшим ремонтом ізоляційного покриття; в) ремонт дефектних зварних з'єднань; г) засипання газопроводу із застосуванням машин; г) наявність критичних параметрів напружено-деформованого стану ділянки газопроводу згідно з вимогами будівельних норм і правил СНиП 2.05.06-85 «Магистральные трубопроводы», які можуть сприяти розвитку стрес-корозійних дефектів труб; д) виконання робіт, пов'язаних зі стравлюванням великих обсягів газу (понад 100 тис.м ³). У разі втрати герметичності свічного крана дозволяється встановлення швидкоз'ємних заглушок або свічних патрубків із заглушкою. Ремонтні роботи із застосуванням МКС здійснюються відповідно до вимог цих Правил, вимог ПЛАС та затвердженого «Регламенту спорожнення від газу порожнини магістральних, технологічних або міжпромислових трубопроводів за допомогою МКС». Роботи, які виконуються з використанням УТГ, УАГ, здійснюються відповідно до вимог цих Правил, вимог ПЛАС та затвердженого «Регламенту установок транспортування/акумулювання газу».
НПАОП 11.1-1.01-08 «Правила безпеки у нафтогазовидобувній промисловості», затверджені Наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду № 95 від 06.05.2008 р. та зареєстровані у Міністерстві юстиції України за № 497/15188 від 02 червня 2008 р.	
Розділ III. <u>Позначення та скорочення</u>	Доповнити розділ наступними позначками та скороченнями: МКС – мобільна компресорна станція УТГ – установка транспортування газу УАГ – установка акумулювання газу
Розділ IV. <u>Загальні вимоги</u> пп. 1.3. Робочі проекти на розвідку, розробку і облаштування нафтових, газових, газоконденсатних родовищ і підземних сховищ газу підлягають експертизі відповідно до вимог чинного законодавства.	Доповнити пп. 1.3 наступними положеннями: При впровадженні новітніх технологій проектна та інша документація на виготовлення і впровадження технологій і засобів виробництва повинна пройти експертизу щодо відповідності нормативним актам з охорони праці. До початку впровадження новітніх технологій суб'єкт господарювання повинен отримати позитивну експертну оцінку стану безпеки, охорони праці та безпеки промислового виробництва, об'єктів підвищеної безпеки, засобів виробництва, а також позитивні експертні висновки за результатами обстеження (технічного діагностування) устаткування машин, механізмів підвищеної безпеки, які впроваджуються. Стандарти, регламенти, технічні умови та інші документи на засоби праці і технологічні процеси повинні включати вимоги щодо охорони праці і погоджуватися з органами державного нагляду за охороною праці.

Зміст положення (норми) чинних норм (правил)	Зміст запропонованих положень до чинних норм (правил)
<p>Розділ VI. <u>Видобування, промисловий збір та підготовка до транспортування нафти, газу і газового конденсату</u></p> <p>пп. 13.1.3. Система автоматизації збору, промислового і міжпромислового транспорту та підготовки природного газу, газового конденсату та нафти повинна передбачати:</p> <p>а) ...; б) ...; в) ...; г) ...; д) ...; е) ...;</p>	<p>Доповнити пп. 13.1.3 наступним положенням:</p> <p>ж) можливість підключення МКС, УАГ та УТГ до ділянок технологічних та міжпромислових газопроводів та шлейфів УКПГ.</p>
<p>пп. 13.6.1. «Ведомственные строительные нормы. Строительство магистральных и промышленных трубопроводов. Противокоррозионная и тепловая изоляция» (ВСН 008-88), «Магистральные трубопроводы» (СНиП 2.05.06-85), Правил будови і безпечної експлуатації трубопроводів для горючих, токсичних і зріджених газів (ПУГ-69), затверджених Держгіртехнаглядом СРСР від 05.03.71 (НПАОП 60.3-1.15-71), та нормативних документів «Правила технической эксплуатации систем сбора и внутрипромышленного транспорта нефти и газа» (РД 39-0147103-344-86), «Эксплуатация и ремонт технологических трубопроводов под давлением до 10,0 МПа (100 кгс/см²)» (РД 38.13.004-86).</p>	<p>Доповнити пп. 13.6.1. наступними положеннями:</p> <p>У проектах облаштування родовищ необхідно передбачити можливість виконання ремонтних, а також регламентних робіт, які пов'язані з відключенням ділянок промислових газопроводів з подальшим спорожненням їх від газу за рахунок спрацювання газу на споживачів, перекачування газу із застосуванням МКС, або акумуляуванням газу.</p> <p>Ремонтні роботи із застосуванням МКС здійснюються відповідно до вимог цих Правил, вимог ПЛАС та затвердженого «Регламенту спорожнення від газу промислових трубопроводів за допомогою МКС».</p> <p>Роботи, які виконуються з використанням УТГ, УАГ, здійснюються відповідно до вимог цих Правил, вимог ПЛАС та затвердженого «Регламенту установки транспортування/акумуляування газу».</p>

Таблиця 2

Проект змін до положень СНиП 2.05.06-85 [9] / Draft amendments to BR provisions 2.05.06-85 [9]

Зміст положення (норми) чинних норм (правил)	Зміст запропонованих положень до чинних норм (правил)
<p>СНиП 2.05.06-85 «Магістральні трубопроводи», затверджено Державним комітетом СРСР у справах будівництва, Постанова № 30 від 18 березня 1985 р., зі змінами (№1, №2), затвердженими Постановою Держбуду СРСР від 08 січня 1987 р. за №1, зі зміною (№3), затвердженою Постановою Мінбуду Росії від 10 листопада 1996 р. за №17-78</p>	
<p>Настоящие нормы распространяются на проектирование новых и реконструируемых магистральных трубопроводов и ответвлений от них условным диаметром до 1400 мм включ. с избыточным давлением среды свыше 1,2 МПа (12 кгс/см²) до 10 МПа (100 кгс/см²) (при одиночной прокладке и прокладке в технических коридорах) для транспортирования:</p> <p>а) ...; б) ...; в) ...; г) ...;</p>	<p>Викласти в наступній редакції:</p> <p>Настоящие нормы распространяются на проектирование новых и реконструируемых магистральных трубопроводов и ответвлений от них условным диаметром до 1400 мм включ., с избыточным давлением среды свыше 1,2 МПа (12 кгс/см²) до 10 МПа (100 кгс/см²) (при одиночной прокладке и прокладке в технических коридорах) для транспортирования:</p> <p>а) ...; б) ...; в) ...; г) ...;</p> <p>д) товарной продукции в пределах одного трубопровода (при одиночной прокладке), из участка в участок, разделенного между собой линейной запорной арматурой, с применением мобильной компрессорной станции (МКС);</p> <p>ж) товарной продукции между трубопроводами (при прокладке в технических коридорах), из одного трубопровода в другой, с применением мобильной компрессорной станции (МКС).</p>
<p>Розділ 4. <u>Конструктивні вимоги до трубопроводів</u></p> <p>4.2. При отсутствии необходимости в транспортировании продукта в обратном направлении трубопроводы следует проектировать из труб со стенкой различной толщины в зависимости от падения рабочего давления по длине трубопровода и условий эксплуатации.</p>	<p>п.п. 4.2. Розділ 4 доповнити наступними положеннями:</p> <p>При необходимости в транспортировании продукта в обратном направлении трубопроводы следует проектировать из труб с одинаковой толщиной стенки, с учетом особенностей их прокладки и условий эксплуатации.</p>
<p>Розділ 4. <u>Конструктивні вимоги до трубопроводів</u></p> <p>4.3. Установку запорной арматуры, соединяемой при помощи фланцев, следует предусматривать в колодцах, наземных вентилируемых киосках или оградах. Колодцы, ограды и киоски следует проектировать из негоряемых материалов.</p>	<p>п.п. 4.3. Розділ 4 доповнити наступними положеннями:</p> <p>4.3. Установку запорной арматуры, соединяемой при помощи фланцев и фланцевых соединений узлов подключения МКС, следует предусматривать в колодцах, наземных вентилируемых киосках или оградах. Колодцы, ограды и киоски следует проектировать из негоряемых материалов.</p> <p>Установку фланцевых соединений узлов подключения МКС к технологической обвязке линейной запорной арматуры, следует предусматривать в наземных вентилируемых киосках или оградах. Киоски и ограды следует проектировать из негоряемых материалов.</p> <p>Фланцевые соединения узлов подключения МКС герметизируются быстроръемными патрубками со сферическими заглушками (далее-БП). БП должен иметь продувочную линию, оснащенную запорной арматурой и штуцер для подключения контрольно-технического манометра.</p>
<p>Розділ 4. <u>Конструктивні вимоги до трубопроводів</u></p> <p>4.6*. На трубопроводе должны быть предусмотрены узлы пуска и приема очистных и разделительных устройств, конструкция которых определяется проектом.</p> <p>Трубопровод в пределах одного очищаемого участка должен иметь постоянный внутренний диаметр и равнопроходную линейную арматуру без выступающих внутрь трубопровода узлов или деталей.</p>	<p>п.п. 4.6. Розділ 4 доповнити наступними положеннями:</p> <p>На трубопроводах обвязки линейной запорной арматуры (продувочных линий) должны быть предусмотрены узлы подключения МКС (МППА), конструкция которых определяется проектом.</p> <p>Узлы подключения МКС должны быть оснащены запорной арматурой и обеспечивать возможность подключения шлейфов МКС с помощью фланцевых соединений.</p>

Зміст положення (норми) чинних норм (правил)	Зміст запропонованих положень до чинних норм (правил)
<p>Розділ 4. <u>Конструктивні вимоги до трубопроводів</u> 4.15*. Газопроводи и арматура обвязки линейной запорной арматуры, находящейся под давлением, – байпасы, продувочные линии и перемычки, – следует предусматривать в подземном исполнении с кранами бесколодезной установки. Доступ обслуживающего персонала должен предусматриваться только к приводу арматуры.</p>	<p>п.п. 4.15. Розділ 4 викласти в наступній редакції: 4.15*. Газопроводы и арматура обвязки линейной запорной арматуры и узлов подключения МКС – байпасы, продувочные линии, перемычки, патрубки, фасонные изделия узлов подключения МКС (МГПА) находящиеся под давлением, следует предусматривать в подземном исполнении с кранами бесколодезной установки. Допускается надземная установка фланцевых соединений и запорной арматуры узлов подключения МКС к продувочной линии обвязки линейной запорной арматуры в вентилируемых киосках или оградах. Доступ обслуживающего персонала должен предусматриваться только к фланцевым соединениям узлов подключения МКС, приводу арматуры и контрольно-измерительным приборам.</p>
<p>Розділ 4. <u>Конструктивні вимоги до трубопроводів</u> 4.19. Узлы установки запорной арматуры должны проектироваться из унифицированных заготовок.</p>	<p>п.п. 4.19. Розділ 4 викласти в наступній редакції: 4.19. Узлы установки запорной арматуры должны проектироваться из унифицированных заготовок. Запорная арматура должна быть стальной и предназначаться для соединения с трубопроводами при помощи сварки.</p>
<p>4.16. На обоих концах участков газопроводов между запорной арматурой, на узлах подключения КС и узлах приема и пуска очистных устройств следует предусматривать установку продувочных свечей на расстоянии не менее 15 м от запорной арматуры при диаметре газопровода до 1000 мм и не менее 50 м – при диаметре газопровода 1000 мм и более.....</p>	<p>п.п. 4.16. Розділ 4 доповнити наступними положеннями: Допускается использовать продувочные свечи в качестве узлов подключения МКС, конструкция их определяется проектом. В таком исполнении продувочная свеча (свечной патрубок) также оснащается фланцевым соединением, с помощью которого монтируется. Фланцевые соединения узлов подключения МКС используются как для монтажа продувочного свечного патрубка, так и в обратном порядке. Высота свечного патрубка (с узлом подключения) МКС не менее 3 метров над уровнем земли. Узлы подключения МКС герметизируются патрубками со сферическими заглушками согласно п.п. 4.3.</p>

До речі, відсутність вітчизняних державних будівельних норм у будівництві об'єктів магістральних трубопроводів відчутно знижує рівень національної та промислової безпеки України, не гармонізується з Європейськими нормами і тенденціями [8] і становить нагальну проблему для нашої країни.

З метою вирішення нормативних проблем впровадження технологій евакуації природного газу за допомогою МКС (МГПА) пропонуємо внести до СНиП 2.05.06-85 такі зміни (табл. 2).

Висновки. Запропоновано зміни до чинних нормативно-правових актів,

будівельних норм і правил, чинних у нафтогазовій галузі України. Такі зміни гармонізують їх із технологіями евакуації природного газу.

У статті більш детально конкретизовані проблеми впровадження технології евакуації природного газу з ділянки магістрального газопроводу, що підлягає ремонту (відключенню), та запропоновано шлях до їх вирішення.

Запропоновані зміни беззаперечно сприятимуть підвищенню рівня національної безпеки України та промислової безпеки об'єктів видобутку та транспортування природного газу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про охорону праці» / Відомості Верховної Ради України. – 2002. – № 49, ст. 669.
2. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» / Відомості Верховної Ради України. – 2001. – № 15. – ст. 73.
3. Мацук З. М. До питання евакуації природного газу з дефектних ділянок магістральних газопроводів / З. М. Мацук, Т. В. Бунько, В. В. Сафонов // Геотехнічна механіка. – 2016. – № 127. – С. 217–225.
4. Закон України «Про трубопровідний транспорт» / Відомості Верховної Ради України. – 1996. – № 29, ст. 139.
5. НПАОП 60.3-1.01-10 «Правила безпечної експлуатації магістральних газопроводів» / Наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. – Київ, 2010. – 27.01.2010. – № 11.
6. НПАОП 11.1-1.01-08 «Правила безпеки у нафтогазовидобувній промисловості» / Наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. – Київ, 2010. – 06.05.2008 р. – № 95.
7. Закон України «Про будівельні норми» / Відомості Верховної Ради України. – 2010. – № 5. – С. 41.

8. Safety Guidelines and Good Practices for Pipelines / Prepared and published by the United Nations Economic Commission for Europe Joint Expert Group on Water and Industrial Accidents. – 2014. – Printed at United Nations, Geneva, 2015.
9. СНиП 2.05.06-85 «Магистральные трубопроводы» / Госкомитет СССР по делам строительства // Постановление № 30 от 18 марта 1985 г., с изменениями (№ 1, № 2) // Постановление Госстроя СССР № 1 от 08 января 1987 г., с изменениями (№ 3) / Постановление Минстроя России № 17-78 от 10 ноября 1996 г.

REFERENCES

1. *Zakon Ukrayiny "Pro okhoronu pratsi"* [The Law of Ukraine "On labor protection"]. *Vidomosti Verkhovnoyi Rady* [Information of the Verkhovna Rada of Ukraine]. No. 49, Art. 669, Kyiv, 2002. (in Ukrainian).
2. *Zakon Ukrayiny "Pro ob'yekty pidvyshchenoyi nebezpek"* [The Law of Ukraine "On Hazardous Objects"]. *Vidomosti Verkhovnoyi Rady* [Information of the Verkhovna Rada of Ukraine]. No. 15, Art. 73, Kyiv, 2001. (in Ukrainian).
3. Matsuk Z.M., Bunko T.V. and Safonov V.V. *Do pytannya evakuatsiyi pryrodnoho hazu z defektnykh dilyanok mahistralnykh hazoprovodiv* [To the question evacuation of natural gas from imperfect areas of diversion gas]. *Heotekhnichna mekhanika* [Geotechnical mechanics]. 2016, no. 127, pp. 217–225 (in Ukrainian).
4. *Zakon Ukrayiny "Pro truboprovodnyy transport"* [The Law of Ukraine "On Pipeline Transport"]. *Vidomosti Verkhovnoyi Rady* [Information of the Verkhovna Rada of Ukraine]. No. 29, Art. 129, Kyiv, 1996. (in Ukrainian).
5. *NPAOP 60.3-1.01-10 "Pravyly bezpechnoy ekspluatatsii magistralnykh gazoprovodiv"* [LALP (Legal Act on Labor Protection) 60.3-1.01.10 "Rules of safe exploitation of diversion gas pipeline"]. Order of State Committee of Ukraine from Industrial Safety, Labour Protection and Mine Supervision, 27.01.2010, no. 11, Kyiv, 2010. (in Ukrainian).
6. *NPAOP 11.1-1.01-08 "Pravyly bezpeky u naftogazoviy promislovisty"* [LALP (Legal Act on Labor Protection) 11.1-1.01-08 «Safety rules in the oil and gas industry nes»]. Order of State Committee of Ukraine from Industrial Safety, Labour Protection and Mine Supervision, 06.05.2008, no. 95, Kyiv, 2010. (in Ukrainian).
7. *Zakon Ukrayiny "Pro budivelni normy"* [The Law of Ukraine "On building codes"]. *Vidomosti Verkhovnoyi Rady* [Information of the Verkhovna Rada of Ukraine]. No. 5, Kyiv, 2010, p. 41. (in Ukrainian).
8. Safety Guidelines and Good Practices for Pipelines. Prepared and published by the United Nations Economic Commission for Europe Joint Expert Group on Water and Industrial Accidents, 2014, printed at United Nations, Geneva, 2015.
9. *SNiP 2.05.06-85 "Magistralny truboprovody"* [BR 2.05.06-85 "Main pipeline"]. USSR State Committee on Construction. Resolution no. 30, March, 18, 1985, as amended (No. 1, No. 2). Resolution of the USSR State Building no. 1, January, 8, 1987, as amended (No. 3). Resolution Ministry of Construction of Russia no. 17-78, November, 10, 1996. (in Russian).

Надійшла до редакції 10.09.2019 р.

УДК 531.46

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.19.517

ОПІР КОЧЕННЮ В МЕХАНІЗМАХ З ТОЧКОВИМИ ТА ЛІНІЙНИМИ СХЕМАМИ ДОТИКУ

БОНДАРЕНКО Л. М.¹, к. т. н., доц.,

ДЬОМІН Г. К.^{2*}, к. т. н., доц.,

БУРАТИНСЬКИЙ А. П.^{3*}, к. т. н.,

ДОРОФЄЄВА В. С.⁴, студ.

¹ Кафедра прикладної механіки, Дніпровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-18, e-mail: bondarenko-l-m2015@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0002-2212-3058

^{2*} Кафедра теоретичної механіки, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (97) 448-00-36, e-mail: gennady.demin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7470-0147

³ Кафедра теоретичної механіки, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 252-13-09, e-mail: buric@ua.fm, ORCID ID: 0000-0001-5152-3766

⁴ Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (063) 822-09-01, e-mail: dorofeevav00@gmail.com

Анотація. Постановка проблеми. У більшості задач механіки коефіцієнтом тертя кочення або нехтують, або задаються його величиною без урахування схем контакту тіл кочення, їх матеріалів і розмірів. На підставі теорії контактних напружень Герц отримав аналітичні залежності, що дозволяють обчислювати параметри тертя кочення з найбільшою вірогідністю порівняно з аналогічними інших авторів. Але у формулах Герца введено параметр «коефіцієнт гістерезисних втрат», визначення якого вимагає часу і коштів не менше, ніж отримання величини самого коефіцієнта тертя кочення. Це не дає можливості використовувати їх в інженерній практиці для визначення величини сили тертя, а, відповідно, і коефіцієнта корисної дії (ККД) цілого ряду механізмів із коченням. Через це потужність приводу механізмів доводиться в силу невизначеності його ККД приймати завищеною. **Мета статті** – визначити ККД широко використовуваних механічних пристроїв, в яких присутній тертя кочення. Відповідно до сформульованої мети в процесі дослідження роботи пристроїв необхідно використовувати тільки загальноприйняті механічні константи і розміри. **Висновки.** ККД механізму пересування візка мало залежить від напрямку прикладання сили на пересування відносно напрямку руху. ККД кінцевих фрикційних передач у першу чергу залежить від величини коефіцієнта тертя ковзання, а також допустимих контактних напружень, модуля пружності матеріалів. Запропоновані аналітичні залежності для визначення коефіцієнта тертя кочення кульки в напрямних дозволяють розділити загальний опір руху на складові від кочення і ковзання і провести цілеспрямовані заходи до зниження більш суттєвої складової. Вирішальною складовою опору в кулькових напрямних постає складова від тертя ковзання, а її мінімум буде при куті розкриття напрямних $2\alpha = 90^\circ$.

Ключові слова: опір коченню; коефіцієнт корисної дії; механічні пристрої; контактні напруження; модуль пружності

СОПРОТИВЛЕНИЕ КАЧЕНИЮ В МЕХАНИЗМАХ С ТОЧЕЧНЫМИ И ЛИНЕЙНЫМИ СХЕМАМИ КОНТАКТА

БОНДАРЕНКО Л. Н.¹, к. т. н., доц.,

ДЕМИН Г. К.^{2*}, к. т. н., доц.,

БУРАТИНСКИЙ А. П.³, к. т. н., доц.,

ДОРОФЕЕВА В. С.⁴, студ.

¹ Кафедра прикладной механики, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днипро, Украина, тел. +38 (056) 373-15-18, e-mail: bondarenko-l-m2015@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0002-2212-3058

^{2*} Кафедра теоретической механики, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (097) 448-00-36, e-mail: gennady.demin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7470-0147

³ Кафедра теоретической механики, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (067) 252-13-09, e-mail: buric@ua.fm, ORCID ID: 0000-0001-5152-3766

⁴ Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (063) 822-09-01, e-mail: dorofeevav00@gmail.com

Аннотация. Постановка проблемы. В большинстве задач механики коэффициентом трения качения или пренебрегают, или задаются его величиной без учета схем контакта тел качения, их материалов и размеров. На основании теории контактных напряжений Герцем получены аналитические зависимости, позволяющие вычислять параметры трения качения с наибольшей достоверностью по сравнению с аналогичными других авторов. Но в формулах Герца введен параметр «коэффициент гистерезисных потерь», определение которого требует времени и средств не меньше, чем получение величины самого коэффициента трения качения. Это не дает возможности использовать их в инженерной практике для определения величины силы трения, а, соответственно, и коэффициента полезного действия (КПД) целого ряда механизмов с качением. Из-за этого мощность привода механизмов приходится в силу неопределенности его КПД принимать завышенной.

Цель статьи – определить КПД широко используемых механических устройств, в которых присутствует трение качения. В соответствии со сформулированной целью в процессе исследования работы устройств необходимо использовать только общепринятые механические константы и размеры. **Выводы.** КПД механизма передвижения тележки мало зависит от направления приложения силы на передвижение относительно направления движения. КПД конических фрикционных передач в первую очередь зависит от величины коэффициента трения скольжения, а также от допустимых контактных напряжений, модуля упругости материала. Предложенные аналитические зависимости для определения коэффициента трения качения шарика в направляющих позволяют разделить общее сопротивление на составляющие от качения и скольжения и провести целенаправленные мероприятия по снижению более существенной составляющей. Решающей составляющей сопротивления движению в шариковых направляющих является составляющая от трения скольжения, а ее минимум будет при угле раскрытия направляющих $2\alpha = 90^\circ$.

Ключевые слова: сопротивление качению; сопротивление скольжению; коэффициент полезного действия; механические устройства; контактные напряжения; модуль упругости

ROLLING RESISTANCE OF MECHANISM WITH POINT AND LINEAR CONTACT SCHEME

BONDARENKO L.M.¹, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,
DIOMIN H.K.^{2*}, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,
BURATYNSKYI A.P.³, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,
DOROFIEIEVA V.S.⁴, *Stud.*

¹ Department of Applied Mechanics, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, 2, Lazaryana St., 49010, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 793-19-09, e-mail: bondarenko-l-m2015@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0002-2212-3058

^{2*} The Department of Theoretical Mechanics, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (097) 448-00-36, e-mail: gennady.demin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7470-0147

³ The Department of Theoretical Mechanics, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (067) 252-13-09, e-mail: buric@ua.fm, ORCID ID: 0000-0001-5152-3766

⁴ State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (063) 822-09-01, e-mail: dorofeevav00@gmail.com

Abstract. Problem statement. In most problems, mechanics rolling coefficient of friction either neglect or set its value without taking into account the contact patterns of the rolling bodies, their materials and sizes. Based on the theory of contact stresses by Hertz, analytical dependences are obtained that allow calculating the rolling friction parameters with the greatest reliability in comparison with the analogues of other authors. But in the Hertz formulas, the parameter hysteresis loss coefficient is introduced, the determination of which requires time and money no less than obtaining the value of the rolling friction coefficient itself. This makes it impossible to use them in engineering practice to determine the magnitude of the friction force, and, accordingly, the coefficient of performance (COP) of a number of mechanisms with rolling. This leads to the fact that the drive power of the mechanisms has to be overestimated due to the uncertainty of its efficiency. **The purpose of the article.** To determine the efficiency of widely used mechanical devices in which rolling friction is present. In accordance with the stated goal, in the process of studying the operation of devices it is necessary to use only generally accepted mechanical constants and sizes. **Conclusions.** The efficiency of crab traverse mechanism does not depend on the direction of load application of movement relative to the direction of motion. The efficiency of conical friction gear depends on the coefficient of rolling friction, assumed contact voltage and elastic modulus. The proposed analytical dependences for determination of the coefficient of rolling friction in the ball guide allow us to resolve the total resistance into the rolling and sliding and conduct measures to reduce the more

significant component. The main component of the motion resistance in the ball guide is a component of slide friction and it is a minimum at the angle of opening guide $2\alpha = 90^\circ$.

Keywords: rolling resistance; slip resistance; coefficient of efficiency; mechanical device; elastic modulus

Постановка проблеми. У більшості задач механіки коефіцієнтом тертя кочення або нехтують, або задаються його величиною без урахування схем дотику тіл кочення, їх матеріалів та розмірів [1], тому майбутній інженер, особливо це стосується механічних спеціальностей, може недооцінювати роль тертя кочення в машинах та механізмах.

Таке ставлення до визначення опору коченню пов'язане з тим, що відсутні аналітичні залежності для визначення коефіцієнта тертя кочення, а, отже, величини сили тертя, коефіцієнта корисної дії (ККД) цілого ряду механізмів із коченням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Не зупиняючись на помилковій теорії Рейнольдса (1875 р.), який вважав, що головна причина опору коченню – це ковзання в місці контакту, зазначимо, що вперше аналітичні залежності по визначенню коефіцієнта тертя кочення належать Д. Табору, який скористався теорією контактних деформацій Герца. Але наявність у формулах коефіцієнта гістерезисних витрат не дає можливості застосовувати їх в інженерній практиці. Наведений у праці [2] спосіб його експериментального визначення за допомогою височастотного розтягування – стиснення вимагає часу і коштів не менше, ніж отримання величини самого коефіцієнта тертя кочення.

Тому потрібно одержати аналітичні залежності, придатні для проведення інженерних розрахунків параметрів тертя кочення.

Мета статті – визначити ККД широко вживаних механічних пристроїв, у яких присутнє тертя кочення.

Виклад основного матеріалу. Відповідно до сформульованої мети в процесі дослідження треба використовувати тільки загальноживані механічні константи та розміри.

Розглянемо декілька задач:

1. Залежність ККД візка від напрямку прикладання рушійної сили.

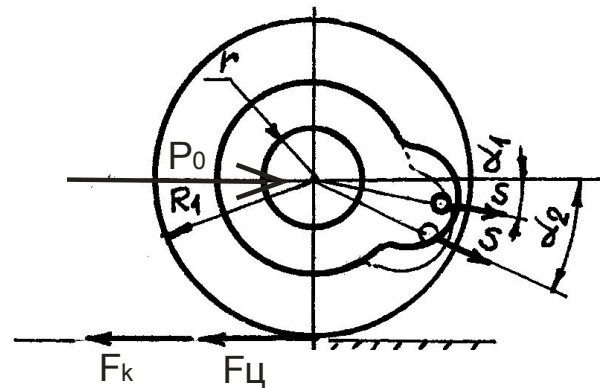


Рис. 1. Розрахункова схема колеса візка з різним напрямком рушійної сили / Fig. 1. The design scheme of the wheel of the cart with different in-directional driving force

На практиці досить часто напрямок рушійної сили в механізмах типу візка не збігається з напрямком руху. Найчастіше це машини чи устрої з криволінійною траєкторією і окремо стоячим приводом. Припустимо, що напрямок сили може змінюватись від кута α_1 до кута α_2 від горизонталі, яка збігається з напрямком руху. Відомо, що діаметр колеса $D = 2R$ необхідно знайти з умови максимальних контактних напружень, коли кут α_2 буде максимальним і тиск на колесо складе (рис.1):

$$P = P_0 + S \sin \alpha_2 \quad (1)$$

Але величина S тут невідома. Для її визначення зробимо так. Будемо спочатку вважати, що складова $S \sin \alpha_2$ мало впливає на тиск колеса на рейку (нехай це буде рейка з плоскою голівкою). Якщо ширина обода колеса B , то його радіус визначається із виразу [3]:

$$R_1 = 0,175 \frac{P_0 E}{B \sigma^2}, \quad (2)$$

де E – модуль пружності матеріалів колеса і рейки при стисненні; σ – допустимі контактні напруження.

Радіус цапфи колеса r_1 прийемо за аналогією з її величиною для кранових візків, тобто $r_1 = r/4...6$, тобто:

$$r_1 = 0,035 \frac{P_0 E}{B \sigma^2}. \quad (3)$$

Опір коченню колеса від тертя в цапфі у першому наближенні:

$$F_{y1} = 0,2 P_0 \mu_y \quad (4)$$

Опір коченню колеса знайдемо, скориставшись отриманою в [4] залежністю між статичною півшириною плями контакту та коефіцієнтом тертя кочення:

$$k = 0,225 b e^{-1,2R_1} = 0,144 \frac{P_0}{B \sigma} e^{-1,2R_1}, \quad (5)$$

а опір його руху коченню:

$$F_{k1} = \frac{P_0 k}{R_1} = 0,82 \frac{P_0 \sigma}{E} e^{-1,2R_1}. \quad (6)$$

Сума опорів у першому наближенні:

$$F_1 = F_{y1} + F_{k1} = 0,2 P_0 (\mu_y + 4,1 \frac{\sigma}{E} e^{-1,2R_1}). \quad (7)$$

Величина натягу S у першому наближенні:

$$S_{1\max} = \frac{F_1}{\cos \alpha} = 0,2 \frac{P_0}{\cos \alpha} (\mu_y + 4,1 \frac{\sigma}{E} e^{-1,2R_1}) \quad (8)$$

Сума опорів:

$$F_2 = 0,2 P_0 [1 + 0,2 \operatorname{tg} \alpha_2 (\mu_{ц1} + 4,1 \frac{\sigma}{E} e^{-1,2R_2})] (\mu_{ц1} + 2,7 \frac{\sigma}{E} e^{-1,2R_2}) \quad (9)$$

Звичайно, що при куті α_1 замість величини $0,2 \operatorname{tg} \alpha_2$ необхідно ставити значення $0,2 \operatorname{tg} \alpha_1$.

ККД визначається як:

$$\eta = 1 - \frac{F_2}{P_0}.$$

Розрахунки ККД у третьому наближенні, тут не наведеному, показують, що друге наближення дає дещо завищені результати і різниця залежить від величини

сили P_0 , матеріалів колеса і рейки, допустимих напружень, але вона не значна і для практичних розрахунків можна користуватись другим наближенням.

ККД механізму пересування, знайдений за запропонованою методикою, складає при $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа; $\sigma = 800$ МПа; $B = 20$ мм; $\mu = 0,02$; $P = 12$ кН; $\eta = 0,994$ і практично не залежить від величини кутів α_1 та α_2 .

2. Залежність ККД конічної фрикційної передачі від кута утворюючого конуса.

Нагадаємо, що конічна фрикційна передача складається із двох зрізаних конусів, насаджених на вали, осі яких перетинаються в точці, яка збігається з загальною вершиною обох конусів (рис. 2). У цьому випадку загальна твірна конусів проходить через вказану точку і вони котяться один по одному без проковзування.

Якщо сила притискання Q спрямована вздовж осі ведучого колеса 1, то нормальний тиск в зоні контакту:

$$N = \frac{Q}{\sin \alpha},$$

де α – половина кута біля вершини конуса.

Відомо, що навантаження повинне бути таким, щоб контактні напруження на площині контакту не перевищували допустимих:

$$N = 5,72 \frac{B R_{1\min} \sigma^2}{E \sin \alpha \cos \alpha}. \quad (10)$$

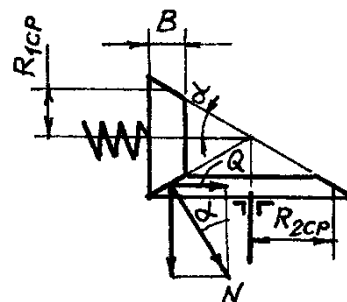


Рис. 2. Розрахункова схема конічної фрикційної передачі / Fig. 2. Calculation scheme of conical friction gear

Сила тертя ковзання F повинна бути не меншою або дорівнювати величині колового зусилля:

$$F = fN = 5,72 \frac{Qf}{\sin \alpha} = 5,72 \frac{BR_{1\min} f \sigma^2}{E \cos \alpha}; \quad (11)$$

$$P = 11,4 \frac{BR_{1\min} f \sigma^2}{E \sin 2\alpha}. \quad (12)$$

Знайдемо опір коченню ведучого колеса 1 по веденому 2.

Очевидно, що через різну величину радіусів кочення по ширині колеса опір коченню не буде постійним по його ширині.

Але з достатньою точністю можна взяти середній радіус:

$$R_{1CP} = \frac{0175QE \cos \alpha}{B\sigma^2 \sin \alpha} \quad (13)$$

і для нього знайти коефіцієнт k .

Оскільки півширина плями контакту:

$$b = 0,64 \frac{Q}{B\sigma} \operatorname{ctg} \alpha,$$

формула (5) набуває вигляду:

$$k = 0,144 \frac{Q}{B\sigma} \operatorname{ctg} \alpha e^{-1,2R_{1CP}}, \quad (14)$$

а опір кочення одного колеса по іншому:

$$F = 0,82 \frac{Q\sigma}{E \sin \alpha} e^{-1,2R_{1CP}}. \quad (15)$$

ККД конічної фрикційної передачі:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{0,41\sigma}{fE} e^{-1,2R_{1CP}}}. \quad (16)$$

На перший погляд ця формула не відповідає дійсній тенденції зміни ККД, тобто зі збільшенням допустимих контактних напружень σ величина η зменшується. Але треба пам'ятати, що із збільшенням σ збільшується і Q .

3. Опір руху круглих тіл по трапецієподібних напрямних (рис. 3).

Незважаючи на численні дослідження опору коченню по напрямних, що мають у перетині різні форми, наприклад [5], відсутні чіткі розподіли витрат на тертя кочення і тертя ковзання. З цієї причини

невідомо, яка частка ККД припадає на кочення, а яка – на ковзання.

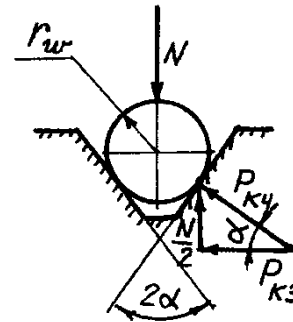


Рис. 3. Розрахункова схема шарикової напрямної / Fig. 3. The design scheme of the ball guide

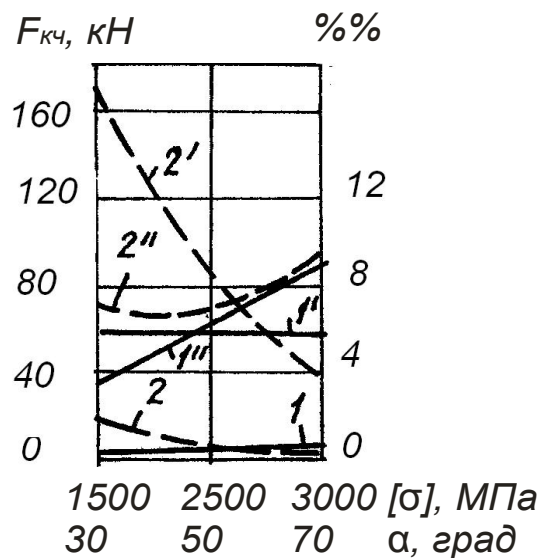


Рис. 4. Залежність від $[\sigma]$: 1, 1', 1'' – $F_{кч}, F_{кз}$ і процент $F_{кч}$ від $F_{кз}$; 2, 2', 2'' – цих же величин від α / Fig. 4. Dependence on $[\sigma]$: 1, 1', 1'' – $F_{кч}, F_{кз}$ and percent $F_{кч}$ from $F_{кз}$; 2, 2', 2'' – the same values from α

Що ці дві складові існують одночасно, легко переконатись, розглядаючи дві граничні величини кута α : якщо кут буде нульовим, то нульовим буде й опір коченню. А коли величина α буде дорівнюватиме $\pi/2$, то, навпаки, опір ковзання буде нульовим.

Визначимо залежність величини сил тертя кочення та ковзання від величини кута α .

Зусилля, що припадає на кочення кульки в напрямній:

$$F_{кч} = \frac{kP_k}{r_w} = \frac{kN}{r_w \sin \alpha}, \quad (17)$$

де r_w – радіус кульки.

Зусилля, що припадає на ковзання кульки по напрямній:

$$F_{кз} = \mu P_{кз} = \mu \frac{N}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (18)$$

Висновки. 1. Запропоновані аналітичні залежності для визначення коефіцієнта тертя кочення дозволяють поділити загальний опір на складові від кочення і ковзання і вести цілеспрямовані заходи щодо зниження більш суттєвої складової.

2. ККД механізму пересування мало залежить від напрямку прикладання сили на пересування (відносно напрямку руху).

3. ККД конічних фрикційних передач у першу чергу залежить від величини допустимих контактних напружень, модуля пружності матеріалів і коефіцієнта тертя ковзання.

4. Вирішальна складова опору в шарикових напрямних – це складова від тертя ковзання, а її мінімум буде при куті розкриття напрямної $2\alpha = 90^\circ$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Иосилевич Г. Б. Детали машин : монография / [Г. Б. Иосилевич]. – Москва : Машиностроение, 1988. – 368 с.
2. Механика контактного взаимодействия : монография / [К. Джонсон; пер. с англ. В. Э. Наумова, А. А. Спектора; под. ред. Р. В. Гольдштейна]. – Москва : Мир, 1989. – 510 с.
3. Справочник по сопротивлению материалов / [Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев]. – Киев : Наукова думка, 1988. – 736 с.
4. Деформаційні опори в машинах : монографія / [Л. М. Бондаренко, М. П. Довбня, В. С. Ловейкін]. – Дніпропетровськ : РВА Дніпро-VAL, 2002. – 200 с.
5. Johnson K. L. The effect of a tangential contact force upon the rolling motion of an elastic sphere on a plane / K. L. Johnson // Journal of Applied Mechanics. Transactions ASME. – 1958. – Vol. 80. – Pp. 339–346.

REFERENCES

1. Iosilevich H.B. *Detali mashin* [Machines details]. Moscow : Mashinostroyeniye, 1988, 368 p. (in Russian).
2. Jonson K. *Mekhanika kontaktnogo vzaimodejstviya* [Contact mechanics]. Moscow : Mir, 1989, 510 p. (in Russian).
3. Pisarenko H.S., Yakovlev A.P. and Matveev V.V. *Spravochnik po soprotivleniyu materialov* [A manual on the materials strength]. Kyiv : Naukova Dumka, 1988, 736 p. (in Russian).
4. Bondarenko L.N., Dovbnia M.P. and Loveikin V.S. *Deformatsiini opory v mashynakh* [Deformation bearings in machines]. Dnipropetrovsk : RVA Dnipro-VAL, 2002, 200 p. (in Ukrainian).
5. Johnson K.L. The effect of a tangential contact force upon the rolling motion of an elastic sphere on a plane. Journal of Applied Mechanics. Transactions ASME. 1958, vol. 80, pp. 339–346.

Надійшла до редакції: 05.09.2019 р.

*УДК 69.003.13

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.25.518

ВИЯВЛЕННЯ ТА ОЦІНКА НЕДОЛІКІВ І ПОТЕНЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ BIM-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЕКТУ РЕНОВАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ НЕЗАВЕРШЕНОГО БУДІВНИЦТВА

ДОНЕНКО В. І.^{1*}, *д. т. н., проф.*,
ЛУК'ЯНОВА Т. В.², *аспір.*

^{1*} Кафедра будівельного виробництва та управління проектами, Національний університет «Запорізька політехніка»; вул. Жуковського, 64, 69063, Запоріжжя, Україна, тел. +38 (061) 270-95-07, e-mail: donenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5728-5081

² Кафедра будівельного виробництва та управління проектами, Національний університет «Запорізька політехніка»; вул. Жуковського, 64, 69063, Запоріжжя, Україна, тел. +38 (095) 416-14-99, e-mail: tatka.lyk@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2571-307X

Анотація. Постановка проблеми. Процеси BIM успішно використовуються для нових будівель, у той час, коли більшість об'єктів незавершеного будівництва (ОНБ) не є ефективними при BIM-розрахунках. Огляд літератури з BIM-технологій для об'єктів незавершеного будівництва (ОНБ) та пов'язаних з ними процесів реновації доводять, що численні швидкі зміни та останні події не тільки підштовхують впровадження та дослідження у багатьох сферах, пов'язаних із BIM, а й розширюють складність досліджень. **Мета роботи.** Стаття спрямована на виявлення та обговорення сучасних тенденцій та прогалин у галузі BIM при моделюванні та розрахунку об'єктів незавершеного будівництва. Однак впровадження BIM в ОНБ стикається з іншими перспективами та проблемами. Потенційні переваги використання BIM у FM виглядають досить вагомими, наприклад забезпечення інформації, контроль якості, оцінка та моніторинг, управління надзвичайними ситуаціями або планування модернізації. Процеси реновації та ліквідації також можуть отримати користь від структурованої сучасної будівельної інформації для зменшення помилок та фінансового ризику, наприклад, за допомогою планування та узгодженості дій, калькулювання витрат, оптимізації або управління даними. Подальший процес вибору типу реновації також може отримати користь від використання BIM за рахунок вдосконалення процесу прийняття рішень, зменшення витрат на процес вибору типу реновації, безпеки проведення робіт, розширеного обігу документації, управління даними та візуалізації. Але несумісність все ще є головною перешкодою в обміні даними BIM як у нових, так і в ОНБ. **Висновки.** Практичні підходи показують необхідність використання BIM для ОНБ. До розробки BIM повинні бути також залучені власники, об'єкт-менеджери, конструктори та пов'язані з ними консультанти, що до теперішнього часу навряд чи були залучені до розвитку функціонування BIM.

Ключові слова: BIM-моделювання; об'єкт незавершеного будівництва; впровадження BIM; інформаційна модель; BIM; реновація

ВЫЯВЛЕНИЕ И ОЦЕНКА НЕДОСТАТКОВ И ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВНЕДРЕНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЕКТА РЕНОВАЦИИ ОБЪЕКТОВ НЕЗАВЕРШЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ДОНЕНКО В. И.^{1*}, *д. т. н., проф.*,
ЛУК'ЯНОВА Т. В.², *аспір.*

^{1*} Кафедра строительного производства и управления проектами, Национальный университет «Запорожская политехника»; ул. Жуковского, 64, 69063, Запорожье, Украина, тел. +38 (061) 270-95-07, e-mail: donenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5728-5081

² Кафедра строительного производства и управления проектами, Национальный университет «Запорожская политехника»; ул. Жуковского, 64, 69063, Запорожье, Украина, тел. +38 (095) 416-14-99, e-mail: tatka.lyk@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2571-307X

Аннотация. Постановка проблемы. Процессы BIM успешно используются для новых зданий, в то время, когда большинство объектов незавершенного строительства (ОНС) не эффективны при BIM-расчетах. Обзор литературы BIM-технологий для объектов незавершенного строительства (ОНС) и связанных с ними процессов

* Стаття публікується в авторській редакції

реновации доказывают, что многочисленные быстрые изменения и последние события не только подталкивают к внедрению исследований во многих сферах, связанных с BIM, но и расширяют сложность исследований. **Цель работы.** Статья направлена на выявление и обсуждение современных тенденций и пробелов в области BIM при моделировании и расчете объектов незавершенного строительства. Однако внедрение BIM в расчет ОНС сталкивается с другими перспективами и проблемами. Потенциальные преимущества использования BIM в FM выглядят достаточно весомыми, например обеспечение информации, контроль качества, оценка и мониторинг, управление чрезвычайными ситуациями или планирование модернизации. Процессы реновации и ликвидаций также могут получить пользу от структурированной современной строительной информации для уменьшения ошибок и финансового риска, например, посредством планирования и согласованности действий, калькулирования затрат, оптимизация или управления данными. Дальнейший процесс выбора типа реновации также может получить пользу от использования BIM за счет совершенствования процесса принятия решений, уменьшения затрат на процесс выбора типа реновации, безопасности проведения работ, расширенного оборота документации, управления данными и визуализации. Но несовместимость компонентов все еще является главным препятствием в обмене данными BIM как в новых зданиях, так и в объектах незавершенного строительства. **Выводы.** Практические подходы показывают необходимость использования BIM для ОНС. К разработке BIM должны быть также включены владельцы, объект-менеджеры, конструкторы и связанные с ними консультанты, которые, до настоящего времени, вряд ли были вовлечены в развитие функционирования BIM.

Ключевые слова: BIM-моделирование; объект незавершенного строительства; внедрение BIM; информационная модель; ОНС; реновация

IDENTIFICATION, ASSESSMENT OF DISADVANTAGES AND POTENTIAL POSSIBILITIES OF IMPLEMENTING BIM-TECHNOLOGIES FOR MODELING THE RENOVATION OF UNFINISHED BUILDING CONSTRUCTIONS PROJECTS

DONENKO V.I.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
LUKIANOVA T.V.², *Postgrad. Stud.*

^{1*} Department of Construction Production and Project Management, Zaporizhia Polytechnic National University, 64, Zhukovskoho St., 69063, Zaporizhia, Ukraine, tel. +38 (061) 270-95-07, e-mail: donenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5728-5081

² Department of Construction Production and Project Management, Zaporizhia Polytechnic National University, 64, Zhukovskoho St., 69063, Zaporizhia, Ukraine, tel. +38 (095) 416-14-99, e-mail: tatka.lyk@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2571-307X

Abstract. Problem statement. BIM processes are successfully used for new buildings, at that time most of unfinished building constructions (UBC) objects are not effective at BIM calculations. A review of the BIM references for unfinished building constructions and related renovation processes shows that numerous rapid changes and recent developments not only push implementation and research into many BIM-related fields, but also increase complexity of research. **The purpose of the article.** The article is aimed at identifying and discussing current trends and problems in the BIM-industry in case of modeling and calculating unfinished building constructions. However, implementation of BIM in the UBP is fraught with other potentials and challenges. The potential benefits of using BIM in FM appear to be significant, such as providing information, quality control, evaluation and monitoring, emergency management, or upgrade planning. Renovation and liquidation processes can also benefit from structured, up-to-date construction information to reduce errors and financial risk, for example through planning and consistency, costing, optimization or data management. A further process of selecting type of renovation may also benefit from the use of BIM by improving the decision-making process, reducing the costs of selecting a type of renovation, job security, expanded documentation, data management and visualization. But incompatibilities are still a major barrier to data-BIM. **Conclusions.** Practical approaches demonstrate the need to use BIM for unfinished building constructions. BIM development should also include owners, facility managers, designers, and related consultants who are unlikely to have been involved in the development of BIM functionality to date.

Keywords: BIM-modeling; unfinished building constructions; BIM implementation; information model; UBC renovation

Постановка проблеми та її зв'язок з науковими і практичними завданнями.

Огляд літератури з BIM-технологій для об'єктів незавершеного будівництва (ОНБ) та пов'язаних з ними процесів реновації доводять, що численні швидкі зміни та останні події не тільки підштовхують

впровадження та дослідження у багатьох сферах, пов'язаних з BIM, але й розширюють складність досліджень.

Переваги ефективного управління ресурсами мотивують до розробок щодо подолання невизначеності стану ОНБ з

огляду на проблему наявності документації не в повному обсязі.

Незважаючи на швидкі розробки та поширення стандартів, складні дослідницькі можливості виникають внаслідок автоматизації процесів та адаптації BIM до потреб ОНБ.

У багатьох ОНБ переважає неповна, застаріла або фрагментована інформація про будівництво [5]. Відсутня або застаріла інформація про будівництво може призвести до неефективного управління проектом, невизначених результатів процесу, втрату часу або збільшення витрат на процеси технічного обслуговування, модернізації чи відновлення.

Аналіз публікацій. Проблеми та переваги BIM при реновації об'єктів ОНБ знайшли відображення у роботах Вонг Дж., Лібіх Т., Тищенко П. А., Синягова С. А.

Цілі та задачі публікації. Стаття спрямована на виявлення та обговорення сучасних тенденцій та прогалин у галузі BIM при моделюванні та розрахунку об'єктів незавершеного будівництва. Що включає конкретні потреби та потенціал BIM-технологій.

Виклад матеріалу. Різні рамкові умови впливають на застосування BIM, у т. ч. рівень його деталізації (LoD). Основні переваги полягають в узгодженості дизайну та візуалізації, оцінці витрат, виявленні протиріч або вдосконаленій кооперації сторін. Основні проблеми в новобудовах стосуються переходу від процесів проектування та складання пропозицій до інтегрованої реалізації проектів (IPD) та збільшення витрат часу та знань, необхідних для використання BIM.

Однак впровадження BIM в об'єктах незавершеного будівництва стикається з іншими перспективами та проблемами. Потенційні переваги використання BIM у FM (facilities management) виглядають досить вагомими, наприклад забезпечення інформації, контроль якості, оцінка та моніторинг, управління надзвичайними ситуаціями або планування модернізації. Процеси реновації та ліквідації також можуть отримати користь від

структурованої сучасної будівельної інформації для зменшення помилок та фінансового ризику, наприклад, за допомогою планування та узгодженості дій, калькулювання витрат, оптимізації або управління даними.

Для управління ОНБ або проведення заходів з реновації об'єкта необхідно кілька типів інформаційної направленості. Окрім контактної та загальної інформації про будівництво, необхідні детальні дані про вже побудовані конструкції, такі як об'єм виконаних робіт за попереднім проектом, дати монтажу, постачальник/виробник, геометрія та точне місце розташування, матеріальна база, фізичні властивості, гарантії, а також історія технічного нагляду з моменту простою об'єкта [3]. При побудові комп'ютерної моделі необхідна, додаткова інформація про об'єм проведених робіт, фактичну та детальну інформацію про матеріал, кількість та з'єднання компонентів, варіанти реконструкції та ліквідації (часткової або повної), потенційні можливості реновації, конструкції несучих конструкцій або метод ліквідації з відповідним часом та витратами на компоненти [9] є актуальним для планування ОНБ. І для зручності численних відповідальних та зацікавлених сторін та субпідрядників, які часто вилучають свою спеціалізовану інформацію, всі компоненти повинні бути взаємопов'язаними.

Оскільки модель будівельної інформації (BIM) є інструментом для управління точною будівельною інформацією в цілому, вона є достатньою для підтримки даних процесів технічного обслуговування [7]. Оскільки BIM спочатку призначався ціленаправлено для підтримки процесів проектування та будівництва, така інформація, як, структури проектування вже задокументовані в попередньому BIM, тоді як інші, наприклад, інформація LCA (life cycle assessment), може бути доданою або оновлена для необхідної функціональності; з моменту запровадження міжнародної COBie (Construction Operations Building Information Exchange).

З одного боку, впровадження BIM як у нових, так і в об'єктах незавершеного будівництва індукує глибокі зміни процесів та інформаційних потоків (наприклад, через IPD), з іншого боку, технологія дозволяє отримувати значні переваги (наприклад, для зменшення ризику чи покращеного управління даними).

Таким чином, існуючі вимоги до ОНБ, наприклад, моделювання причин та наслідків фізичного зносу [9] або варіантна невизначеність досі не розглядалися.

Далі розглядатимуться не лише основні потенційні переваги впровадження BIM при моделюванні та розрахунку ОНБ, а й недоліки, зміни в процесах та упущень в дослідженні.

Функціональні проблеми. Відомі наявні переваги у використанні BIM-технології при розрахунках новобудов, наприклад, покращена робота інформаційних потоків та потоків управління проектами, зменшення ризиків та передбачення інвестиційної діяльності [1], особливо у складних структурах. BIM-технології в реновації ОНБ поки ще не використовуються так широко, не зважаючи на те, що потенційні функції BIM для таких видів об'єктів чисельні. Багато підходів вже використовуються, наприклад, через моніторинг продуктивності [7] або віртуальної реальності. І, все-таки, тільки небагато підходів стосуються планування реновації або аналізу вразливості та ліквідації, припускаючи попередньо існуючу модель BIM, який містить необхідну інформацію.

Але подальший експертний процес реновації також може отримати користь від використання BIM за рахунок вдосконалення процесу прийняття рішень, зменшення витрат на процес вибору типу реновації, безпеки проведення робіт, розширеного обігу документації, управління даними та візуалізації (наприклад, під час торгів або переговорів).

Вважаємо за потрібне приділити увагу екологічним проблемам, як ефективність використання ресурсів, норм та можливості вторинного використання матеріалів, здатності компонентів до демонтажу,

шкідливий вплив при проведенні робіт (такі як шум, пил, вібрації) або відповідні заходи захисту, які можуть бути змодельовані та оптимізовані через BIM. Якщо BIM впроваджується в об'єктах високого ступеню завершуваності, цікавим може бути показник стійкості та енергоефективності. Ці адаптації допомогли б зменшити впливи побудованої структури на навколишнє середовище, виконувати контроль значень споживання та викидів.

Оскільки розвиток функціональних можливостей обслуговування вимагає стандартизованих рівнів деталізації, розробка (LoD) стандарт COBie є важливою віхою для використання BIM з огляду розрахунку ОНБ. Хоча COBie включає інформацію про матеріал та стійкість, вона виключає інформацію про архітектурні частини, такі як плити, стіни, опори, дах, скати та сходи, які є найважливішими, наприклад, для планування реконструкції чи ліквідації об'єкта. Також сегменти потоку та фітинги не входять до COBie, але є релевантними, наприклад під час реновації та розрахунку компонентів і матеріалів. Це перешкоджає сумісності та обміну інформацією у «вбудованих» BIM. Крім того, багато співіснуючих концепцій для оцінки якості моделі BIM можуть отримати користь від гармонізації.

Відповідно до точної, однозначної та відповідної актуальної інформації, якість даних BIM має вирішальне значення для будь-якого застосованого функціоналу. Основними проблемами та сферами досліджень є, з одного боку, початковий збір даних та автоматизоване створення моделі ОНБ, а з іншого – підтримка та оцінка інформації в BIM. Третє, головне питання, це обробка та моделювання невизначених даних, об'єктів та процесів, що виникають у незавершених об'єктах. Щоб це виправити, необхідна інтеграція методів моніторингу та фіксації в BIM. Подальший розвиток атрибутів та інтеграція таких прийомів, як семантичне міркування, має важливе значення для надання однозначних ознак атрибутів і покращення моделювання та обробки будівлі. Це

дозволить, в майбутньому, функціонувати в режимі FM і забезпечить взаємодію між BIM та приєднаними експертними функціями задля полегшення впровадження BIM у ОНБ.

Інформаційні проблеми. Несумісність все ще є головною перешкодою в обміні даними BIM як у нових, так і в існуючих будівлях. Нещодавно були визначені деякі концепції (IDM, MVD) для експертних функцій у нових або нещодавно побудованих будівлях. Але використання обміну даними, наприклад при деформації, ці концепції ще вимагають подальших розробок та специфікацій.

Другий інформаційний виклик є результатом випереджаючого розвитку технології BIM. Через тривалий термін експлуатації будівель та інфраструктури виникають проблеми інтеперабельності в межах швидко розвинених BIM-моделей, експертних функцій та постійного технічного обслуговування моделей протягом циклу життя об'єкта.

Технічні питання. Якщо будівельна документація є неадекватною, повинен бути застосований метод зйомки з метою отримання всіх характеристик існуючих конструкцій ОНБ. Рівень деталізації, пов'язаний з функціональністю, та відповідна техніка збору даних впливають на всі наступні етапи створення BIM та взаємопов'язує зусилля, наприклад, під час обстеження та обробки [4].

Завдяки інтерактивному та трудомісткому процесу збору, обробки та створення даних, зусилля з моделювання BIM є вагомими, тому BIM часто ще не застосовується при розрахунку ОНБ. Крім того, високий LoD, наприклад, необхідні дані для детального технічного плану або реконструкції, не є сумісними з поточним обмеженням часу або витрат у секторі АЕС/FM/D.

Результатом основних проблем в дослідженні є скорочення зусиль шляхом автоматизації, обробки, розпізнавання та створення BIM.

Тому підходи зосереджуються на розробці економічно ефективного та високо

автоматизованого створення BIM на основі лазерного сканування або фотограмметрії. Але майбутні дослідницькі підходи також можуть включати розпізнавання матеріалів або текстур шляхом неруйнівних методів обстеження, що дозволить збільшити насиченість інформацією в BIM-моделюванні. Подальша автоматизація моделювання семантичних та об'ємних BIM-об'єктів із захоплених даних може бути досягнута завдяки специфічним, але поки недоступним бібліотекам об'єктів реальних будівельних компонентів, алгоритмам навчання [2], тестуванню в реальних середовищах, врахування невизначеностей та подальша деталізація через захоплення дрібних, прихованих компонентів у складних будівлях.

Крім того, все більш затребуваними стають мобільні додатки BIM, але вони стикаються з проблемою великого обсягу даних та часом обчислень.

Організаційно-правові питання. З поширенням BIM, традиційні процеси та умови адаптуються з різною швидкістю. Політичний тиск у таких країнах, як Великобританія чи США, сприяє впровадженню BIM (напр. шляхом проведення тендерів) [7], тоді, як розвиток будівельних секторів інших країн відстає. Таким чином, організаційно-правові рамки BIM відрізняються в різних країнах. Деякі джерела описують відсутність співпраці, в цілому по галузі, через опір та невідповідність навчального матеріалу. Останнім часом розвиваються системи співпраці, але вони зосереджені на управлінні вмістом, перегляді та звітування, а не на створення моделі або адміністрування систем.

Оскільки впровадження BIM вимагає глибоких змін у процесі [7], це має великий вплив на договірні відносини в галузі АЕС/FM/D. В останні роки правові інструменти та договірні угоди в галузі АЕС/FM/D щодо BIM не були широко адаптовані. Крім того, для впровадження BIM в ОНБ, необхідна міждисциплінарна освіта керівників проектів, проектантів та консультантів. Але поки питання про

модель власності та відповідальність за дані LoD, права та зобов'язання не передбачені та не стандартизовані [11], що і перешкоджає впровадженню ВІМ у ОНБ саме через зниження безпеки даних та довіри користувачів.

Висновки. Незважаючи на збільшення використання ВІМ у проектах нового будівництва, впровадження ВІМ в ОНБ поки обмежене і зосереджується, в основному, на результатах нещодавно завершених будівель.

Зростаюча кількість інтерфейсів та функціональних можливостей технічного

обслуговування в попередньому ВІМ є розробкою для недавно побудованих будівель, в той час як додатки та підходи до досліджень для вибору та проектуванні реновації ОНБ в ВІМ залишаються рідкісними і не охоплюють усіх пов'язаних аспектів. Практичні підходи показують необхідність використання ВІМ для ОНБ. До розробки ВІМ-технологій повинні бути також зацікавлені власники, об'єкт-менеджери, конструктори та пов'язані з ними консультанти, що до теперішнього часу навряд чи були залучені до розвитку функціонування ВІМ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Тесля Ю. М. Інформаційна технологія управління проектами на базі ERPP (enterprise resources planning in project) та APE (administrated projects of the enterprise) систем / Ю. М. Тесля, А. О. Білощицький, Н. Ю. Тесля // Управління розвитком складних систем. – 2010. – № 1. – С. 16–20.
2. Wong J. Research and Application of Building Information Modelling (BIM) in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry: A review and direction for future research. / J. Wong, J. Yang // Proceedings of the 6th International Conference on Innovation in Architecture, Engineering & Construction (AEC). – Loughborough University, U.K., Pennsylvania State University, 2010. – Pp. 356–365.
3. Watson A. Digital buildings – Challenges and opportunities / A. Watson // Advanced Engineering Informatics. – 2011. – 25:573–81.
4. East W. Construction Operations Building Information Exchange (COBIE) : Means and Methods / W. East // The National Institute of Building Sciences. – 2012. – Pp. 234–241.
5. Козлов И. Оценка экономической эффективности внедрения информационного моделирования зданий / И. Козлов // Архитектура и современные информационные технологии / АМІТ : электронный журнал. – 2010. – № 1(10). – Режим доступа : <http://www.marhi.ru/AMIT/2010/1kvart10/kozlov/kozlov.pdf>.
6. Барабаш М. Використання методів інтеграції для створення узагальненої інформаційної моделі будівельного об'єкта / М. Барабаш, К. Київська // Управління розвитком складних систем. – 2016. – № 25. – С. 114–120.
7. Grilo A. Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments / A. Grilo, R. Jardim-Goncalves // Automation in Construction. – № 19. – 2010. – Pp. 522–530.
8. Turkaslan-Bulbul M. T. Computational support for building evaluation : Embedded Commissioning Model / M. T. Turkaslan-Bulbul, Ö. Akin // Automation in Construction. – 2006. – 15:438–47.
9. Shen W. Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management : a review / W. Shen, Q. Hao, H. Mak, J. Neelamkavil, H. Xie, J. Dickinson, R. Thomas, A. Pardasani, H. Xue // Advanced Engineering Informatics. – 2010. – 24:196–207.

REFERENCES

1. Teslya Yu.M., Biloshhycjkyj A.O. and Teslja N. Yu. *Informacijna tekhnologhija upravlinnja proektamy na bazi ERPP (enterprise resources planning in project) ma APE (administrated projects of the enterprise) system* [ERPP based project management information technology (enterprise resources planning in project) and APE (administrated projects of the enterprise) system]. *Upravlinnja rozvytkom skladnykh system* [Management of complex systems development]. 2010, no. 1, pp. 16–20. (in Ukrainian).
2. Wong J. and Yang J. Research and Application of Building Information Modelling (BIM) in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry : a review and direction for future research. Proceedings of the 6th International Conference on Innovation in Architecture, Engineering & Construction (AEC), Loughborough University, U.K., Pennsylvania State University, 2010, pp. 356–365.
3. Watson A. Digital buildings – Challenges and opportunities. *Advanced Engineering Informatics*, 2011; 25:573–81.
4. East W. Construction Operations Building Information Exchange (COBIE) : Means and Methods. The National Institute of Building Sciences, 2012, pp. 234–241.
5. Kozlov I. *Otsenka ekonomycheskoj efektyvnosti vnedrenija ynformacyonnogho modelyrovanyja zdanyj*

[Evaluation of the economic efficiency of the implementation of building information modeling]. *Arkhytektura i sovremennye informacyonnye tekhnologhy* [Architecture and modern information technology]. AMIT : electronic journal, 2010, no. 1(10).

6. Barabash M. and Kyivska K. *Vykorystannja metodiv integraciji dlja stvorennja uzagaljenoji informacijnoi modeli budiveljnogo objekta* [Use of integration methods to create a generalized information model of a construction object]. *Upravlinnja rozvytkom skladnykh system* [Management of the development of complex systems]. 2016, no. 25, pp. 114–120. (in Ukrainian).

7. Grilo A. and Jardim-Goncalves R. Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. *Automation in Construction*, no. 19, 2010, pp. 522–530.

8. Turkaslan-Bulbul M.T. and Akin Ö. Computational support for building evaluation : Embedded Comissioning Model. *Automation in Construction*, 2006; 15:438–47.

9. Shen W., Hao Q., Mak H., Neelamkavil J., Xie H, Dickinson J., Thomas R., Pardasani A. and Xue H. Systems integration and collaboration in architecture, engineering, construction, and facilities management : a review. *Advanced Engineering Informatics*, 2010; 24:196–207.

Надійшла до редакції: 13.09.2019 р.

УДК 666.972:666.9.022.7

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.32.519

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ ЦЕМЕНТНОЙ СУСПЕНЗИИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

ДУБОВ Т. Н., *ассист.*

Кафедра автоматики и электротехники, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (0562) 756-34-54, e-mail: DTN2003@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1740-9251

Аннотация. Постановка проблемы. В связи с увеличением объемов строительства в Украине предусматривается значительное расширение применения бетонных смесей. Особую актуальность приобретают вопросы снижения стоимости и повышения прочности бетона при уменьшении количества использования портландцемента, без ухудшения его качества. Наиболее распространенными являются способы теплового воздействия, а также использование различных химических добавок. В меньшей мере используются электрофизические методы воздействия, а именно интенсификация с помощью электрических и электромагнитных полей. Для повышения качества и прочности бетона при уменьшении использования количества портландцемента необходимо применение различных методов интенсификации процесса приготовления бетона. **Методика.** Из электрофизических методов интенсификации процессов его приготовления перспективным является метод электромагнитной обработки концентрированной цементной суспензии, которую пропускали через переменное электромагнитное поле и применяли для приготовления бетонной смеси. **Результаты.** Исследования показали, что при воздействии электромагнитного поля на концентрированную цементную суспензию наблюдается положительный эффект в процессе структурообразования и улучшения физико-механических свойств бетонов. Установлено, что в результате такой обработки происходит большее растворение, диспергация и гидратация составляющих цемента и формирование связнодисперсной структуры цементного камня. **Выводы.** Изложенное выше позволяет утверждать, что электромагнитная обработка концентрированной цементной суспензии оказывает положительный эффект в процессе структурообразования и улучшения физико-механических свойств бетонов на основе обработанной в электромагнитном поле концентрированной цементной суспензии.

Ключевые слова: электромагнитная обработка; цементный бетон; прочность бетона; омагничивание; концентрированная цементная суспензия

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБРОБКИ КОНЦЕНТРОВАНОЇ ЦЕМЕНТНОЇ СУСПЕНЗІЇ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

ДУБОВ Т. М., *асист.*

Кафедра автоматики та електротехніки, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 756-34-54, e-mail: DTN2003@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1740-9251

Анотация. Постановка проблемы. У зв'язку зі збільшенням обсягів будівництва в Україні передбачається значне розширення застосування бетонних сумішей. Особливої актуальності набувають питання зниження вартості і підвищення міцності бетону при зменшенні кількості використання портландцементу, без погіршення його якості. Найбільш поширені способи теплового впливу, а також використання різних хімічних добавок. Менше застосовуються електрофізичні методи впливу, а саме інтенсифікація за допомогою електричних і електромагнітних полів. Для підвищення якості і міцності бетону при зменшенні використання кількості портландцементу необхідне застосування різноманітних методів інтенсифікації процесу виготовлення бетону. **Методика.** З електрофізичних методів інтенсифікації процесів приготування бетону перспективним бачиться метод електромагнітної обробки концентрованої цементної суспензії, яку пропускали через змінне електромагнітне поле і застосовували для приготування бетонної суміші. **Результати.** Дослідження показали, що за впливу електромагнітного поля на концентровану цементну суспензію спостерігається позитивний ефект у процесі структуроутворення і поліпшення фізико-механічних властивостей бетону. Встановлено, що в результаті такої обробки відбувається більша розчинність, диспергация і гідратація складових цементу і формування зв'язнодисперсної структури цементного каменю. **Висновок.** Викладене вище дозволяє стверджувати, що електромагнітна обробка концентрованої цементної суспензії чинить позитивний ефект у процесі структуроутворення і поліпшення фізико-механічних властивостей бетонів на основі обробленої в електромагнітному полі концентрованої цементної суспензії.

Ключові слова: електромагнітна обробка; цементний бетон; міцність бетону; омагнічування; концентрована цементна суспензія

THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC TREATMENT OF CONCENTRATED CEMENT SLURRY ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

DUBOV T.M., *Ass.*

Department of Automation and Electrical Engineering, State Higher Educational Institution «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 756-34-54, e-mail: DTN2003@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1740-9251

Abstract. Problem statement. At the beginning of the week, in Ukraine the transfer is more significant in concrete consolidation. Especially important is the need to lower the supply of concrete and concrete, with the change in portability, without any loss of strength. **The purpose of the article.** For increased concrete and concrete strength, when changing the number of Portland cement, it is necessary to consolidate the various methods of the concrete concrete process. The most common are methods of heat exposure, as well as the use of various chemical additives. Electrophysical methods of influence are used to a lesser extent, namely intensification with the help of electric and electromagnetic fields. **Purpose.** To improve the quality and strength of concrete, while reducing the use of Portland cement, it is necessary to use various methods to intensify the concrete preparation process. **Methodology.** From the electrophysical methods of intensifying concrete preparation processes, the method of electromagnetic treatment of concentrated cement slurry, which was passed through an alternating electromagnetic field and was used to prepare the concrete mixture, is promising. **Results.** The performed tests showed that when an electromagnetic field is infused, a positive effect is induced to concentrate on a concentrated cement suspension in the process of structural adjustment and reduction of physical and mechanical power to concrete. It has been established that, as a result of processing, there is a greater variety, dispersion and better storage of cement and a form of cemented stone structure. **Conclusion.** Outlined above allows us to assert that electromagnetic processing of cement paste has a positive effect in the process of structure formation and the improvement of physico-mechanical properties of concrete based on the processed in the electromagnetic field of the cement paste.

Keywords: *electromagnetic processing; cement concrete; strength of concrete; the magnetization; the cement paste*

Введение. В связи с увеличением объемов строительства в Украине предусматривается значительное расширение применения бетонных смесей. Особую актуальность приобретают вопросы повышения качества и прочности бетона при уменьшении использования количества портландцемента, без ухудшения его качества и экономической эффективности.

Бетоны характеризуются низкой прочностью и высоким расходом цемента. Наиболее распространенными и часто используемыми являются способы теплового воздействия, а также использование химических добавок-ускорителей. В значительно меньшей мере используются различные электрофизические методы воздействия. Из электрофизических методов интенсификации процессов приготовления бетона перспективным является метод электромагнитной обработки концентрированной цементной суспензии, а именно

применение его как одного из неотъемлемых составляющих.

Явления, происходящие в материальных средах при наложении на них магнитных и электрических полей, давно привлекали исследователей. Многие из обнаруженных эффектов (ядерный магнитный резонанс, электронный парамагнитный резонанс, эффект Холла) нашли широкое применение в науке и практике. Применительно к твердению вяжущих подобного рода исследования начались еще в 1930-е годы.

Из приведенного обзора опубликованных работ следует, что наложение магнитных и электрических полей оказывает благоприятное воздействие на процесс формирования структуры камневидного тела на основе минеральных вяжущих. Наложение поля осуществлялось по различным вариантам: кратковременной обработке подвергался раствор из вяжущего и воды; омагничивались составляющие, реагирующие на смесь компоненты – вода и вяжущее; твердение образцов осуществлялось в зазоре

электромагнита [1–6]. Как показали предварительные данные исследований П. К. Колесниченко и О. Н. Мчедлова – Петросяна [7], Ю. Б. Ю. М. Бутта, В. В. Тимашева, Л. А. Лукацкой [8], наибольший интерес с точки зрения эффективности представляет метод обработки в магнитном поле воды затворения.

Исследования в этой области установили, что факт увеличения прочности не всегда стабилен; так, солевой состав воды не одинаков в разные промежутки времени. Применение омагниченной воды для затворения иногда не оказывает влияния на прочность цементного камня, а, по данным П. К. Колесниченко, Ю. А. Новожилова [9], в отдельных случаях приводит и к отрицательному эффекту. Из-за нестабильности показателей воды было принято решение исследовать воздействие электромагнитного поля на концентрированную цементную суспензию.

В статье предложены результаты исследований с целью повышения качества бетонных смесей путем применения электромагнитной обработки концентрированной цементной суспензии.

Изложение материала. Под воздействием переменного электромагнитного поля двойной электрический слой дисперсных частиц переходит из равновесного состояния в неравновесное, что вызывает потоки ионов в пределах диффузной части и за ее пределами. В результате интенсифицируются процессы гидратации вяжущего, происходит ускорение твердения бетона и увеличение прочности структуры. Это связано с некоторым уменьшением толщины сольватных оболочек частиц дисперсной фазы и изменением степени ориентационного эффекта структурообразующих элементов [10] – ранняя прочность цементного камня или бетона в значительной степени связана со структурно-механическими свойствами водных пленок на поверхности твердой фазы.

При обработке в электромагнитном поле концентрированной цементной суспензии в ней протекают сложные физико-химические процессы, приводящие ее к камневидному состоянию. Условно, согласно [11; 12], процесс твердения цементного теста включает следующие периоды: адсорбцию, растворение и диспергацию поверхности зерен цемента, гидратацию минералов цемента и формирование, вначале, коагуляционной структуры, последующую конденсацию и кристаллизацию.

В результате этого в конечном итоге формируется капиллярно-пористая структура цементного камня, ответственная за его свойства. Управление структурой цементного камня осуществляют различными технологическими приемами, оказывающими влияние на различные стадии твердения цементного теста [13–17].

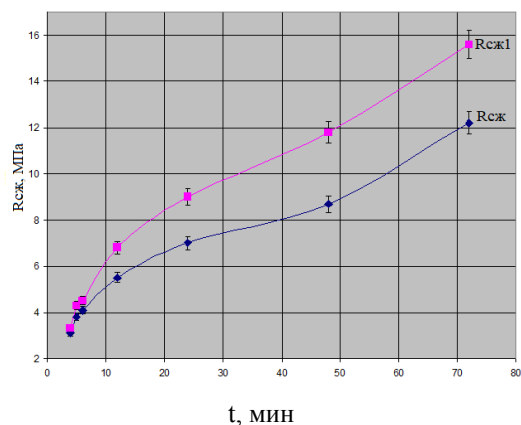


Рис. 1. Кривая изменения $R_{cж}$ в процессе формирования структуры цементного камня: $R_{cж}$ – не обработан, $R_{cж1}$ – обработан в электромагнитном поле / Fig. 1. The curve of the change $R_{cж}$ during the formation of the structure of cement stone: $R_{cж}$ – not processed, $R_{cж1}$ – processed in an electromagnetic field

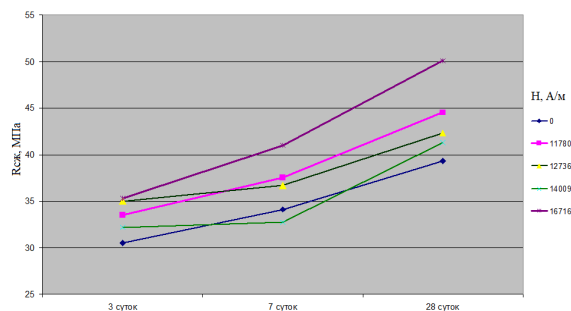


Рис. 2. Влияние электромагнитного поля на рост прочности образцов раствора / Fig. 2. The influence of the electromagnetic field on the growth of strength of the samples of the solution

Комплексные исследования гидратации и структурообразования дают возможность более точно оценить роль физико-химических процессов, сопутствующих и обуславливающих формирование и развитие дисперсной структуры. Согласно экспериментальным данным (рис. 1), набор прочности интенсивно идет в первые 3 суток твердения, с 3 до 7 суток твердения интенсивность заметно падает и с 7 до 28 суток наблюдается плавный переход к стабильному состоянию.

Таблиця

Влияние обработанной в электромагнитном поле концентрированной цементной суспензии на рост прочности образцов / The effect of concentrated cement slurry processed in an electromagnetic field on the growth of strength of samples

№ п/п	Напряженность магнитного поля, А/м	Прочность образцов в возрасте		
		3 суток	7 суток	28 суток
		МПа	МПа	МПа
1	0	30,5	34,1	39,3
2	117 808	33,5	37,5	44,5
3	127 360	35,0	36,7	42,3
4	140 096	32,2	32,7	41,3
5	167 160	35,3	41,0	50,1

Как видно из рисунка 1 прочность образцов на обработанной в электромагнитном поле концентрированной

цементной суспензии отличается от контрольных. В одно и то же время образцы на обработанной в электромагнитном поле концентрированной цементной суспензии имеют большее значение прочности, чем образцы не обработанные.

Эффективность электромагнитной обработки концентрированной цементной суспензии оценивалась по приросту прочности приготовленных на ней образцов 100×100×100 мм. Полученные результаты были проверены на образцах естественного хранения в нормальных температурно-влажностных условиях.

На основании анализа полученных результатов была определена оптимальная напряженность электромагнитного поля, а также скорость движения концентрированной цементной суспензии в зазоре омагничивающего устройства (табл., рис. 2).

Выводы. Изложенное выше позволяет утверждать, что электромагнитная обработка концентрированной цементной суспензии оказывает положительный эффект в процессе структурообразования и улучшения физико-механических свойств бетонов на основе обработанной в электромагнитном поле концентрированной цементной суспензии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Активация вяжущих композиций в растворо-пульсационных аппаратах : монография / [Ю. М. Баженов, В. В. Плотников]. – Брянск : БГИТА, 2001. – 336 с.
2. Авраменко С. В. Электромагнитная активация связанных состояний воды в процессах твердения цементных паст / С. В. Авраменко, А. А. Стехин и др. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2002. – № 12. – С. 28–30.
3. Колчеданцев Л. М. Интенсифицированная технология бетонных работ на основе термообработки смесей : монография / [Л. М. Колчеданцев]. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2001. – 230 с.
4. Торлина Е. А. Активизация частично гидратированного цемента в аппаратах активизации процессов / Е. А. Торлина, А. И. Шуйский, А. А. Новожилов // Строительство – 2007 : сб. матер. междунар. науч.-практич. конф. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2007. – С. 17–20.
5. Дубов Т. Н. Омагничивание в различных сферах деятельности человека / Т. Н. Дубов // Інноваційний потенціал української науки XXI сторіччя : зб. доп. учас. V Всеукр. наук.-практич. конф. – Запоріжжя : вид-во ПГА, 2009. – 124 с.
6. Эриванцев И. Н. Влияние магнитной обработки воды на изменение прочностных показателей цементного камня / И. Н. Эриванцев, В. Н. Лазарев, Т. Н. Дубов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2008. – № 12. – С. 26–29.
7. К исследованию цементных растворов и бетонов при магнитной обработке воды затворения : монография / [Л. К. Колесниченко, Ц. З. Горфинкель]. – Москва : Южгипроцемент, 1967. – Сб. IX. – 156 с.
8. Влияние магнитной обработки воды на скорость гидратации и твердения вяжущих. Гидратация и твердение цементов : монография / [Ю. М. Бутт, В. В. Тимашев, Л. А. Лукацка. Под ред. Ю. М. Бутта]. – Челябинск, 1969. – 110 с.

9. Новожилов Ю. Л. Влияние солей железа и предварительной обработки воды затворения на процессы кристаллизации новообразований в цементе / Ю. Л. Новожилов, Б. С. Баталин // Строительство и архитектура. Известия ВУЗов. – № 1. – 1968. – С. 57–64.
10. Волженский А. В. Минеральные вяжущие вещества : монография / [А. В. Волженский]. – Москва : Стройиздат, 1986. – 253 с.
11. Математическая обработка результатов эксперимента : справ. рук-во / [Л. З. Румшинский]. – Москва : Наука, 1971. – 266 с.
12. Физико – химическая механика дисперсных структур в магнитных полях : монография / [Н. Н. Круглицкий и др.]. – Киев : Наукова думка, 1976. – 196 с.
13. Гордеев Г. М. Электрические свойства магнитных жидкостей / Г. М. Гордеев, Н. П. Матусевич, С. П. Ржевская, В. Е. Фертман // Физические свойства магнитных жидкостей : сб. науч. тр. – Свердловск, 1983. – С. 98–102.
14. Повышение эффективности вяжущих и бетонов электромагнитной активацией : дисс. д-ра техн. наук / М. Е. Заяханов. – Улан-Удэ, 2004. – 405 с.
15. Комохов П. Г. Активационные технологии при получении бетонов / П. Г. Комохов, Н. Н. Шангина // Цемент. – 1999. – № 4. – С. 35–36. – Режим доступа : <http://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/E3-13.01.pdf>
16. Пристрій для омагнічування рідини : патент на корисну модель UA № 31753 U МПК C02F 1/48 / Т. М. Дубов. – u№ 200712266. – Заявл. 05.11.2007; опубл. 25.04.2008; бюл. № 8. – 4 с.

REFERENCES

1. Bazhenov Yu.M. and Plotnikov V.V. *Aktivatsiya vyazhushchikh kompozitsiy v rastvorno-pul'satsionnykh apparatakh* [Activation cementitious mortar compositions in pulsation apparatus]. Bryansk : BGITA, 2001, 336 p. (in Russian).
2. Avramenko S.V. and Stekhin A.A. *Elektromagnitnaya aktivatsiya svyazannykh sostoyaniy vody v protsessakh tverdeniya tsementnykh past* [Electromagnetic activation of bound States of water in the hardening process of cement pastes]. *Stroitel'nye materialy, oborudovaniye, tekhnologii XXI veka* [Building Materials, Equipment, Technologies of XXI century]. 2002, no. 12, pp. 28–30. (in Russian).
3. Kolchedantzev L.M. *Intensifitsirovannaya tekhnologiya betonnykh rabot na osnove termovibroobrabotki smesey* [Intensified technology of concrete works on the basis of thermoviscoelastic mixtures]. Siant-Petersburg : SPSUACE, 2001, 230 p. (in Russian).
4. Torlina E.A., Shumsky A.I. and Novozhilov A.A. *Aktivatsiya chastichno gidratirovannogo tsementa v apparatakh aktivizatsii protsessov* [Activation of partially hydrated cement in the apparatus of the revitalization processes]. Construction-2007 : mater. of Intern. scienti.-pract. conf. Rostov-on-Don : Rostov State Construction University, 2007, pp. 17–20. (in Russian).
5. Dubov T.N. *Omagnichivaniye v razlichnykh sferakh deyatelnosti cheloveka* [Magnetization in various fields of human activity]. *Innovatsiyyny potentsial ukrayins'koyi nauky KHKHI storichchya : Zbirnyk dopovidey uchasnykiv V Vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi* [Innovative Potential of Ukrainian Science of the 21st Century : Collection of reports of the participants of the Fifth All-Ukrainian Scientific-Practical Conference]. PSA Publishing House, Zaporizhzhia, 2009, 124 p. (in Russian).
6. Erivantsev I.N., Lazarev V.N. and Dubov T.N. *Vliyaniye magnitnoy obrabotki vody na izmeneniye prochnostnykh pokazateley tsementnogo kamnya* [The effect of magnetic water treatment on the change in the strength characteristics of cement stone]. *Visnyk Prydniprovskoyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of the Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2008, no. 12, pp. 26–29. (in Russian).
7. Kolesnichenko L.K. and Gorfinkel C.Z. *K issledovaniyu tsementnykh rastvorov i betonov pri magnitnoy obrabotke vody zatvoreniya* [To the study of cement mortars and concretes for magnetic treatment of the mixing water]. Moscow : Southhiprocement Publ., 1967, vol. IX, 156 p. (in Russian).
8. Butt Yu.M., Timashev V.V. and Lukatska L.A. *Vliyaniye magnitnoy obrabotki vody na skorost'. Gidratatsiya i tverdeniya tsementov* [The influence of magnetic water treatment on the rate of hydration and hardening binders. Hydration and hardening of cements] Edited by Butt Yu.M. Chelyabinsk, 1969, 110 p. (in Russian).
9. Novozhilov Yu.L. and Batalin B.S. *Vliyaniye soley zheleza i predvaritel'noy obrabotki vody zatvoreniya na protsessy kristallizatsii novoobrazovaniy v tsemente* [The Influence of iron salts and pretreatment of the mixing water on crystallization of tumors in cement]. *Stroitel'stvo i arkhitektura. Izvestiya vuzov* [Construction and Architecture. University News]. No. 1, 1968, pp. 57–64. (in Russian).
10. Volzhensky A.V. *Mineral'nyye vyazhushchiye veshchestva* [Mineral binders]. Moscow : Stroyizdat, 1986. 253 p. (in Russian).
11. Rumshinskiy L.Z. *Matematicheskaya obrabotka rezul'tatov eksperimenta* [Mathematical processing of experimental results: reference manual]. Moscow : Nauka Publ., 1971, 266 p. (in Russian).
12. Kruglitsky N.N. *Fiziko-khimicheskaya mekhanika dispersnykh struktur v magnitnykh polyakh* [Physicochemical mechanics of disperse structures in magnetic fields]. Kyiv : Naukova Dumka, 1976, 196 p. (in Russian).

13. Gordeev G.M., Matusевич N.P., Rzhevskaya S.P. and Fertman V.E. *Elektricheskiye svoystva magnitnykh zhidkostey : sbornyk nauchnykh trudov* [Electrical properties of magnetic fluids. Physical properties of magnetic fluids : sat. scientific. works]. Sverdlovsk, 1983, pp. 98–102. (in Russian).
14. Zayakhanov M.E. *Povysheniye effektivnosti vyazhushchikh i betonov elektromagnitnoy aktivatsiyey* [Improving the efficiency of binders and concretes electromagnetic activation]. Diss. Dr Sc. (Tech.), Ulan-Ude, 2004, 405 p. (in Russian).
15. Komokhov P.G., Komkov P.G. and Shangina N.N. *Aktivatsionnyye tekhnologii pri poluchenii betonov* [Activation technologies while getting the concrete]. *Tsement* [Cement]. 1999, no. 4, pp. 35–36. (in Russian).
16. Dubov T.M. Device for fluid magnetization : Utility Model Patent UA No. 31753 U МПК C02F 1/48. u№ 200712266; statement 05.11.2007; publ. 04/25/2008, bul. no.8, 4 p. (in Ukrainian).

Поступила в редакцію 03.10.2019 г.

УДК 69.057

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.38.520

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВИБОРУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ РЕКОНСТРУКЦІ ДІЮЧИХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

ЩЕНКО О. С.^{1*}, *ст. викл.*,
ДОНЕНКО В. І.², *д. т. н., проф.*,
МАРЧЕНКО М. П.³, *студ.*

^{1*} Кафедра будівельного виробництва та управління проектами, Національний університет «Запорізька політехніка», вул. Жуковського, 64, 69063, Запоріжжя, Україна, тел. +38 (095) 203-62-63, e-mail: a.s.ishchenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0548-6081

² Кафедра будівельного виробництва та управління проектами, Національний університет «Запорізька політехніка», вул. Жуковського, 64, 69063, Запоріжжя, Україна, тел. +38 (095) 416-14-99, e-mail: donenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5728-5081

³ Кафедра будівельного виробництва та управління проектами, Національний університет «Запорізька політехніка», вул. Жуковського, 64, 69063, Запоріжжя, Україна, тел. +38 (066) 187-82-41, e-mail: bud.zntu@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2486-1924

Анотація. *Постановка проблеми.* Реконструкція діючих промислових підприємств поряд з новим будівництвом в умовах економіки, що бурхливо розвивається, має першорядне значення. Зміна умов експлуатації та функціонального призначення будівельних споруд, внаслідок впровадження нових технологій, в ряді випадків вимагає проведення для них додаткових заходів. Установка додаткового обладнання призводить до збільшення навантажень, зміни їх місця докладання і характеру, внесення поправок в розрахункові схеми, що може викликати необхідність попереднього посилення конструкцій будівельних споруд. У процесі реконструкції будівельні споруди повинні бути приведені у відповідність до вимог діючих нормативних документів в змінених умовах експлуатації. Об'ємно-планувальні та конструктивні рішення, що реконструюються обмежують можливість використання оптимальних комплектів будівельних машин і потокової організації будівельно-монтажних робіт, що призводить до підвищеної трудомісткості виконання робіт, непродуктивних витрат робочого часу, низькою ефективності використання будівельних машин і, як наслідок, до суттєвих економічних втрат в будівельних і монтажних організаціях, які в ряді випадків не компенсуються діючими поправочними коефіцієнтами кошторисних норм. Вибір організаційно-технологічних рішень залежить від багатьох факторів, тільки проаналізувавши їх комплексно можна прийти до прийняття оптимального рішення. *Мета роботи* – виявлення особливостей формування організаційно-технологічних рішень реконструкції діючих промислових підприємств. *Висновки.* Проаналізувавши особливості проведення реконструкції діючих підприємств, визначено основні фактори, що дозволяють використовувати переваги комплексного підходу до оцінки і вибору технічних і організаційно-технологічних рішень на всіх стадіях ремонтно-будівельного виробництва – при розробці проектних пропозицій, у процесі проектування, організаційно-технологічної підготовки і здійсненні капітального ремонту та реконструкції промислових підприємств.

Ключові слова: організаційно-технологічні рішення; реконструкція; промислове підприємство

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫБОРА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

ИЩЕНКО А. С.^{1*}, *ст. пр.*,
ДОНЕНКО В. И.², *д. т. н., проф.*,
МАРЧЕНКО М. П.³, *студ.*

^{1*} Кафедра строительного производства и управления проектами, Национальный университет «Запорожская политехника», ул. Жуковского, 64, 69063, Запорожье, Украина, тел. +38 (095) 203-62-63, e-mail: a.s.ishchenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0548-6081

² Кафедра строительного производства и управления проектами, Национальный университет «Запорожская политехника», ул. Жуковского, 64, 69063, Запорожье, Украина, тел. +38 (066) 196-28-28, e-mail: donenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5728-5081

³ Кафедра строительного производства и управления проектами, Национальный университет «Запорожская политехника», ул. Жуковского, 64, 69063, Запорожье, Украина, тел. +38 (063) 143-42-71, e-mail: bud.zntu@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2486-1924

Аннотация. Постановка проблемы. Реконструкция действующих промышленных предприятий наряду с новым строительством в условиях экономики, бурно развивается, имеет первостепенное значение. Изменение условий эксплуатации и функционального назначения строительных сооружений, в результате внедрения новых технологий, в ряде случаев требует проведения для них дополнительных мер. Установка дополнительного оборудования приводит к увеличению нагрузок, изменения их места приложения и характера, внесения поправок в расчетные схемы, что может вызвать необходимость предварительного усиления конструкций строительных сооружений. В процессе реконструкции строительные сооружения должны быть приведены в соответствие с требованиями действующих нормативных документов в изменившихся условиях эксплуатации. Объемно-планировочные и конструктивные решения реконструируемых ограничивают возможность использования оптимальных комплектов строительных машин и поточной организации строительно-монтажных работ, что приводит к повышенной трудоемкости выполнения работ, непроизводительных затрат рабочего времени, низкой эффективности использования строительных машин и, как следствие, к существенным экономическим потерям в строительных и монтажных организациях, в ряде случаев не компенсируются действующими поправочный коэффициент сметных норм. Выбор организационно-технологических решений зависит от многих факторов, только проанализировав их комплексно можно прийти к принятию оптимального решения. **Выводы.** Проанализировав особенности проведения реконструкции действующих предприятий, определены основные факторы, позволяющие использовать преимущества комплексного подхода к оценке и выбору технических и организационно-технологических решений на всех стадиях ремонтно-строительного производства – при разработке проектных предложений, в процессе проектирования, организационно-технологической подготовки и осуществлении капитального ремонта и реконструкции промышленных предприятий.

Ключевые слова: организационно-технологические решения; реконструкция; промышленное предприятие

PECULIARITIES OF THE FORMATION OF THE SELECTION OF ORGANIZATION AND TECHNOLOGICAL DECISIONS FOR RECONSTRUCTION OF OPERATING INDUSTRIAL ENTERPRISES

ISHCHENKO O.S.^{1*}, *Senior Ass.*,
DONENKO V.I.², *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
MARCHENKO M.P.³, *Stud.*

^{1*} Department of construction production and project management, Zaporizhia Polytechnic National University; 64, Zhukovskoho St., 69063, Zaporizhia, Ukraine, tel. +38 (095) 203-62-63, e-mail: a.s.ishchenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0548-6081

² Department of construction production and project management, Zaporizhia Polytechnic National University; 64, Zhukovskoho St., 69063, Zaporizhia, Ukraine, tel. +38 (095) 416-14-99, e-mail: donenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5728-5081

³ Department of construction production and project management, Zaporizhia Polytechnic National University; 64, Zhukovskoho St., 69063, Zaporizhia, Ukraine, tel. +38 (066) 187-82-41, e-mail: bud.zntu@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2486-1924

Abstract. Problem statement. The reconstruction of existing industrial enterprises, along with new construction in a booming economy, is of high importance. Change of operating conditions and functional purpose of construction structures, due to the introduction of new technologies, in some cases require additional measures for them. Installation of additional equipment leads to loads increasing, changes in their place of application and character, amendments to the design schemes, which may cause the need for preliminary strengthening of structures of construction structures. In the process of reconstruction, the construction works must be brought into compliance with the requirements of the existing normative documents under the changed operating conditions. The three-dimensional planning and constructive solutions limit the possibility of using optimal sets of construction machinery and stream organization of construction and assembly works, that leads to increased complexity of work execution, unproductive labor time, low efficiency of using construction machines and, as a consequence, to significant economic losses in construction and installation organizations, which in some cases are not offset by the current correction coefficients of the estimates. The choice of organizational and technological decisions depends on many factors, only analyzing them in a complex way can lead to the optimal decision. **The purpose of the article** is to identify the peculiarities of the formation of organizational and technological solutions for the reconstruction of existing industrial enterprises. **Conclusions.** Having analyzed the peculiarities of the reconstruction of existing enterprises, the main factors are formulated that allow to take advantage of the integrated approach to the evaluation and choice of technical and organizational and technological solutions at all stages of repair and construction production – in the development of project proposals, in the process of design, organizational and technological preparation and the implementation of overhaul and the reconstruction of industrial enterprises.

Keywords: organizational and technological solutions; reconstruction; industrial enterprise

Актуальність проблеми. Реконструкція діючих промислових підприємств поряд з новим будівництвом в умовах економіки, що бурхливо розвивається, має першорядне значення. Окупність капітальних вкладень в реконструкцію промислових підприємств відбувається в 2...3 рази швидше, ніж при будівництві нових.

Реконструкція промислових будівель і споруд – складова частина загальної реконструкції підприємств. Зміна умов експлуатації та функціонального призначення будівельних споруд, внаслідок впровадження нових технологій, в ряді випадків вимагає проведення для них додаткових заходів. Установка додаткового обладнання призводить до збільшення навантажень, зміни їх місця докладання і характеру, внесення поправок в розрахункові схеми, що може викликати необхідність попереднього посилення конструкцій будівельних споруд. У процесі реконструкції будівельні споруди повинні бути приведені у відповідність до вимог діючих нормативних документів в змінених умовах експлуатації.

До реконструкції будівель і споруд вдаються також у зв'язку з необхідністю відновлення фізично зношених окремих елементів, частин будівель і споруд. Фізичний знос обумовлює їх перехід в стан відмінний від проектного і призводить до необхідності посилення.

Крім того, в результаті геодинамічних процесів і природних катастроф, а також в процесі будівництва і експлуатації мають місце випадки передаварійного стану і обвалення окремих конструкцій, частин будівель і цілих споруд, що тягне за собою необхідність виконання невідкладних протиаварійних заходів по їх посиленню і відновленню. Будівельно-монтажні роботи на діючих підприємствах, як правило, ведуться в обмежених умовах виробництва робіт на будівельному майданчику з розвиненою системою підземних і наземних комунікацій. Дуже часто роботи всередині діючих цехів виконуються без зупинки основного виробництва, при наявності шкідливих умов, газів, пилу, високої

температури і т. ін.

Аналіз досліджень та публікацій. Значна кількість факторів впливають на ефективність і темпи реконструкції підприємств і вимагають спеціального вивчення і систематизації досвіду виконання робіт, способів і методів посилення несучих конструкцій, розбирання, монтажу конструкцій, що виключають повністю або зводять до мінімуму зупинку роботи підприємства.

Питанням обґрунтування організаційно-технологічних рішень реконструкції діючих промислових підприємств присвячені наукові праці А. І. Білоконя [1], Д. Ф. Гончаренка [2], В. А. Давидова [3] та ін. Проте проблема виявлення особливостей та факторів, що впливають на вибір обґрунтування організаційно-технологічних рішень реконструкції промислових підприємств потребує подальшого дослідження.

Мета роботи – виявлення особливостей формування організаційно-технологічних рішень реконструкції діючих промислових підприємств.

Виклад основного матеріалу. Умови роботи промислових підприємств ускладнюються через необхідність поєднання будівельно-монтажних робіт з основною діяльністю підприємства. Об'ємно-планувальні та конструктивні рішення, що реконструюються обмежують можливість використання оптимальних комплектів будівельних машин і потокової організації будівельно-монтажних робіт, що призводить до підвищеної трудомісткості виконання робіт, непродуктивних витрат робочого часу, низькою ефективності використання будівельних машин і, як наслідок, до суттєвих економічних втрат в будівельних і монтажних організаціях, які в ряді випадків не компенсуються діючими поправочними коефіцієнтами кошторисних норм.

До основних причин, що затруднюють виконання будівельно-монтажних робіт на об'єктах реконструкції та технічного переозброєння, відносяться:

- обмежена можливість використання

звичайних будівельних машин і механізмів та у той же час відсутність спеціальних засобів механізації, придатних для виробництва будівельно-монтажних робіт в умовах обмеженого простору;

- зниження збірності будівництва в зв'язку із застосуванням, як правило, нетипових проектних рішень; виконання робіт по ремонту або заміні окремих частин конструктивних елементів існуючих будівель і споруд;

- відсутність можливості дотримання технологічної послідовності в виконанні робіт, а також відсутність умов, забезпечують нормальну організацію

приоб'єктного складського господарства і під'їзних шляхів;

- підвищені непродуктивні втрати робочого часу людей і будівельних машин, пов'язані з роботою в умовах діючих цехів, прийняттям додаткових заходів з охорони праці, дотриманням режиму роботи основного виробництва та ін.;

- значна залежність роботи будівельної організації (на відміну від нового будівництва) від замовника в наданні фронту робіт;

- часті зміни проектних рішень, необхідність в яких виявляється в процесі реконструкції.

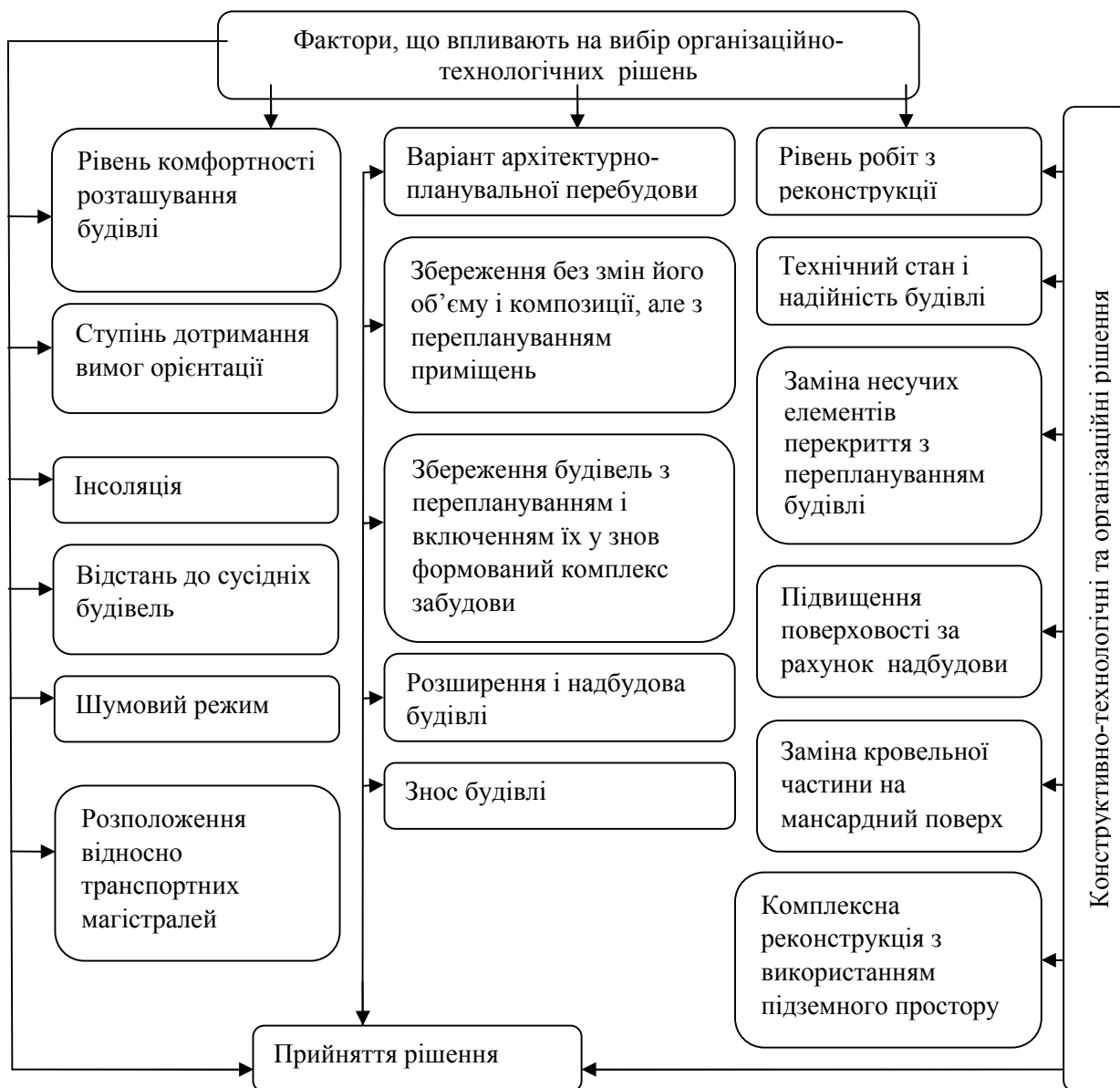


Рис. 1. Фактори, що впливають на вибір організаційно-технологічних рішень / Fig. 1. Factors influencing the choice of organizational and technological decision

Незначні відхилення термінів реконструкції цехів заводів від запланованих можуть вести до значних матеріальних втрат не тільки будівельних організацій, але і промислових підприємств, причому втрати заводів при цьому можуть досягати величин, які значно перевищують витрати на проведені заходи. Тому встановлення термінів реконструкції підприємства на стадії розробки і прийняття організаційно-технологічних та технічних рішень повинні передувати глибокий аналіз умов виробництва робіт, потужностей будівельних організацій, визначення технічної можливості проведення заходів в необхідні терміни.

Вибір організаційно-технологічних рішень залежить від багатьох факторів (рис. 1), тільки проаналізувавши їх комплексно можна прийти до оптимального прийняття рішення.

Під час виконання робіт з реконструкції діючих промислових підприємств, можуть виникнути непередбачені обставини, що призводять до перегляду організаційно-технологічних рішень (рис. 2). Своєчасне і якісне виконання прийнятих рішень та пристосування до можливих змін умов проведення робіт, залежить насамперед від рівня організації і підготовки на початковому етапі проведення реконструкції.

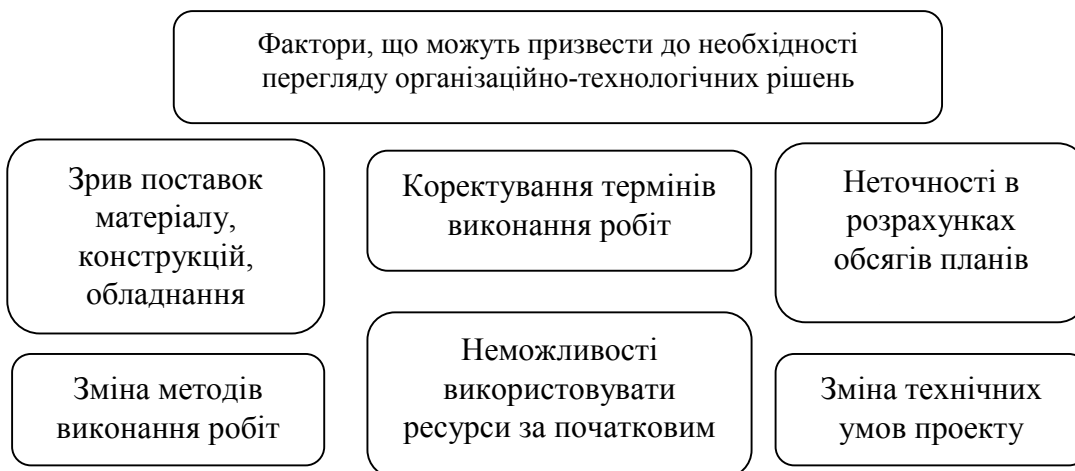


Рис. 2. Фактори, що зможуть призвести до необхідності перегляду організаційно-технологічних рішень / Fig. 2. Factors that may make it necessary to review organizational and technological solutions

Висновки. Проаналізувавши особливості проведення реконструкції діючих підприємств, визначено основні фактори, що дозволяють використовувати переваги комплексного підходу до оцінки і вибору технічних і організаційно-технологічних

рішень на всіх стадіях ремонтно-будівельного виробництва – при розробці проектних пропозицій, у процесі проектування, організаційно-технологічної підготовки і здійсненні реконструкції промислових підприємств.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Организационно-технологические аспекты обоснования качественного и количественного состава строительных машин для реконструкции : автореф. дисс. ... д-ра техн. наук: 08.06.01 / А. И. Белоконов. – Харьковский госуд. техн. ун-т строит. и арх. – Харьков, 1998. – 34 с.
2. Гончаренко Д. Ф. Организационно-технологические системы надежности временных параметров реконструкции предприятий машиностроения / Д. Ф. Гончаренко. – Киев : УМК ВО, 1990. – 53 с.
3. Давыдов В. А. Монтаж конструкций реконструируемых промышленных предприятий / В. А. Давыдов, А. Я. Конторчик, В. А. Шевченко. – Москва : Стройиздат, 1987. – 208 с.
4. Доненко В. І. Визначення обсягів залучення БМР будівельними організаціями за субпідрядом / В. І. Доненко, О. С. Іщенко, О.О. Грін // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – Київ : КНУБА, 2015. – Вип. 33. – С. 146–156.

REFERENCES

1. Belokon A.I. *Organizatsionno-tekhnologicheskie aspekty obosnovaniya kachestvennogo i kolichestvennogo sostava stroitelnykh mashin dlya rekonstruktsii : avtoref. diss.* [Organizational and technological aspects of substantiation of qualitative and quantitative composition of construction machinery for reconstruction : author's abstract]. Kharkov State Technical University of Construction and Architecture, Kharkov, 1998, 34 p. (in Russian).
2. Goncharenko D.F. *Organizatsionno-tekhnologicheskie sistemy nadezhnosti vremennykh parametrov rekonsruksii predpriyatiy mashinostroeniya* [Organizational and technological systems of reliability of time parameters of reconstruction of engineering enterprises]. Kyiv : UMK VO Publ., 1990, 53 p. (in Russian).
3. Davydov V.A., Kontorchik A.Ya. and Shevchenko V.A. *Montazh konstruktsiy rekonstruiruemyykh promyshlennykh predpriyatiy* [Installation of structures of reconstructed industrial enterprises]. Moscow : Stroyizdat Publ., 1987, 208 p. (in Russian).
4. Donenko V.I., Ishchenko O.S. and Grin O.O. *Vyznachennia obsiahiv zaluchennia BMR budivelnymy orhanizatsiiamy za subpidriadom* [Determining the scope of construction works involvement by subcontracted construction organizations]. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn* [Ways to increase the efficiency of construction in the conditions of formation of market relations]. Kyiv : KNUBA, 2015, publ. 33, pp. 146–156. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції 17.09.2019 р.

УДК 69.057

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.44.521

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ВІДНОВЛЕННЯ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ ДІЮЧИХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

ЩЕНКО О. Л.^{1*}, асп.,
ДОНЕНКО І. В.², к. т. н., доц.,
ОХРИМЕНКО О. В.³, студ.

^{1*} Кафедра будівельного виробництва та управління проектами, Національний університет «Запорізька політехніка»; вул. Жуковського, 64, 69063, Запоріжжя, Україна, тел. + 38 (095) 203-62-63, e-mail: e.l.fenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4152-6135

² Кафедра будівельного виробництва та управління проектами, Національний університет «Запорізька політехніка»; вул. Жуковського, 64, 69063, Запоріжжя, Україна, тел. +38 (095) 416-14-99, e-mail: donenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0017-9018

³ Кафедра будівельного виробництва та управління проектами, Національний університет «Запорізька політехніка»; вул. Жуковського, 64, 69063, Запоріжжя, Україна, тел. +38 (066) 187-82-41, e-mail: bud.zntu@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4274-3489

Анотація. Постановка проблеми. В наш час більшість промислових підприємств потребують відновлення, що пов'язане не тільки з терміном їх довговічності, а й з удосконаленням виробництва, підвищенням його техніко-економічного рівня та якості продукції, поліпшенням умов експлуатації, якості послуг, зміною основних техніко-економічних показників (кількість продукції, потужність, функціональне призначення, геометричні розміри). Відновлення істотно відрізняється від нового будівництва і має свої особливості в проектуванні, розробці технологічного процесу будівництва, специфіки виконання будівельно-монтажних робіт, що пов'язано зі стисненістю будівельного майданчика, необхідністю поетапного виконання робіт на різних ділянках, поєднанням виробничої діяльності підприємства з виконанням будівельно-монтажних робіт, розбиранням в окремих випадках старих інженерних мереж або їх частин. Організація роботи з відновлення інженерних мереж на діючих підприємствах залежить від багатьох факторів, які необхідно ув'язати між собою, для оптимізації процесів підготовки та проведення робіт. При організації реконструкції промислових підприємств необхідно вирішити питання поєднання діяльності підприємства з випуску продукції з проведенням реконструкції по одному з видів сполучення (повне, часткове, без суміщення). **Мета роботи** – підвищення ефективності відновлення інженерних мереж діючих підприємств за рахунок оптимізації організаційно-технологічних рішень. **Висновки.** Удосконалення організаційно-технологічних рішень відновлення інженерних мереж діючих промислових підприємств має на меті вибір варіанту, при якому з урахуванням місцевих умов забезпечується максимальне скорочення термінів виконання робіт при ефективному використанні матеріально-технічних ресурсів. Аналіз особливостей відновлення інженерних мереж діючих промислових підприємств показав, що однією з першочергових завдань проектування раціональної технології і організації виробництва будівельно-монтажних робіт є вибір методу їх виконання. Під вибором методу виробництва робіт мається на увазі розробка і розгляд всіляких його варіантів, а також вибір і обґрунтування найбільш раціонального (оптимального) з них для заданих конкретних умов виробництва.

Ключові слова: інженерні мережі; відновлення; організаційно-технологічні рішення; промислове підприємство

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ ДЕЙСТВУЮЩИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

ИЩЕНКО Е. Л.^{1*}, асп.,
ДОНЕНКО И. В.², к. т. н., доц.,
ОХРИМЕНКО А. В.³, студ.

^{1*} Кафедра строительного производства и управления проектами, Национальный университет «Запорожская политехника»; ул. Жуковского, 64, 69063, Запорожье, Украина, тел. +38 (095) 203-62-63, e-mail: a.s.ishchenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4152-6135

² Кафедра строительного производства и управления проектами, Национальный университет «Запорожская политехника»; ул. Жуковского, 64, 69063, Запорожье, Украина, тел. +38 (066) 196-28-28, e-mail: donenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0017-9018

³ Кафедра строительного производства и управления проектами, Национальный университет «Запорожская политехника»; ул. Жуковского, 64, 69063, Запорожье, Украина, тел. +38 (063) 143-42-71, e-mail: bud.zntu@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4274-3489

Аннотация. Постановка проблемы. В наше время большинство промышленных предприятий нуждаются в восстановлении, что связано не только со сроком их долговечности, но и с совершенствованием производства, повышением его технико-экономического уровня и качества продукции, улучшением условий эксплуатации, качества услуг, изменением технико-экономических показателей (количество продукции, мощность, функциональное назначение, геометрические размеры). Восстановление существенно отличается от нового строительства и имеет свои особенности в проектировании, разработке технологического процесса строительства, специфики выполнения строительно-монтажных работ, что связано со стесненностью строительной площадки, необходимостью поэтапного выполнения работ на разных участках, сочетанием производственной деятельности предприятия с выполнением строительно-монтажных работ, разборкой в отдельных случаях старых инженерных сетей или их частей. Организация работы по восстановлению инженерных сетей на действующих предприятиях зависит от многих факторов, которые необходимо увязать между собой, для оптимизации процессов подготовки и проведения работ. При организации реконструкции промышленных предприятий необходимо решить вопрос сочетание деятельности предприятия по выпуску продукции с проведением реконструкции по одному из видов сообщения (полное, частичное, без совмещения). **Цель работы** – повышение эффективности восстановления инженерных сетей действующих предприятий за счет оптимизации организационно-технологических решений. **Выводы.** Совершенствование организационно-технологических решений восстановления инженерных сетей действующих промышленных предприятий имеет целью выбор варианта, при котором с учетом местных условий обеспечивается максимальное сокращение сроков выполнения работ при эффективном использовании материально-технических ресурсов. Анализ особенностей восстановления инженерных сетей действующих промышленных предприятий показал, что одной из первоочередных задач проектирования рациональной технологии и организации производства строительно-монтажных работ является выбор метода их выполнения. Под выбором метода производства работ подразумевается разработка и рассмотрение различных его вариантов, а также выбор и обоснование наиболее рационального (оптимального) из них для заданных конкретных условий производства.

Ключевые слова: инженерные сети; восстановление; организационно-технологические решения; промышленное предприятие

IMPROVEMENT OF ORGANIZATIONAL-TECHNOLOGICAL DECISIONS FOR RESTORATION OF ENGINEERING NETWORKS OF EXISTING INDUSTRIAL ENTERPRISES

ISHCHENKO O.L.^{1*}, *Postgrad. Stud.*,
DONENKO I.V.², *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,
OKHRYMENKO O.V.³, *Stud.*

^{1*} Department of construction production and project management, Zaporizhia Polytechnic National University; 64, Zhukovskoho St., 69063, Zaporizhia, Ukraine, tel. +38 (095) 203-62-63, e-mail: a.s.ishchenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-4152-6135

² Department of construction production and project management, Zaporizhia Polytechnic National University; 64, Zhukovskoho St., 69063, Zaporizhia, Ukraine, tel. +38 (095) 416-14-99, e-mail: donenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0017-9018

³ Department of construction production and project management, Zaporizhia Polytechnic National University; 64, Zhukovskoho St., 69063, Zaporizhia, Zaporizhzhia, Ukraine, tel. +38 (066) 187-82-41, e-mail: bud.zntu@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4274-3489

Abstract. Problem statement. Nowadays, most industrial enterprises need to be restored, which is associated not only with the period of their durability, but also with the improvement of production, increase of its technical and economic level and quality of products, improvement of operating conditions, quality of services, change of technical and economic indicators (quantity of products, power, functionality, geometric dimensions). Recovery is significantly different from new construction and has its own characteristics in the design, development of the technological process of construction, the specifics of the construction and installation works, which is associated with the constraint of the construction site, the need for phased implementation of work in different areas, a combination of the production activities of the enterprise with the construction and installation works, dismantling in some cases of old utility networks or parts thereof. The organization of work to restore engineering networks at existing enterprises depends on many factors that need to be linked together to optimize the preparation and conduct of work. When organizing the reconstruction of industrial enterprises, it is necessary to solve the problem of combining the activities of the enterprise in manufacturing products with the reconstruction of one of the types of communications (full, partial, without combination). **The purpose of the article** is to increase the efficiency of restoration of engineering networks of existing enterprises by optimizing organizational and technological solutions. **Conclusions.** The improvement of organizational

and technological solutions, the restoration of engineering networks of existing industrial enterprises, is aimed at choosing an option in which, taking into account local conditions, the maximum reduction in the time required to complete the work is achieved with the efficient use of material and technical resources. An analysis of the features of the restoration of engineering networks of existing industrial enterprises has shown that one of the primary tasks of designing a rational technology and organizing the production of construction and installation works is the choice of a method for their implementation. Under the choice of the method of production of work is meant the development and consideration of its various options, as well as the selection and justification of the most rational (optimal) of them for given specific production conditions.

Keywords: *network engineering; recovery; organizational and technological solutions; industrial enterprise*

Постановка проблеми. В наш час більшість промислових підприємств потребують відновлення, що пов'язане не тільки з терміном їх довговічності, а й з удосконаленням виробництва, підвищенням його техніко-економічного рівня та якості продукції, поліпшенням умов експлуатації, якості послуг, зміною основних техніко-економічних показників (кількість продукції, потужність, функціональне призначення, геометричні розміри). Відновлення істотно відрізняється від нового будівництва і має свої особливості в проектуванні, розробці технологічного процесу будівництва, специфіки виконання будівельно-монтажних робіт, що пов'язано зі стисненістю будівельного майданчика, необхідністю поетапного виконання робіт на різних ділянках, поєднанням виробничої діяльності підприємства з виконанням будівельно-монтажних робіт, розбиранням в окремих випадках старих інженерних мереж або їх частин. В свою чергу будівельні технології постійно розвиваються, тому удосконалення організаційно-технологічних рішень відновлення інженерних мереж діючих підприємств є актуальною.

Аналіз досліджень та публікацій. В рамках поставленої проблеми було проведено аналіз дослідницьких О. І. Валового, Р. Б. Тяна [6], В. І. Олексіна, О. А. Гусакова, В. І. Доненка та оціночних дійсних методів, що забезпечують прийняття ефективних організаційно-технологічних рішень. Встановлено, що одним з найбільш важливих аспектів цієї проблеми є врахування особливостей умов проведення відновлення інженерних мереж діючого підприємства, а також особливостей процесу монтажу трубопроводів технологічного призначення.

Мета роботи – підвищення ефективності відновлення інженерних мереж діючих підприємств за рахунок оптимізації організаційно-технологічних рішень. **Виклад основного матеріалу.** Організація роботи з відновлення інженерних мереж на діючих підприємствах залежить від багатьох факторів, які необхідно ув'язати між собою, для оптимізації процесів підготовки та проведення робіт. При організації реконструкції промислових підприємств необхідно вирішити питання поєднання діяльності підприємства з випуску продукції з проведенням реконструкції по одному з видів сполучення (повне, часткове, без суміщення).

При відновленні інженерних мереж діючих промислових підприємств, коли на обмеженій території діючого підприємства зосереджена велика кількість вантажопідійомних та інших будівельних машин, обладнання, автомобільного транспорту, робітників-будівельників, підпорядкованих різним організаціям, необхідно забезпечити відповідні заходи з охорони праці.

Для оптимізації організаційно-технологічних рішень при виконанні робіт з відновлення інженерних мереж, можна виділити основні фактори, які необхідно враховувати:

- особливості виробництва підприємства і умови послідовності відновлення;
- вибір технології прокладки інженерних мереж;
- підвищення шкідливі і пожежо-, вибухонебезпечні чинники;
- насиченість зони реконструкції чинним технологічним обладнанням та інженерними мережами;

– щільність забудови території (зовнішню скрутність) і наявність перешкод у внутрішньо об'єктному просторі (внутрішню скрутність);

– інженерно-геологічні особливості.

Щоб обгрунтовано вибрати найбільш доцільний для заданих умов метод виробництва (наприклад, монтаж будівельних конструкцій), необхідно вивчити наступні питання:

– організація будівельного процесу

(вибір напрямку монтажу, послідовність установки, ступінь укрупнення, доставка конструкцій);

– спосіб виконання робіт (вибір комплекту машин і механізмів, здійснюють безпосередньо монтажний процес);

– прийоми і засоби здійснення окремих операцій (оснащення і захват, підйом і облаштування окремих конструкцій на опори, вивірка й тимчасове закріплення);

– управління будівельним процесом.

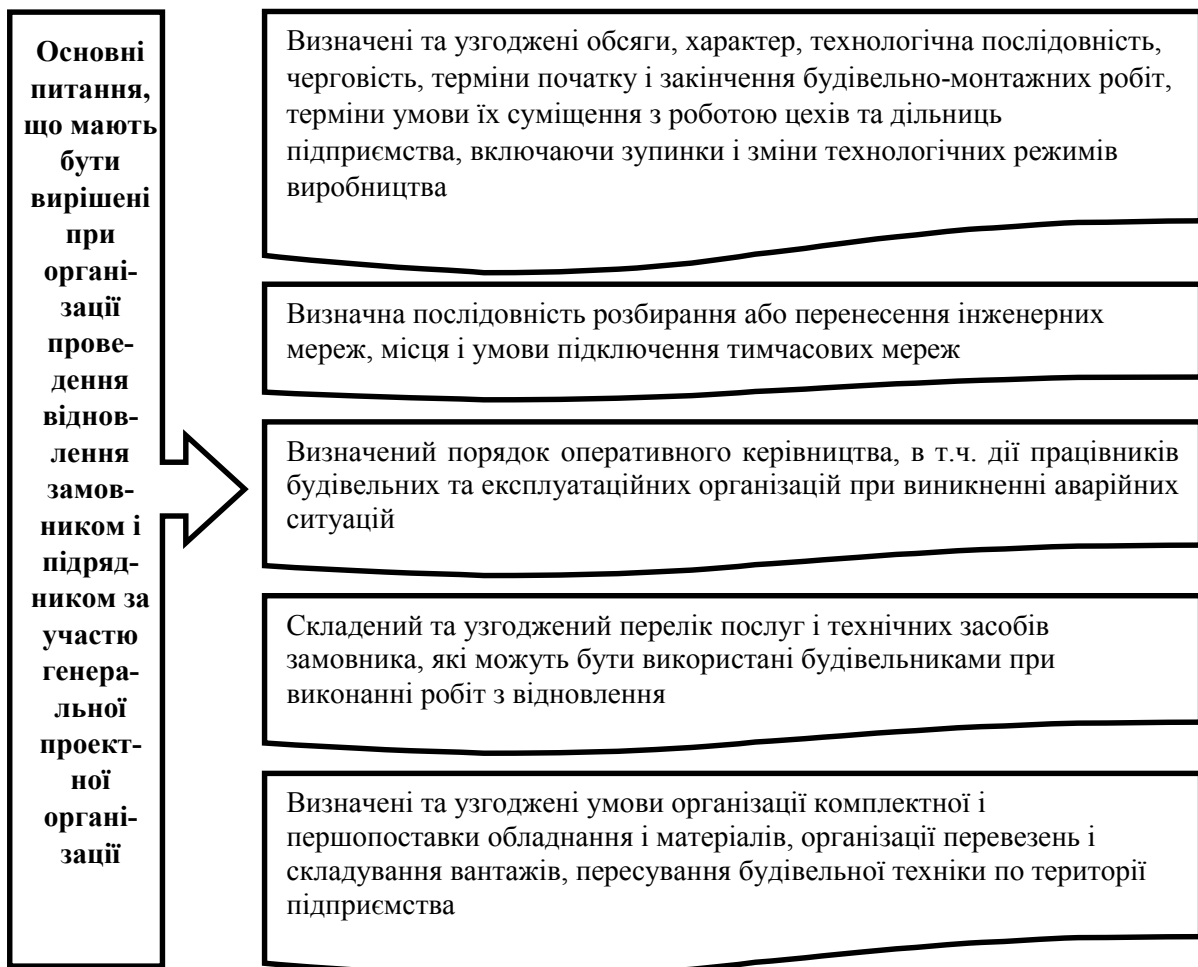


Рис. 1. Основні питання, що мають бути вирішені при організації проведення відновлення замовником і підрядником за участю генеральної проектної організації /

Fig. 1. The main issues to be solved in the organization of the restoration by the customer and the contractor with the participation of the general project organization

Оптимізація організаційно-технологічних рішень при виконанні робіт з відновлення інженерних мереж діючого промислового підприємства також залежить від врахування особливостей монтажу трубопроводів різного призначення.

Технологічні трубопроводи. Необхідно враховувати, що з усіх трубопроводів на промисловому підприємстві більше 30 % складають технологічні, що використовуються для переміщення рідин, газів і сипких матеріалів, і складаються з окремих відрізків труб, з'єднаних за допомогою

арматури або зварюванням, із встановленими вимірювальними приладами, автоматикою, ізоляційними матеріалами. Залежно від призначення і матеріалу виготовлення труб виконують підбір відповідних елементів запірної арматури, кранів, прокладок.

Ці трубопроводи забезпечують технологічний процес, транспортуючи речовини як споживачам в якості сировини або напівфабрикатів, так і від них, представляючи собою готову продукцію, відходи виробництва. Трубопроводи використовуються для транспортування токсичних, шкідливих для здоров'я, пожежогата вибухонебезпечних речовин, а також рідин і пара, що мають високу температуру. Способи монтажу для різних технологічних трубопроводів можуть відрізнятися, на що впливає ряд факторів. Матеріал виготовлення трубопроводів може бути різним, але рішення, застосовувати чорні або кольорові метали, пластмаси або скло, залежить від яку переносять середовища і її температури, тиску та інших показників. У промислових цехах монтаж трубопроводів може займати більше 50 % від усіх виконуваних монтажних робіт. Ускладнює укладання труб необхідність працювати з тунелями, лотками, естакадами. Роботи можуть проводитися у вузьких і незручних місцях цехів або на великій висоті під відкритим небом. Номенклатура застосовуваних для монтажу трубопроводів деталей і вузлів відрізняється різноманітністю розмірів і конструкцій.

Монтаж трубопроводів цеху. Трубопроводи, як правило, необхідно укладати в місцях, доступних для огляду, ремонту і обслуговування. Особливо важливо виконувати цю вимогу при прокладці трубопроводів, які транспортують легкозастиваючі продукти і хімічно активні середовища. Прокладаються по стінах трубопроводи не повинні перетинати віконні та дверні прорізи. Прокладка більшості трубопроводів ведеться в умовах обмеженого простору, на різній висоті в багатоповерхових будинках і на відкритих майданчиках, естакадах, в лотках, тунелях.

Внутрішньоцехові технологічні трубопроводи відрізняються великою кількістю застосовуваних типорозмірів, деталей трубопроводів, запірно-регулюючої арматури, засобів кріплення.

Міжцехові трубопроводи. Міжцехові трубопроводи відрізняються від внутрішньоцехових наявністю довгих прямолінійних ділянок при значно меншій питомій витраті деталей трубопроводів, арматури і кріплень. За способом прокладки міжцехових трубопроводів поділяються на надземні і підземні. Надземні трубопроводи прокладають на естакадах і стійках. Підземні трубопроводи прокладають в прохідних каналах, напівпрохідних і непрохідних каналах, в лотках і без каналів.

Трубопроводи відводу диму. Для відводу диму від технологічного обладнання використовують димові промислові труби: цегляні, металеві, залізобетонні, до них дим передається по газопроводах.

Можливе використання одностовольної конструкції, коли для викиду газу використовується одна труба, або багатостовольної. Висота стовбурів часто становить кілька десятків метрів. Конструкція піддається зовнішнім навантаженням від вітру, перепадів температур, атмосферних опадів, одночасно відчуючи вплив нагрітих газів. Труба повинна бути досить міцною, стійкою до корозії, газонепроникною. Використання при виготовленні склопластику підвищує надійність і спрощує виготовлення і монтаж димарів.

Матеріал трубопроводів витримує високі температури відпрацьованих газів, часто перевищують 300 °С. Втрати тепла зменшуються завдяки застосуванню теплоізоляції, параметри якої при зовнішній прокладці труб вибираються відповідно до технологічного процесу і міркуваннями техніки безпеки.

Для внутрішніх мереж при температурі вище 45 °С ізоляція газопроводів обов'язкова.

Для трубопроводів застосовуються матеріали, що не виділяють шкідливих речовин і відповідають санітарним нормам.

Відводять газопроводи для технологічного обладнання забезпечують використання утворилися газів для обігріву, освіти пара, при виробництві електроенергії, для виробничих потреб. Вони також вирішують екологічні питання.

Висновки. Удосконалення організаційно-технологічних рішень відновлення інженерних мереж діючих промислових підприємств має на меті вибір варіанту, при якому з урахуванням місцевих умов забезпечується максимальне скорочення термінів виконання робіт при ефективному використанні матеріально-технічних ресурсів. Аналіз особливостей відновлення інженерних мереж діючих промислових

підприємств показав, що однією з першочергових завдань проектування раціональної технології і організації виробництва будівельно-монтажних робіт є вибір методу їх виконання. Під вибором методу виробництва робіт мається на увазі розробка і розгляд всіляких його варіантів, а також вибір і обґрунтування найбільш раціонального (оптимального) з них для заданих конкретних умов виробництва. Надалі планується розробити методіку обґрунтування та вибору параметрів при формуванні раціональних рішень відновлення інженерних систем діючих промислових підприємств.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Большаков В. И. Управление организацией с помощью проектов / В. И. Большаков, А. И. Белоконь, Д. Л. Левчинский. – Днепропетровск : ПГАСА, 2006. – 123 с.
2. Валовий О. І. Ефективні методи реконструкції промислових будівель та інженерних споруд / О. І. Валовий. – Кривий Ріг : Мінерал, 2003. – 270 с.
3. ДБН А.3.1-5-2016. Організація будівельного виробництва. – Київ : Мінбуд України, 2016 – 66 с.
4. Доненко В. І. Щодо оновлення методики визначення ефективності використання методів механізації в будівельному виробництві / В. І. Доненко, О. С. Іщенко, М. В. Кулік // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – Київ : КНУБА, 2016. – Вип. 34. – С. 151–161.
5. Гусаков А. А. Организационно-технологическая надежность строительного производства : монография / [А. А. Гусаков]. – Москва : Стройиздат, 1974. – 252 с.
6. Организационно-технологическая и экономическая надежность в строительстве : монография / [В. Р. Млодецкий, Р. Б. Тян, В. В. Попова, А. А. Мартыш]. – Днепропетровск : Наука и образование, 2013. – 193 с.

REFERENCES

1. Bolshakov V.I., Belokon'A.I. and Levchinskyi D.L. *Upravlenie organizaciej s pomoshh'yu proektov* [The organization management through projects]. Dnipropetrovsk : PSACEA, 2006, 123 p. (in Russian).
2. Valovyi O.I. *Efektivni metody rekonstruktсии promyslovykh budivel ta inzhenernykh sporud* [Effective methods of reconstruction of industrial buildings and engineering structures]. Kryvyi Rih : Mineral, 2003, 270 p. (in Ukrainian).
3. DBN A.3.1-5:2016 *Organizatsiia budivelnogo vyrobnytstva* [State building codes Ukraine DBN A.3.1-5:2016. Organization of construction production]. Kyiv : Minregion Ukraine Publ., 2016, 46 p. (in Ukrainian).
4. Donenko V.I. *Shchodo onovlennia metodyky vyznachennia efektyvnosti vykorystannia metodiv mekhanizatsii v budivelnomu vyrobnytstvi* [About updating the methodology for determining the efficiency of the use of mechanization methods in construction production] *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn* [Ways to increase the efficiency of construction in the conditions of formation of market relations]. Kyiv : KNUCEA Publ., 2016, vol. 34. pp. 151–161. (in Ukrainian).
5. Gusakov A.A., Ginzberg A.V., Veremeenko S.A., Monfred Yu.B., Prykin B.V. and Yarovenko S.M. *Organizacionno-tekhnologicheskaya nadezhnost' stroitel'stva* [Organizational-technological reliability of construction]. Moscow : SVR–Argus Publ., 1994, 472 p. (in Russian).
6. Mlodetskiy V.R., Tyan R.B., Popova V.V. and Martysh O.O. *Organizatsionno-tekhnologicheskaya i ekonomicheskaya nadezhnost' v stroitel'stve* [Organizational technological and economic reliability in construction]. Dnipropetrovsk : Science and Education Publ., 2013, 193 p. (in Russian).

Надійшла до редакції: 21.09.2019 р.

УДК 624.012.3:620.179.16

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.50.522

ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ УЛЬТРАЗВУКУ ПІД ЧАС ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СТІЙОК ЕСТАКАД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

КОЛОХОВ В. В.^{1*}, к. т. н, доц.,
СОПІЛЬНЯК А. М.², к. т. н, доц.,
СМИРНОВ А. С.³, наук. співроб.

^{1*} Кафедра технологій будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-76, e-mail: kolokhovdnepr@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8223-1483

² Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sopilniak.artem@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-3067-0529

³ Лабораторія дослідження атомних та теплових електростанцій, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: a.smyrnoff@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2500-2323

Анотація. Постановка проблеми. Визначення фізико-механічних характеристик матеріалу конструкцій із застосуванням неруйнівних методів – основа визначення технічного стану будівель та споруд. Діючі нормативні документи чітко не вказують напрям орієнтації приладу ультразвукового контролю під час проведення вимірів, що впливає на достовірність застосованих методів визначення властивостей матеріалу в експлуатованих конструкціях. **Мета дослідження.** Оцінити вплив орієнтації приладу ультразвукового контролю під час проведення визначення фізико-механічних характеристик у конструкціях, які експлуатуються, та можливість удосконалення цієї методики. **Методика.** Порівняння проведених вимірів за допомогою ультразвукових приладів в аналогічних зонах типових конструкцій, виготовлених за типовими технологіями, що працюють під однаковими навантаженнями, та статистична обробка отриманих результатів (із візуалізацією) проведені з використанням програмного комплексу EXEL. **Результати.** Дослідження підтвердили необхідність урахування орієнтації приладу ультразвукового контролю для оцінювання міцності бетону за допомогою тарувальних залежностей. Показано, що неможливо всі типові конструкції відносити до однієї генеральної сукупності. Для визначення фізико-механічних характеристик матеріалу конструкцій необхідно для кожної конструкції коригувати тарувальну залежність для використання ультразвукових приладів. Модернізація методу дозволить застосовувати його для діагностики стану конструкцій. **Висновки.** Під час вимірювань підтверджено вплив на результати визначення швидкості ультразвуку: напрямку, в якому розташовано ультразвуковий прилад вимірювання, параметрів технології виробництва та умов експлуатації. Для підвищення точності визначення фізико-механічних характеристик за допомогою методу ультразвукового контролю необхідне врахування вказаних впливів.

Ключові слова: фізико-механічні характеристики; неруйнівний контроль; ультразвук

ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ УЛЬТРАЗВУКА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТОЕК ЭСТАКАД ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

КОЛОХОВ В. В.^{1*}, к. т. н, доц.,
СОПИЛЬНЯК А. М.², к. т. н, доц.,
СМИРНОВ А. С.³, науч. сотр.

^{1*} Кафедра технологий строительных материалов, изделий и конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днiпро, Украина, тел. +38 (056) 756-33-76, e-mail: kolokhovdnepr@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8223-1483

² Кафедра железобетонных и каменных конструкций, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днiпро, Украина, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sopilniak.artem@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-3067-0529

³ Лаборатория исследования атомных и тепловых электростанций, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днiпро, Украина, тел. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: a.smyrnoff@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2500-2323

Аннотация. Постановка проблемы. Определение физико-механических характеристик материала конструкций с применением неразрушающих методов является основой определения технического состояния зданий и сооружений. Действующие нормативные документы четко не определяют направление ориентации

прибора ультразвукового контролю при проведенні измерений, що сказується на достовірності використовуваних методів визначення властивостей матеріала в експлуатуємих конструкціях. **Цель исследования.** Оценить влияние ориентации прибора ультразвукового контроля при проведении определения физико-механических характеристик в эксплуатируемых конструкциях и возможность усовершенствования этой методики. **Методика.** Сравнение проведенных измерений с помощью ультразвуковых приборов в аналогичных зонах типовых конструкций, изготовленных по типовым технологиям, работающих под одинаковыми нагрузками, и статистическая обработка полученных результатов (с визуализацией) проведены с использованием программного комплекса EXEL. **Результаты.** Исследования подтвердили необходимость учета ориентации прибора ультразвукового контроля для оценки прочности бетона с помощью тарировочных зависимостей. Показано, что невозможно все типовые конструкции отнести к одной генеральной совокупности. Для определения физико-механических характеристик материала конструкций необходимо для каждой конструкции корректировать тарировочную зависимость для использования ультразвуковых приборов. Модернизация метода позволит использовать его для диагностики состояния конструкций. **Выводы.** При проведении измерений подтверждено влияние на результаты определения скорости ультразвука: направления, в котором расположен ультразвуковой прибор измерения, параметров технологии производства и условий эксплуатации. Для повышения точности определения физико-механических характеристик с помощью метода ультразвукового контроля необходим учет указанных воздействий.

Ключевые слова: физико-механические характеристики; неразрушающий контроль; ультразвук

MEASUREMENT OF THE SPEED OF ULTRASOUND DETERMINING THE TECHNICAL CONDITION OF STANDS OF COLUMNES OF ESTACADES OF TECHNOLOGICAL PIPELINES

KOLOKHOV V.V.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,
SOPILNIAK A.M.², *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,
SMYRNOV A.S.³, *Researcher*

^{1*} Department of Technology of Building Materials, Products and Structures, State Higher Educational Institution «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-76, e-mail: kolokhovdnepr@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8223-1483

² Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, State Higher Educational Institution «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: sopilniak.artem@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-3067-0529

³ Nuclear and thermal power plants researching laboratory, State Higher Educational Institution «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-02-98, e-mail: a.smyrnoff@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2500-2323

Abstract. Problem formulation. Determination of the physical and mechanical characteristics of the material of structures using non-destructive methods is the basis for determining the technical condition of buildings and structures. The current regulatory documents do not clearly determine the orientation of the ultrasonic monitoring device during measurements, which affect the reliability of the methods used to determine the properties of the material in the used structures. **Purpose.** To evaluate the effects of the orientation of device of ultrasound control during the determination of physical-mechanical characteristics in used structures and the possibility to improve these methods. **The technique.** Comparison of the performed measurements using ultrasonic devices in similar zones of typical structures, manufactured according to typical technologies operating under the same load and statistical processing of the obtained results (with visualization) was carried out using the software EXEL. **The presentation material.** During the process of performing tests, the results of visual ultrasound were tested: the ultrasound device was installed in a certain way, the parameters of the technology and operating technology are clear. For greater accuracy, the visualization of physical and mechanical characteristics for the additional method of ultrasonic control, it is necessary to consider in the case of inflows. **Conclusions.** During the measurements, the influence on the results of determination of the speed of ultrasound was confirmed: the direction in which the ultrasonic measuring device, the parameters of the production technology and the operating conditions are located. To improve the accuracy of determining the physical and mechanical characteristics using the method of ultrasonic control, it is necessary to take into account these effects.

Keywords: physical-mechanical characteristics; non-destructive control; ultrasonic

Вступ. Визначення технічного стану будівель та споруд проводиться на підставі ДСТУ-Н Б В.1.2-18.2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану» [1]. Оцінка технічного стану зазвичай

потребує виконання перевірочних розрахунків. У разі незмінності навантажень можливо визначити стан конструкції, підтвердивши, зокрема, незмінність ФМХ матеріалів, що її складають. Як показано в [2], існує суттєва розбіжність між

проектними значеннями ФМХ матеріалу конструкцій та її реальними властивостями. Зазвичай властивості бетону конструкцій визначають за допомогою ультразвукових приладів. Їх застосування нормується ДСТУ Б В.2.7-226:2009 [3]. Необхідні для виконання перевірочних розрахунків значення фізико-механічних характеристик (ФМХ) матеріалу отримують як результат застосування тарувальних залежностей. Попередні дослідження, проведені в лабораторних умовах [4–6], підтвердили вплив на результати визначення швидкості ультразвуку в бетоні: напружено-деформованого стану (НДС); напряму розташування приладу та зусилля притиснення приладу до бетону.

Окрім цього, на точність тарувальних залежностей впливають також умови проведення вимірів під час їх побудови [7]. Вищевказані фактори недостатньо чітко регламентовані в нормах [2], що знижує достовірність результатів застосування цього методу. Імовірно, виходячи з аналогічних міркувань сучасні закордонні

дослідники застосовують ультразвуковий метод переважно для дефектоскопії конструкцій [8–12]. Для підвищення точності визначення ФМХ матеріалів конструкції необхідно отримати додаткові дані для аналізу та вдосконалення ультразвукового методу визначення властивостей бетону в конструкціях, що експлуатуються.

Мета дослідження – отримати дані, щодо впливу параметрів орієнтації приладу вимірювання на результати визначення ФМХ в експлуатованих конструкціях та можливість удосконалення цієї методики.

Виклад матеріалу. Експерименти проведено під час визначення технічного стану стійок естакад технологічних трубопроводів. Обстежено три естакади з різним навантаженням. Для кожної естакади використано свій тип стійок. Загальний вид стійок усіх типів наведено на рисунку 1. Схеми стійок, навантаження на них та розташування зони вимірів наведено на рисунку 2.



a



б(б)



в(с)

Рис. 1. Загальний вигляд стійок естакад технологічних трубопроводів: а – тип 1, б – тип 2; в – тип 3 /
Fig. 1. General view of columns of technological pipelines: a – type 1, b – type 2; c – type 3

виміри проводили на бічній поверхні стійки, що орієнтована перпендикулярно осі естакади. Зони контролю розташовано на рівні 1,4...1,7 м від поверхні землі. В кожній зоні проведено по чотири серії

вимірювань. Схема проведення вимірів у зоні контролю наведено на рисунку 3. Виміри проводились із застосування приладу «Пульсар 1.1» (рис. 4), який дозволяє визначати швидкість

ультразвукових коливань (УЗК) на підставі вимірювання часу поширення на постійній базі. База вимірювання під час

дослідження складала 120 мм. Прилад реалізує поверхневе прозвучування з так званим «сухим контактом».

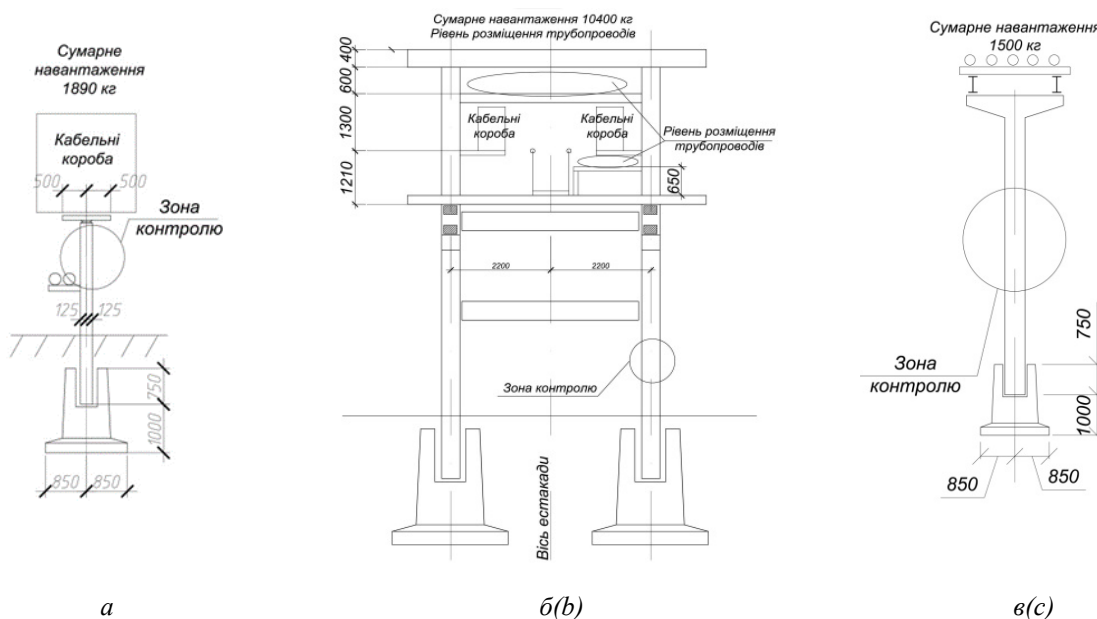


Рис. 2. Схема стійок естакад технологічних трубопроводів: а – тип 1, б – тип 2; в – тип 3 / Fig. 2. General view of columns of technological pipelines: a – type 1, b – type 2; c – type 3

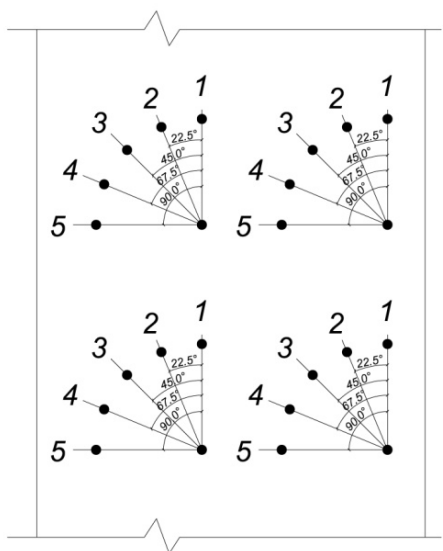


Рис. 3. Схема проведення вимірів у зоні контролю: 1, 2, 3, 4, 5 – напрямки розташування приладу / Fig. 3. Scheme of measurements in the control area: 1, 2, 3, 4, 5 – directions of the device



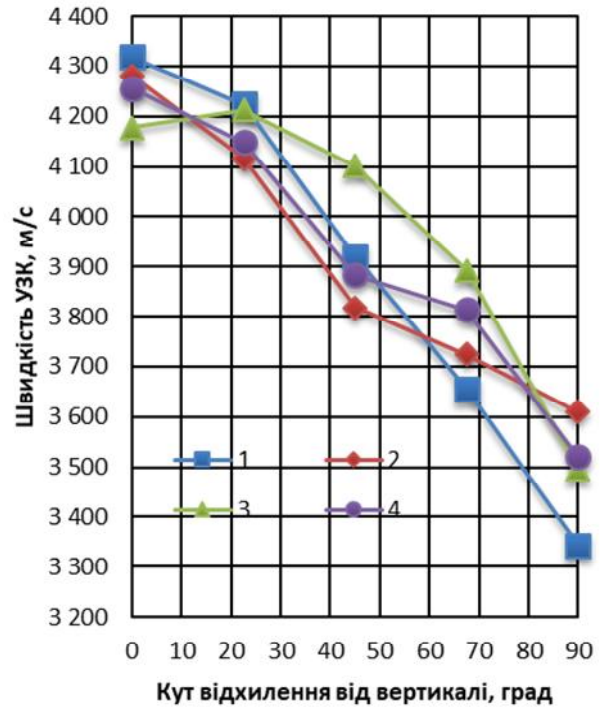
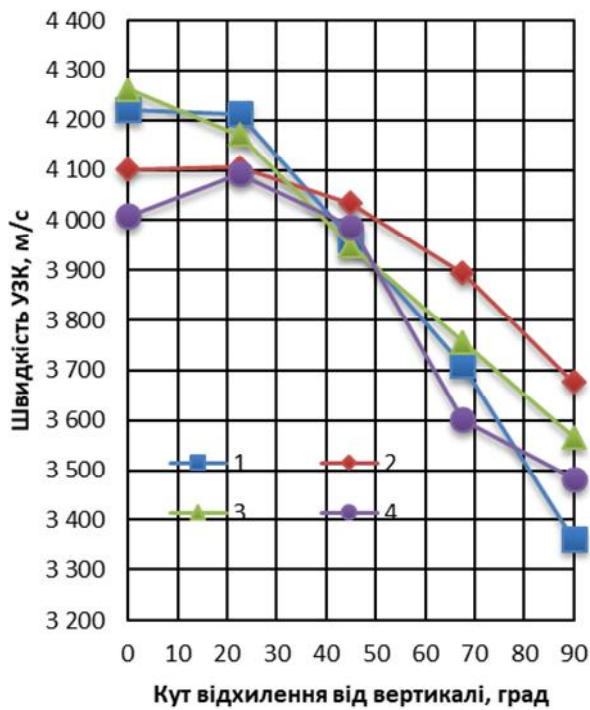
Рис. 4. Проведення вимірів із використанням ультразвукового приладу «Пульсар 1.1» / Fig. 4. Measurement using a Pulsar 1.1 ultrasonic device

Визначення проводилось для трьох стійок кожної естакади. Під час роботи прилад розміщували у вертикальній площині, проводили вимір, результат фіксували, прилад повертали на наперед заданий кут (22,5°) і процедуру

повторювали ще чотири рази. Результати визначення швидкості УЗК для стійок естакад технологічних трубопроводів № 1, № 2 та № 3 показано у вигляді графіків на рисунках 5–7 відповідно. На рисунках наведено результати лише по двох стійках.

Якісно залежності «швидкість УЗК – кут відхилення від вертикалі приладу» для

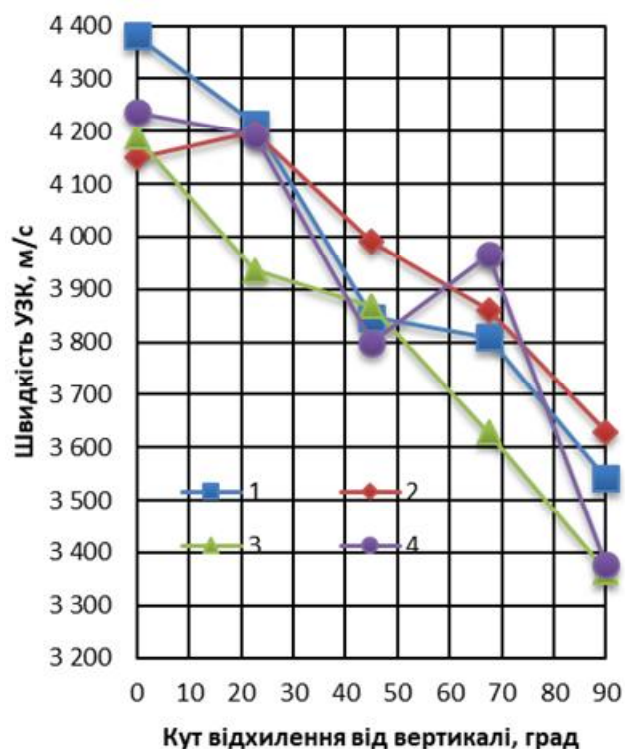
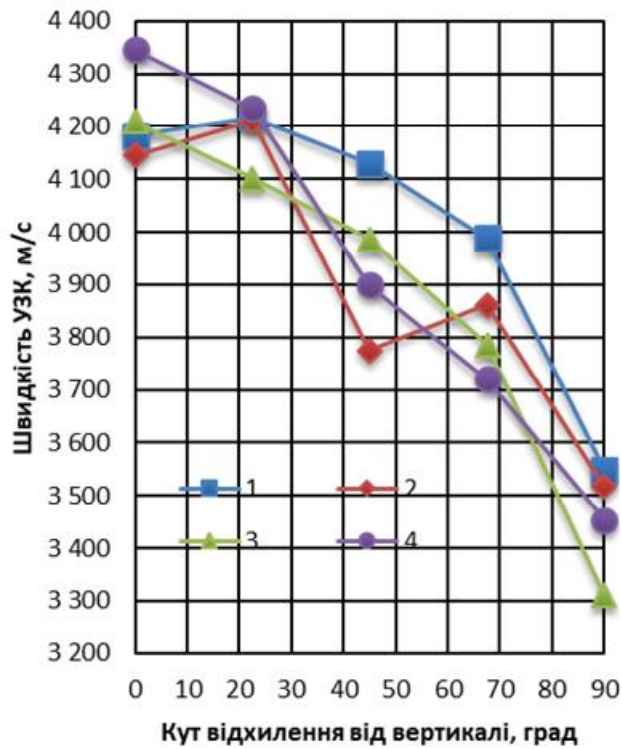
третьої стійки не відрізняються від наведених на графіках.



а

б (b)

Рис. 5. Залежність «швидкість УЗК – кут відхилення від вертикалі приладу» для стійок естакади № 1: а – стійка № 1; б – стійка № 2 / Fig. 5. Dependence "UZK speed – angle of deviation from the vertical of the device" for columns of trestle no. 1: а – column no. 1; б – column no. 2



а

б (b)

Рис. 6. Залежність «швидкість УЗК – кут відхилення від вертикалі приладу» для стійок естакади № 2: а – стійка № 1; б – стійка № 2 / Fig. 6. Dependence "UZK speed – angle of deviation from the vertical of the device" for columns of trestle no. 2: а – column no. 1; б – column no. 2

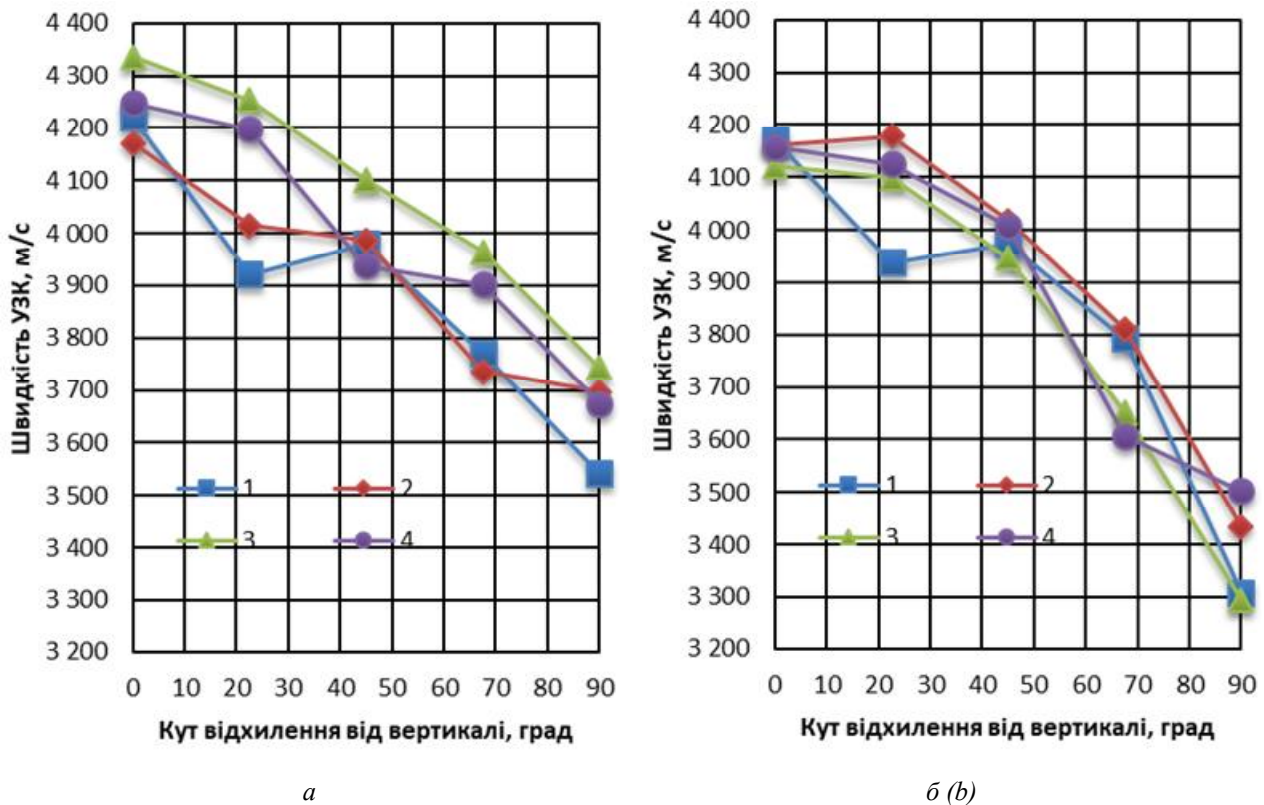


Рис. 7. Залежність «швидкість УЗК – кут відхилення від вертикалі приладу» для стійок естакади № 3: а – стійка № 1; б – стійка № 2 / Fig. 7. Dependence "UZK speed - angle of deviation from the vertical of the device" for columns of trestle No 3: а – column no. 1; б – column no. 2

Аналіз результатів вимірів дозволяє стверджувати, що для всіх типів стійок швидкість УЗК змінюється доволі плавно. Якщо прилад для вимірювання УЗК розташовано вертикально, швидкість УЗК перебуває в інтервалі 4 400...4 000 м/с. У разі горизонтального розташування приладу швидкість УЗК складає 3 700...3 300 м/с.

Якщо розглядати результати вимірювань окремо для кожної стійки, то всі результати знаходяться в межах довірчих інтервалів. Коефіцієнт варіації не перевищує 5%. Поєднавши результати вимірів по всіх стійках одного типу, отримаємо більшу частину результатів за межами довірчого інтервалу, за знов таки невисокого коефіцієнта варіації. Тобто, незважаючи на однакові проектні показники конструкцій, однакові параметри технології її виготовлення та практично ідентичні умови експлуатації, неможливо всі стійки естакади відносити до однієї генеральної сукупності. Таким чином, для визначення ФМХ матеріалу конструкцій необхідно для кожної

стійки коригувати тарувальну залежність для використання УЗК приладів.

Необхідно також звернути увагу на окремі відхилення від плавного перебігу залежності. Вірогідно такі відхилення пов'язані з наявністю дефектів структури в межах зони впливу на результати вимірювань. Отож вимірювання УЗК дозволяє виявляти дефекти структури конструкції. Порівнюючи отриману інформацію з попередніми результатами, можна визначити вплив дефектів на технічний стан конструкції, що дозволяє додати ультразвуковий метод за певною модернізацією до системи оцінювання технічного стану конструкцій [13; 14].

Висновки. У процесі проведенні вимірювань підтверджено вплив на результати визначення швидкості УЗК: напрямку, в якому розташовано УЗК прилад вимірювання, параметрів технології виробництва та умов експлуатації.

Для підвищення точності визначення ФМХ за допомогою методу УЗК контролю необхідне врахування вказаних впливів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. – Київ : ДП УкрНДНЦ, 2017. – 43 с.
2. Kolokhov V. Structure materialphysic-mechanical characteristics accuracy determination while changing the level of stresses in the structure / Victor Kolokhov, Artem Sopilniak, Grygorii Gasii, Alexander Kolokhov // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – Vol. 7. – № 4.8. – Pp. 74–78.
3. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності : ДСТУ Б В.2.7-226:2009. [Чинний від 2010-09-01]. – Київ : ДП Укразбудінформ, 2010. – 27 с. (Національний стандарт України).
4. Колохов В. В. Вплив рівня напруги на швидкість розповсюдження ультразвукових коливань у бетоні конструкцій / В. В. Колохов, Ю. О. Кожанов, Д. М. Зезюков // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2019. – № 1. – С. 49–57.
5. Колохов В. В. Зміна часу поширення ультразвукових коливань у бетоні за зміни умов проведення вимірювань / В. В. Колохов, О. В. Колохов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2019. – № 2. – С. 95–104.
6. Колохов В. В. Деякі аспекти вимірювання часу поширення ультразвукових коливань у бетоні / В. В. Колохов, О. В. Колохов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2019. – № 3. – С. 58–65.
7. Shishkin A. Effect of the iron-containing filler on the strength of concrete / A. Shishkin, N. Netesa, V. Scherba // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Vol. 5/6, no. 89. – 2017. – Pp. 11–16. – Режим доступу : <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.109977>
8. Mori K. A new non-contacting non-destructive testing method for defect detection in concrete / K. Mori, A. Spagnoli, Y. Murakami, G. Kondo, I. Torigoe // NDT and E International. – 2002. – Vol. 35, iss. 6. – Pp. 399–406.
9. Schabowicz K. Ultrasonic tomography – The latest nondestructive technique for testing concrete members – Description, test methodology, application example / K. Schabowicz // Archives of Civil and Mechanical Engineering. – 2014. – Vol. 14, iss. 2. – Pp. 295–303.
10. Chen Jun. Experimental characterization of granite damage using nonlinear ultrasonic techniques / Jun Chen, Zheng Xu, Yue Yu, Yangping Yao // NDT and E International. Editor-in-chief D. E. Chimenti. – 2014. – Vol. 67. – Pp. 10–16.
11. Hassan A. M. T. Non-destructive testing of ultra high performance fibre reinforced concrete (UHPFRC): A feasibility study for using ultrasonic and resonant frequency testing techniques / A. M. T. Hassan, S. W. Jones // Construction and Building Materials. – 2012. – Vol. 35. – Pp. 361–367.
12. Ari Hoda. Assessing sensitivity of impact echo and ultrasonic surface waves methods for nondestructive evaluation of concrete structures / Hoda Ari, Soheil Nazarian, Deren Yuan // Construction and Building Materials. – 2014. – Vol. 71. – Pp. 384–391.
13. Колохов В. В. Формализация процедуры определения физико-механических свойств бетона и её аппаратное обеспечение / В. В. Колохов // Строительство, материаловедение, машиностроение. – Вып. 69. – 2013. – С. 231–236.
14. Колохов В. В. Некоторые аспекты применения методов неразрушающего контроля свойств бетона / В. В. Колохов // Theoretical foundations of civil engineering. Polish-Ukrainian Transactions (conference). – Warsaw, 2012. – Vol. 20. – С. 443–448.

REFERENCES

1. DSTU-N B V.1.2-18:2016. *Nastanova shchodo obstezhennya budivel' i sporud dlya vyznachennya ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu* [Guidelines for inspection of buildings and structures to determine and evaluate their technical condition]. Kyiv : SE UkrSRNC, 2017, 43 p. (in Ukrainian).
2. Kolokhov Victor, Sopilniak Artem, Gasii Grygorii, Kolokhov Olexander. Structure materialphysic-mechanical characteristics accuracy determination while changing the level of stresses in the structure. International Journal of Engineering & Technology. 2018, vol. 7, no. 4.8, pp. 74–78.
3. DSTU B V.2.7-226:2009. *Betoni. Ul'trazvukovij metod viznachennya micnosti* [Concrets. Ultrasonic method for determining strength]. Effective from 2010-09-01. Kyiv : DP Ukrarabudininform, 2010, 27 p. (National Standard of Ukraine). (in Ukrainian).
4. Kolokhov V.V, Kozhanov Yu.O and Zeziukov D.M. *Influence of stress level in concrete constructions at ultrasound speed* [Changing the time of ultrasonic oscillation propagation in concrete for changing conditions of measurement]. *Visnyk Prydniprovskoyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of PSACEA]. 2019, no. 1, pp. 49–57. (in Ukrainian).
5. Kolokhov V.V and Kolokhov O.V. *Zmina chasu poshyrennya ul'trazvukovykh kolyvan' u betoni za zminy umov provedennya vymiryuvan'* [Changing the time of ultrasonic oscillation propagation in concrete for changing conditions of measurement]. *Visnyk Prydniprovskoyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of PSACEA]. 2019, no. 2, pp. 95–104. (in Ukrainian).

6. Kolokhov V.V. and Kolokhov O.V. *Deyaki aspekty vymiryuvannya chasu poshyrennya ul'trazvukovykh kolyvan' u betoni* [Some aspects of measuring the time of propagation of ultrasonic vibrations in concrete]. *Visnyk Prydniprovskoyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva ta arkhitektury* [Bulletin of PSACEA]. 2019, no. 3, pp. 58–65. (in Ukrainian).
7. Shishkin A., Netesa N., and Scherba V. Effect of the iron-containing filler on the strength of concrete. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 5/6, no. 89, 2017, pp. 11–16.
8. Mori K., Spagnoli A., Murakami Y., Kondo G. and Torigoe I. A new non-contacting non-destructive testing method for defect detection in concrete. *NDT and E International*. 2002, vol. 35, iss. 6, pp. 399–406.
9. Schabowicz K. Ultrasonic tomography – The latest nondestructive technique for testing concrete members – Description, test methodology, application example. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 2014, vol. 14, iss. 2, pp. 295–303.
10. Chen Jun, Zheng Xu, Yue Yu and Yangping Yao. Experimental characterization of granite damage using nonlinear ultrasonic techniques. *NDT and E International*. Editor-in-chief D.E. Chimenti. 2014, vol. 67, pp. 10–16.
11. Hassan A.M.T. and Jones S.W. Non-destructive testing of ultra high performance fibre reinforced concrete (UHPFRC). A feasibility study for using ultrasonic and resonant frequency testing techniques. *Construction and Building Materials*. 2012, vol. 35, pp. 361–367.
12. Ari Hoda, Nazarian Soheil and Yuan Deren. Assessing sensitivity of impact echo and ultrasonic surface waves methods for nondestructive evaluation of concrete structures. *Construction and Building Materials*. 2014, vol. 71, pp. 384–391.
13. Kolokhov V.V. *Formalizatsiya procedury opredeleniya fiziko-mekhanicheskikh svoystv betona i ee apparaturnoe obespechenie* [Formalization of the procedure for determining the physico-mechanical properties of concrete and its hardware]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Construction, Materials Science, Engineering]. Vol. 69, Dnipropetrovsk : PSACEA, 2013, pp. 231–236. (in Russian).
14. Kolokhov V.V. *Nekotorye aspekty primeneniya metodov nerazrushayushchego kontrolya svoystv betona* [Some aspects of the application of methods for non-destructive testing of concrete properties]. *Theoretical Foundations of Civil Engineering*. Polish–Ukrainian Transactions (conference). Warsaw, 2012, vol. 20, pp. 443–448. (in Russian).

Надійшла до редакції 13.10.2019 р.

УДК 624.155:624.042:69.058

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.58.523

РАСЧЕТНЫЕ СХЕМЫ ДЕФОРМИРОВАННОГО МАССИВА ГРУНТА ПРИ ПЕРЕДАЧЕ НА МАССИВ ВНЕШНИХ И ВНУТРЕННИХ СИЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

МОТОРНИЙ А. Н.¹, *маг., ст. науч. сотр.,*

МОТОРНИЙ Н. А.^{2*}, *к. т. н., доц.*

¹ 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

^{2*} 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

Аннотация. Выполнен анализ существующих законов распределения напряжений в массиве грунта от внешних и внутренних силовых воздействий. Показано, что имеющиеся классические решения напряженно-деформированного состояния упругого полупространства от влияния на него внешних и внутренних воздействий применить в расчётной практике без дополнительных допущений (уход от ∞) невозможно. В связи с этим нами предложен способ определения напряженно-деформированного состояния (упругого полупространства) массива грунта от внешних и внутренних воздействий, передаваемых через ограниченную в плане площадь, что дает возможность определять напряженное состояние (упругого полупространства) массива грунта применительно к реальным значениям, уходя от ∞ без очередных допущений. Определение деформаций оснований фундаментов основывалось на решении одномерной задачи уплотнения грунтового массива ограниченной толщины, предложенной проф. Н. М. Герсевановым. В нормативных документах, утвержденных Госстроем СССР (СНиП), предлагаются две расчетные схемы, по которым определялись осадки оснований и фундаментов: 1. Линейно-деформируемое упругое полупространство с условным ограничением сжимаемой толщи (способ элементарного суммирования). 2. Расчетная схема в виде линейно-деформированного слоя (для большеразмерных в плане фундаментов $b \geq 10$ м). Для решения этой проблемы нами предложен способ определения мощности сжимаемой толщи из расчета, что грунтовый массив начнёт проявлять деформационные свойства (деформироваться), если давление на грунт (σ) будет превышать расчётное сопротивление грунтового массива, то есть выполняется условие равновесия $\sigma \geq R$. На этой основе показано, что подземные сооружения, выполняемые способом «опускного колодца» и «стена в грунте», не проявляют осадок оснований.

Ключевые слова: *расчетные схемы оснований; мощность сжимаемой толщи; «опускной колодец»; «стена в грунте»; условие равновесия*

РОЗРАХУНКОВІ СХЕМИ ДЕФОРМОВАНОГО МАСИВУ ГРУНТУ ЗА ПЕРЕДАЧІ НА МАСИВ ЗОВНІШНІХ І ВНУТРІШНІХ СИЛОВИХ ВПЛИВІВ

МОТОРНИЙ А. М.¹, *маг., ст. наук. співроб.,*

МОТОРНИЙ М. А.^{2*}, *к. т. н., доц.*

¹ 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

^{2*} 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

Анотація. Виконано аналіз існуючих законів розподілу напружень у масиві ґрунту від зовнішніх і внутрішніх силових впливів. Показано, що наявні класичні рішення напружено-деформованого стану пружного півпростору від впливу на нього зовнішніх і внутрішніх впливів застосувати в розрахунковій практиці без додаткових припущень (відхід від ∞) неможливо. У зв'язку з цим ми запропонували спосіб визначення напружено-деформованого стану (пружного півпростору) масиву ґрунту від зовнішніх і внутрішніх впливів, які передаються через обмежену в плані площу, що дає можливість визначати напружений стан (пружного півпростору) масиву ґрунту стосовно реальних значень, відходячи від ∞ без чергових припущень. Визначення деформацій основ фундаментів ґрунтувалося на розв'язання одновимірної задачі ущільнення грунтового масиву обмеженої товщини, запропонованої проф. Н. М. Герсевановим. У нормативних документах, затверджених Держбудом СРСР (СНіП), пропонуються дві розрахункові схеми, за якими визначалися осадки основ і

фундаментів: 1. Лінійно-деформований пружний півпростір з умовним обмеженням стиснутої товщини (спосіб елементарного підсумовування). 2. Розрахункова схема у вигляді лінійно-деформованого шару (для великорозмірних у плані фундаментів $b \geq 10$ м). Для вирішення цієї проблеми ми запропонували спосіб визначення потужності стиснутої зони з розрахунку, що ґрунтовий масив почне проявляти деформаційні властивості (деформуватися), якщо тиск на ґрунт (σ) буде перевищувати розрахунковий опір ґрунтового масиву, тобто виконує умову рівноваги $\sigma \geq R$. На цій основі показано, що підземні споруди, які виконуються способом «опускного колодезя» і «стіна в ґрунті», не проявляють осідання основ.

Ключові слова: розрахункові схеми основ; потужність стиснутої зони; «опускний колодезь»; «стіна в ґрунті»; умова рівноваги

CALCULATED DIAGRAMS OF A DEFORMED SOIL MASS AT TRANSFER OF EXTERNAL AND INTERNAL POWER INFLUENCES TO ARRAY

MOTORNYI A.M.¹, *Master, Sen. Res. Ass.*,
MOTORNYI M.A.^{2*}, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*

¹ Department of bases and foundations, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 756-33-43, e-mail: A.motorchik@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473.

^{2*} Department of bases and foundations, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 756-33-43, e-mail: A.motorchik@i.ua

Abstract. The analysis of the existing laws of stress distribution in the soil from external and internal force effects. It is shown that the existing classical solution of the stress-strain state of an elastic half-space from exposure to external and internal influences to use in calculations without additional assumptions. In this regard, we propose a method of determining the stress-strain state (elastic half-space) of the soil from external and internal influences transmitted via limited in terms of the area that gives the opportunity to determine the state of stress (elastic half-space) of the soil with regard to real values, going from ∞ no regular assumptions. Determination of deformations of foundation was based on the solution of one-dimensional problem of compacting of the soil mass limited to the thickness proposed by prof. M. Gersevanov. In the normative documents, approved by the USSR state Committee for construction (SNiP) there are two calculation schemes, which were determined by precipitation of the bases and foundations: 1. Linear deformable elastic half-space with a conditional limitation of the compressible strata (elementary method of summation) and the calculated scheme in the form of linear-deformed layer (for major in terms of the bases $b \geq 10$ m). To solve this problem, we proposed a method for determining the capacity of the compressible strata with the assumption that soil mass will start to show deformation properties (deformation) when the ground pressure (σ) will exceed the calculated resistance of the soil mass, that is, performs the equilibrium condition $\sigma \geq R$. On this basis it is shown that underground structures are carried out by way of "trap hole" and "wall in the ground", do not show the residue grounds.

Keywords: design scheme of the grounds; the capacity of the compressible strata "caisson", "wall in the ground", condition of equilibrium

Введение. Нам известны из общих курсов «Механики грунтов» законы распределения напряжений в массиве грунта от передачи на массив силовых воздействий. Решение Кирпичёва – Буссинеска – действие сосредоточенной силы P на упругое полупространство, решение Лява – Короткина – действие равномерно распределенной нагрузки q на упругие поверхности упругого полупространства, решение Р. Миндлина – распределение напряжений в массиве грунта от сосредоточенной нагрузки, приложенной внутри упругого полупространства –

классическое решение применительно к сваям.

Нами показано, что решение Кирпичёва – Буссинеска, решение Р. Миндлина представляют классические решения, которые применить на практике практически невозможно (нельзя уйти от ∞), необходимы допущения, дополнительно усложняющие решения с совсем нерешенными условностями.

Нами предложен метод решения напряженно-деформированного состояния массива грунта от приложенных нагрузок, передаваемых на упругое полупространство

через ограниченную в плане площадь, что дает реальные результаты, которые приемлемы при решении деформаций оснований фундаментов мелкого заложения, деформаций оснований свайных фундаментов и отдельных подземных сооружений (опускных колодцев, «стена в грунте», кессоны и др.).

Из общего курса «Механики грунтов» нам известно решение проф. Н. М. Герсеванова (одномерная задача теории уплотнения грунтов; основная задача – осадка слоя грунта от сплошной нагрузки). На основе решения Н. М. Герсеванова разработаны и применены в расчётах деформаций оснований – осадки оснований – различные методы: элементарного суммирования, упругого слоя, конечной толщины, которые с отдельными допущениями удовлетворяли проектировщиков и строителей в целом.

Проанализируем один из самых применяемых способов расчета осадок оснований фундаментов, узаконенный нормативными документами Госстроя СССР (а по этим нормативным документам построены практически все здания и сооружения послевоенного восстановительного периода и нового строительства, и как ниудивительно, все эксплуатируются по сегодняшний день). И даже временные сооружения, сопутствующие большемасштабным строительным объектам, и те проэксплуатировались более 50 лет – способ элементарного суммирования:

$$S = \beta \sum \frac{\sigma_{zpi} \cdot h_i}{E_i}, \quad \text{то есть суммируются}$$

осадки элементарных слоев – h_i – толщина которых зависит от геометрических размеров площади подошвы фундамента, передаваемой нагрузки на деформированное основание. В целом «законодатели» пришли к согласию, что глубина сжимаемой толщи (г. с. т.) определяется соотношением напряжений $\sigma_{zpi} \leq 0,2 \sigma_{zqi}$ или $\sigma_{zpi} \leq 0,1 \sigma_{zqi}$, в зависимости от модуля деформации грунта E в предполагаемой сжимаемой толщине.

А почему так? Да всё очень просто. Деформации массива грунта от

передаваемых на него напряжений $\sigma_{zpi} \leq 0,2 \sigma_{zqi}$ или $\sigma_{zpi} \leq 0,1 \sigma_{zqi}$ (в зависимости от E_i) будут относительно малыми и ими можно пренебречь. Другого обоснования не поступало! Ну и что? С таким допущением построены 80 % объектов СССР, которые прекрасно эксплуатируются в настоящее время.

Но и в этом, казалось бы, не весьма обоснованном методе есть свои неувязки, связанные с размерами фундаментов в плане. Толщина элементарного слоя принимается $h_i \leq 0,2b$ (b – ширина подошвы фундамента), где h_i при одинаковых напряжениях в элементарном слое σ_{zpi} пропорционально ширине (подошвы фундамента) загруженной площади. Это, по данным расчёта в дальнейшем, при соблюдении оговоренных нами допущений, приводит в конечном счёте к расчётным осадкам, превышающим предельно допустимые, регламентируемые теми же нормативными документами Госстроя СССР.

И тут проф. К. Егоров (НИИ оснований) предлагает метод расчета осадки большеразмерных фундаментов в плане – способ упругого слоя конечной толщины, в котором сжимаемая толща зависит от вида грунта (глинистые или песчаные) и от размеров (фундамента в плане) загруженной площади $H_{ст} = 0,15b + H_0$ для глинистых грунтов и $H_{ст} = 0,1b + H_0$ для песчаных грунтов, а при разных значениях модуля деформации E предлагается его вычислять как приведённый по формуле

$$\bar{E} = \frac{\sum A_i \cdot l \sum A_i}{E_i}.$$

Метод апробировался на отдельных объектах, дал приемлемые результаты и был внедрен в нормативные документы (СНиП 2.02.01-83), и служил «верой и правдой» почти 30 лет, удовлетворяя запросы проектировщиков и эксплуатационников.

Но с распадом СССР каждая новая образовавшаяся страна издает свои нормативные документы (для Украины ДБН В.2.1.10-2009 и обновлённый ДБН В.2.1.10-2018, в которых схема расчета

осадки оснований большеразмерных фундаментов в плане, по схеме линейно-деформируемого слоя (способ проф. К. Егорова) изъята, а здания и сооружения с большеразмерными фундаментами в плане остались. Как теперь быть проектировщикам? Закрывать глаза и рассчитывать осадки оснований большеразмерных фундаментов в плане по той же схеме основания линейно-деформированного слоя. Законодатель «Минрегионбуд» на этот вопрос ответить не может.

По всей видимости, требуется предложить новый способ определения границы сжимаемой толщи и напряженного состояния массива грунта с полным обоснованием предлагаемых методов.

1. Расчетные схемы деформируемого массива грунта от нагрузок, передаваемых на деформированный массив через ограниченную в плане площадь (фундамент).

Согласно действовавшим нормативным документам, утвержденным Госстроем СССР (СНиП II Б.1.62, СНиП II Б.2.62, СНиП II 15.74, СНиП 2.02.101.83 и далее республиканские ДБН В.21.10-2009 и ДБН В.21.10-2018), за основу принимались две расчетные схемы деформированного массива: 1-я схема – линейно-деформированное полупространство (способ элементарного суммирования осадок элементарных слоев с условным ограничением сжимаемой толщи; 2-я расчетная схема основания – в виде линейно-деформированного слоя (вторую расчетную схему основания ДБН отменил применительно к фундаментам с размерами в плане $b \geq 10$ м (большеразмерные фундаменты).

Обе расчетные схемы принимались со своими условными допущениями, которые обеспечивали приемлемую точность расчета в сравнении с полученным расчетом осадок с предельно допустимыми осадками для данного здания или сооружения, также регламентируемыми нормами, утвержденными Госстроем СССР или «Минрегионбуд».

Напряжения, заставляющие массив грунта, расположенный ниже подошвы фундамента, деформироваться, определялись решением задачи распределения напряжений в упругом полупространстве с учётом рассеивания напряжений по глубине, чем и ограничивалась мощность сжимаемой толщи ($\sigma_{zp} \leq 0,2 \sigma_{zq}$ и $\sigma_{zp} \leq 0,1 \sigma_{zq}$).

Нами предлагается расчетная схема деформируемого грунтового массива в виде вертикального столба массива грунта, расположенного непосредственно ниже подошвы фундамента глубиной, определяемой расчётом из условия равного:

$$\sigma_{zpcp} \geq R, \text{ где } \sigma_{zpcp} = \frac{\sum N_i}{A} - \text{среднее давление}$$

непосредственно под подошвой фундамента; R – расчетное сопротивление грунта на предполагаемой глубине d – сжимаемой толщи – определяется и согласно действующим ДБН В.2.1-10-2018:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{K} (Mg \cdot b \cdot \gamma_I \cdot K_z + Mg \cdot d \cdot \gamma_{II} + M_c \cdot C_{II})$$

по характеристикам грунта, расположенного на уровне предполагаемой границы сжимаемой толщи.

Граница сжимаемой толщи определяется по формуле из расчёта, что деформация основания будет проявляться в том случае, если передаваемое на массив грунта давление превысит расчетное сопротивление грунта, то есть $\sigma \geq R$, и начнет разрушать структурные связи массива грунта, т. е. $\sigma \geq R$. По этому условию равновесия следует:

$$\sigma_{zp} = R; \quad (1)$$

$$\text{где: } \sigma = \frac{\sum N_i}{A},$$

$$\text{а } R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{K} (M_{\gamma} \cdot b \cdot \gamma'_{II} \cdot K_z + M_g \cdot d \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot C_{II})$$

по характеристикам грунта, расположенного на глубине предполагаемой границы сжимаемой толщи. Предварительно (для упрощения расчетов) принимается, что все коэффициенты условия работы:

$$\gamma_{ci} \cdot \gamma_{c1} \cdot K_i = 1, \text{ получим:}$$

$$R = (M_{\gamma} \cdot b \cdot \gamma'_{II} \cdot K_z + M_g \cdot d \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot C_{II}). \quad (2)$$

Приравнявая $\sigma_{zpo} = R$, получаем мощность снимаемой толщи будет равняться d' :

$$d' = \frac{\sigma_{zpo} - (M_\gamma \cdot b \cdot \gamma_{II} \cdot K_z + M_c \cdot C_{II})}{M_g \cdot \gamma'_{II}}. \quad (3)$$

Здесь d' – мощность сжимаемой толщи; b – ширина подошвы фундамента; $M_\gamma, M_g, M_c = f(\varphi)$ равны:

$$M_\gamma = \frac{0,25\pi}{ctg\varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}}, M_g = 1 + \frac{\pi}{ctg\varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}}, \quad (4)$$

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

C_z – удельное сцепление грунтового массива на границе сжимаемой толщи; σ_{zpo} – дополнительное давление в уровне подошвы фундамента: $\sigma_{zpo} = \sigma_{cp} - \sigma_{zgo}$.

Анализируя результаты расчета глубины сжимаемой толщи по формуле (3), получаем, что г. с. т. напрямую не зависит от ширины подошвы фундамента $= b$, а косвенно даже снижает. Поэтому в данном случае нет надобности разделять фундамента в плане на большеразмерные – $b \geq 10$ м и на $b < 10$ м, не требуется предлагать дополнительную расчетную схему в виде линейно-деформированного слоя.

К примеру: ширина подошвы равна 12 м ($b \geq 10$); $\sigma_{zpo} = 400$ кПа; $\varphi = 22^\circ$; $C = 18$ Мпа;

$$\gamma_{II} = 17,0 \text{ кН/м}^3; \gamma'_{II} = 17,5 \text{ кН/м}^3;$$

$$M_\gamma = 0,43; M_g = 2,73; M_c = 5,31$$

$$d' = \frac{400 - (0,43 \cdot 12 \cdot 17 + 5,31 \cdot 16)}{2,73 \cdot 17,5} = \frac{400 - 171,1}{47,8} = 4,8 \text{ м.}$$

При анализе той же формулы (3),

$$d' = \frac{\sigma_{zpo} - (M_\gamma \cdot b \cdot \gamma_{II} \cdot K_z + M_c \cdot C_{II})}{M_g \cdot \gamma'_{II}}, \quad \text{может}$$

получиться, что $d' = 0$. Ведь мощность сжимаемой толщи d' мы определяли из расчета, что на предполагаемой глубине d' прочностные характеристики деформируемого слоя достаточно высоки и расчетное

сопротивление грунта $R = f(M_\gamma, M_g, M_c)$ будет значительно большим, таким, что действующее дополнительное давление σ_{zpo} не сможет заставить массив грунта, расположенный ниже подошвы фундамента, перемещаться (деформироваться).

Это соответствует (в способе элементарного суммирования), когда подошва фундамента заглублена в грунт на глубину h , при которой ($\sigma_{zpo} = \sigma_{cp} - \sigma_{zgo}$) дополнительное давление равняется $\sigma_{zp} = 0$, т. е. $\sigma_{cp} = \sigma_{zgo}$. Тогда говорят: «теоретически» фундамента под здание запроектированы с нулевой осадкой ($S = 0$). Подобные приемы в проектной практике применялись при проектировании объектов, в которых размещались рабочие помещения для сборки высокоточного (прецизионного) оборудования.

Способы расчета осадки. Имея вычисленную по формуле (3) мощность сжимаемой толщи d' , используя решение проф. Н. М. Герсеванова для слоя грунта при сплошной нагрузке $P = \sigma_{zpo} = \sigma_{cp} - \sigma_{zgo}$ в пределах сжимаемой толщи – d' при соблюдении условий, что ниже г. с. т. грунт несжимаемый, для однородного грунтового массива осадку можно и следует определять по формуле $\left[S = h \cdot \frac{a \cdot p}{1 + e} \right]$ или, применительно к нашим обозначениям, получим:

$$S = d' \cdot \frac{a \cdot p}{1 + e}, \quad (5)$$

где d' – мощность однородной сжимаемой толщи, м; a – коэффициент сжимаемости, $\text{см}^2/\text{кг}$ (принимается по данным изысканий); e – коэффициент пористости на ветви компрессионной кривой (по данным изысканий).

Учитывая, что $E_o = \frac{\beta(1+e)}{a}$, а $\beta = 1 - \frac{2\mu^2}{1-\mu}$, (где μ – коэффициент Пуассона, принимается по изысканиям), получим:

$$S = \frac{d' P \beta}{E_o}. \quad (6)$$

Для неоднородного грунтового массива в пределах сжимаемой толщи, равной d' , сжимаемую толщу (d' разделяют на элементарные слои с) одинаковыми значениями модуля деформации E_0 и осадка грунтового массива в пределах сжимаемой толщи, равной d' , определится по формуле:

$$S' = \frac{Pd'_1\beta_1}{E_1} + \frac{Pd'_2\beta_2}{E_2} + \frac{Pd'_3\beta_3}{E_3} + \dots = P \sum \frac{d'_i\beta_i}{E_i}. \quad (7)$$

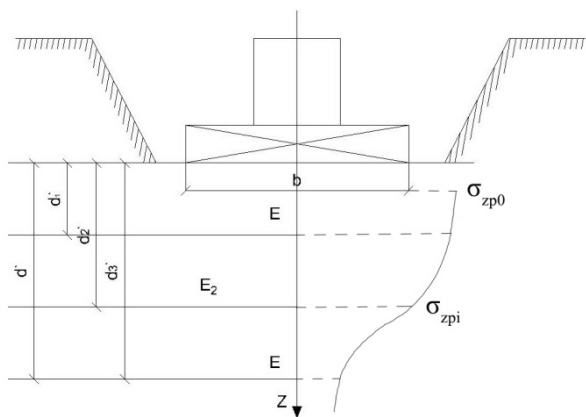


Рис. 1. Схема распределения давления под подошвой фундамента / Fig. 1. Pressure distribution pattern under the base of the foundation

Возникает резонный вопрос: следует ли в этом случае учитывать возможное рассеивание напряжений по глубине? Если следует, то на границе каждого отличающегося по деформационным показателям слоя в пределах сжимающей толщи по E_i определяется давление σ_{zpi} с учетом глубины расположения «элементарного» слоя.

Расчет ведется в следующей последовательности, при заданной толщине отдельного геологического слоя:

1. Вычисляется коэффициент глубины – ξ_i

$$\xi_i = \frac{2Z}{b}; \quad \xi_1 = \frac{2d'_1}{b}; \quad \xi_2 = \frac{2d'_2}{b}; \quad \xi_3 = \frac{2d'_3}{b}.$$

2. В зависимости от формы фундамента в плане (круглый, квадратный, прямоугольный, ленточный), по вычисленному коэффициенту ξ_i , по таблице определяют коэффициент рассеивания давления – α_i .

3. По определенным (по таблице) коэффициентам α_i на границе каждого геологического слоя вычисляется дополнительное сжимающее давление σ_{zpi} , по которому вычисляются осадки каждого геологического слоя по формуле:

$$S = \beta \frac{\sum \sigma_{zpi} \cdot d_i}{E_i}; \quad S = \frac{\sigma_{zpi} \cdot d_i}{E_i} \text{ и суммарная осадка: } S = S_1 + S_2 + S_3 + \dots \sum S_i.$$

2. Определение деформаций оснований подземных инженерных сооружений.

I. Исходные данные:

А. Тип сооружений – опускной колодец;
 - глубина опускания – $H_k = 25$ м;
 - форма в плане – круглый, диаметр $D = 30$ м;
 - материал стен – железобетон $\gamma = 25$ кН/м³;
 - толщина наружных стен $b = 1800$ мм = 1,8 м, класс бетона В-30.

Б. Изыскания выполнены государственной изыскательской организацией «ДнепроГИИНТИЗ»;
 - глубина опробования грунтовой толщи $H' = 30,0$ м ниже дна колодца;
 - уровень подземных вод УПВ – 20,0 м от поверхности.

В. Нагрузки:

- вес конструкций колодца

$$Q_r = \pi \cdot D \cdot H \cdot \delta \cdot \gamma = 2 \cdot D \cdot H_k \cdot \delta \cdot \gamma = \\ = 3,14 \cdot 30 \cdot 3 \cdot 25 \cdot 0,100 \cdot 25 = \\ = 2 \cdot 30 \cdot 25 \cdot 100 \cdot 25 = \\ = 3 \, 5325 + 2 \, 2500 = 5 \, 8875 \text{ кН};$$

- вес днища колодца

$$Q_{qn} = \frac{\pi \cdot D}{4} \cdot \delta \cdot \gamma = \frac{3,14 \cdot 30^2}{4} \cdot 1,5 \cdot 25 = 2 \, 6493 \text{ кН};$$

- вес технологического оборудования

$$Q_{об} = 20 \, 000 \text{ кН};$$

- подъёмная сила подземных вод (ПСГВ)

$$Q_{вз} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot 5 \cdot 9,82 = 6 \, 988 \text{ кН}.$$

Силы трения грунта на боковой поверхности $R_n = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H_k \cdot f = 23 \, 550 \text{ кН}.$

$$Q_3 = Q_k + Q_{qn} + Q_{mo} + Q_{nq3} - Q_{e3} - R_f =$$

$$= 57\,825 + 26\,493 + 3\,000 + 45\,000 -$$

$$- 6\,952 - 23\,530 = 128\,830 \text{ кН}.$$

Вес наземной части $Q_{нч} = 45\,000 \text{ кН}$.

Общая нагрузка на грунтовой массив $Q_{\piко} = 128\,830 + 45\,000 = 173\,830 \text{ кН}$.

Среднее давление под подошвой дна колодца $\sigma_{cp} = \frac{173\,830}{706,5} = 246,044 \text{ кПа}$.

Давление от собственного веса грунта в уровне дна колодца:

$$\sigma_{zgo} = \gamma \cdot H_k = 17,0 \cdot 25 = 425 \text{ кПа}.$$

Дополнительное давление σ_{zpo} под подошвой дна:

$$\sigma_{zр} = \sigma_{cp} - \sigma_{zgo} = 246,044 - 425 = -173,8 \text{ кПа},$$

что обеспечивает резерв несущей способности опускного колодца.

Отсюда следует, что осадка опускного колодца при заданных параметрах (по исходным данным) отсутствует. Это дополнительно подтверждается величиной сжимаемой толщи, определяемой по формуле:

$$d' = \frac{\sigma_{zpo} - (M_\gamma \cdot b \cdot \gamma'_{II} \cdot K_z + M_c \cdot C_{II})}{M_g \cdot \gamma'_{II}} =$$

$$= \frac{108,13 - (267,75 + 5,66 \cdot 15)}{53,55} = -\frac{144,35}{53,55} = -2,7.$$

Это указывает, что мощность сжимаемой толщи отсутствует (величина отрицательная), осадка основания под плитой дна колодца отсутствует.

В случае подъема уровня подземных вод давление под подошвой дна колодца будет повышаться за счет снижения давления от собственного веса массива грунта с учетом взвешенного состояния массива грунта водой.

И при полном обводнении σ_{zpo} возрастает, γ'_{II} - взвешивается и снижается $\gamma'_{II} = 17,5 - 9,82 \approx 7,7 \text{ кН/м}^3$; $\sigma_{cp} = 208,5 \text{ кПа}$ давление от собственного веса грунта в уровне дна

$$\sigma_{zgo} = \gamma_{e3} \cdot H_k = 7,7 \cdot 25 = 192,5 \text{ кПа}.$$

Но теперь общая нагрузка на грунтовой массив, расположенный ниже дна, с учетом подъемной силы воды $Q_{нод} = A \cdot h \cdot \gamma = 706,5 \cdot 25 \cdot 9,82 = 173\,975,6 \text{ кПа}$ и дополнительное давление равно:

$$\sigma_{zpo} = \sigma_{cp} - \sigma_{zgo} = 51\,825 + 26\,493 + 30\,000 - 173\,975 =$$

$$= -65\,657 \text{ кПа} \text{ и т. д.}$$

Поэтому при проектировании подобных подземных сооружений «проектировщик» обязан учесть: вес конструкций колодца и технологического оборудования, вес надстройки, силы трения грунта на боковой поверхности сооружений, подъемную силу воды при изменении гидрогеологических условий и выполнить расчет сооружения на экстремальные сочетания нагрузок.

3. Объект № 2. «Стена в грунте».

II. Исходные данные:

- Тип сооружения – подземная гараж-стоянка, выполняемая способом «стена в грунте».

- Высота сооружения = 18,00 м = 6 этажей, высота этажа $h_{эт} = 3,0 \text{ м}$.

- Наружные стены – монолитный железобетон, толщина стены $\delta = 600 \text{ мм} = 0,6 \text{ м}$.

- Междуэтажные перекрытия – монолитное железобетонное кессонное перекрытие толщиной $\delta = 150 \text{ мм}$, шаг балок 3,0 м, высотой $h_i = 450 \text{ мм}$, шириной $b' = 250 \text{ мм}$, собственный вес перекрытия $g = 4,0 \text{ кН/м}^2$.

- Полезная нагрузка от автотранспорта $q_r = 3 \text{ кН/м}^2$.

- В плане здания разделено диафрагмами толщиной, равной 400 мм.

- Сопряжение диафрагм с наружными стенами – жесткое.

- Сопряжение междуэтажного перекрытия с диафрагмами и наружными стенами – жесткое.

- Шаг диафрагмы $6,0 \times 6,0 \text{ м}$.

- Собственный вес наружной стены $q_H = b' \cdot f \cdot \gamma = 0,6 \cdot 18 \cdot 25 = 270 \text{ кН/м}^2$.

- Собственный вес внутренних диафрагм $q_H = b \cdot h \cdot \gamma = 0,5 \cdot 18 \cdot 25 = 225 \text{ кН/м}^2$.

- Над гаражом-стоянкой располагаются складские помещения с суммарной нагрузкой $q_i = 480 \text{ кН} / \text{м}^2$.

- Суммарные нагрузки на наружные стены составляют:

$$\sum P_i = P_{cm} + P_{мер} + P_k = 270 + (4+3) \cdot 6 \cdot 3,0 + 48 \cdot 3 = 540 \text{ кН} / \text{м}^2.$$

- Суммарная нагрузка на диафрагмы составляет:

$$\sum P_i = P_g + P_{мер} + P_{ни} = 225 + (4+3) \cdot 6 \cdot 6 + 48 \cdot 6 = 969 \text{ кН} / \text{м}^2.$$

- Среднее давление под наружными стенами $Q_{cp} = \frac{540}{9,6} = 900 \text{ кПа}$.

- Среднее давление под диафрагмами $\sigma_{срд} = \frac{969}{0,5} = 1928 \text{ кПа}$.

- Дополнительное давление

$$\sigma_{до} = \sigma_{доп} = 18 \cdot 17,5 = 315.$$

Учитывая, что все узлы сопряжения наружных стен, междуэтажных перекрытий и внутренних диафрагм жёсткие, здание гаража-стоянки работает как единое целое, перераспределяя нагрузку через плиту первого этажа на грунтовой массив, дополнительно учитывая нагрузку от наружных стен $q = \frac{P}{b} = \frac{270}{3,0} = 90 \text{ кПа}$

внутренних диафрагм $q = \frac{P}{b} = \frac{225}{6,0} = 37,5 \text{ кПа}$,

прибавляя к данной нагрузке нагрузку от перекрытий

$q = (3+4) \cdot 6 \cdot 6 = 252 \text{ кПа}$ и $q = 48 \text{ кН} / \text{м}^2$ от надстройки.

Суммарная нагрузка на грунтовой массив будет равна:

$$q_{\Sigma} = q_{cm} + q_{пер} + q_{надстр} = 90 + 37,5 + 48 + 252 = 427,5 \text{ кПа}.$$

Сжимаемая толща определяется по формуле (3):

$$d' = \frac{427,5 - (0,51 \cdot 18 \cdot 17,5 + 5,66 \cdot 1,5)}{3,06 \cdot 17,5} = \frac{427,5 - (160,65 + 84)}{53,55} = \frac{230,25}{53,55} = 4,3 \text{ м}.$$

Принимая за основу допущения, заложенные проф. Н. М. Герсевановым,

осадку основания гаража-стоянки определяем по формуле:

$$S = \frac{d' \cdot \sigma_{доп}}{E_0} = \frac{4,3 \cdot 427,5}{10\,000} = 0,18 \text{ м} = 18 \text{ см},$$

где E_0 – модуль деформации массива грунта (по изысканиям $E_0 = 10 \text{ МПа}$). Далее, сопоставляя сжимаемую толщу, полученную расчетом = d' , с сжимаемой толщиной, принимаемой по решениям проф. К. Егорова (по расчетной схеме напряженно-деформированного слоя $H = (H_0 + \psi \cdot b) = 9 + 0,15 \cdot 18$ при ширине фундаментной плиты $b \geq 18 \text{ м}$, $H = 9 + 2,7 = 11,7 \text{ м}$), убеждаемся, что предложенный вариант определения сжимаемой толщи по формуле упрощает расчет осадок большемерных фундаментов и не требует изобретать новые расчетные схемы.

Выводы. За 50 послевоенных лет, включая период восстановления разрушенного войной народного хозяйства западных районов СССР, начиная от западной границы СССР (Белоруссия, Литва, Латвия, Эстония, Украина, Молдавия и районов Российской Федерации, включая правобережную часть Поволжья до Северного Кавказа), власти потребовали от людей, искалеченных войной и оставшихся в живых, в тяжелейших голодных и холодных условиях приложить львиные усилия, чтобы за первую послевоенную пятилетку (1945–1950 гг.) восстановить разрушенные войной здания и сооружения, сдать их в эксплуатацию.

Экономика СССР заработала в силу возможного. Для нового строительства Госстрой СССР и его центральные институты разрабатывали новые технические условия, СНиПы, в том числе специалисты НИИ оснований им. Н. М. Герсеванова по разделу «Основания и фундаменты», в которых принимались расчетные схемы: линейно-деформированное полупространство и для большемерных фундаментов $b \geq 10 \text{ м}$ – линейно-деформированного слоя. Обе расчетные схемы отслужили «верой и

правдой» как проектировщикам, так и эксплуатационникам.

Но когда ДБН В.2.1-10-2009 – В.2.1-10-2018 в своих изданиях отменили расчетную схему линейно-деформируемого слоя (для большеразмерных в плане фундаментов), проектировщики стали перед проблемой: а как быть с большеразмерными ($b \geq 10$ м) в плане фундаментами? Ведь Минрегионбуд взамен ничего не смог предложить, а проектные организации «втихаря»

продолжали при проектировании большеразмерных фундаментов несанкционированно использовать расчетную схему линейно-деформированного слоя.

Предлагаемый в статье способ определения мощности сжимаемой толщи d решает эту проблему как для бывшей расчетной схемы линейно-деформируемого слоя, так и для расчетной схемы линейно-деформируемого полупространства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СНиП II-15-74. Нормы проектирования. Основания зданий и сооружений. – Москва : Стройиздат, 1975. – 64 с.
2. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений Нормы проектирования / НИИОСП им. Н. М. Герсеванова Госстроя СССР. – Москва : Стройиздат, 1985 г. – 40 с.
3. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – Київ : Мінірегіонбуд України, 2009. – 157 с.
4. ДБН В.2.1-10-2018. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – Київ : Мінірегіонбуд України, 2017. – 164 с.
5. Голубков В. Н. О методике расчета осадки оснований : в книге «Основания, фундаменты и механика грунтов» / В. Н. Голубков // Труды 3-го Всесоюзного совещания. – Киев : Будівельник, 1971. – С. 205–208.
6. Клепиков С. Н. Анализ совместной работы фундаментной плиты и верхнего строения здания / С. Н. Клепиков, Г. М. Бобрицкий // Труды к 8-му международному конгрессу по механике грунтов и фундаментостроению. – Москва : Стройиздат, 1973. – С. 84–96.
7. Корн Г. К. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Определения, теоремы, формулы / Г. К. Корн, Т. К. Корн // Под общей ред. Н. Г. Арамановича. – Москва : Наука, 1973. – 831 с.
8. Луга А. А. Осадки свайных фундаментов, работающих в условиях кустового эффекта : в книге «Исследование несущей способности оснований и фундаментов» / А. А. Луга. – Москва : Трансиздат, 1965. – С. 41–51.
9. 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.
10. Моторный А. Н. Напряженно-деформированное основание свайных фундаментов на лессовых просадочных при замачивании просадочной толщи снизу-вверх (подтопление территории) / А. Н. Моторный, Н. А. Моторный // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2014. – № 2. – С. 20–29.
11. Моторный А. Н. Современные представления несущей способности забивных свай (по результатам погружения и работе свай в грунте) / А. Н. Моторный, Н. А. Моторный // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2014. – № 8. – С. 32–42.
12. Наблюдение и исследование зданий и сооружений. Отчет 2023/74 (Гос. регистр. № 70050433). Рук.: А. Г. Битайнис, научн. рук.: Ю. В. Россихин. – Рига : РПИ, 1974. – 100 с.
13. Россихин Ю. В. Осадки строящихся сооружений / Ю. В. Россихин, А. Г. Битайнис // Под общ. ред. А. М. Скудры. – Рига : Зинатые, 1980. – 330 с.
14. Россихин Ю. В. Прогноз развития во времени осадок сооружений в связи с возрастанием нагрузки во времени / Ю. В. Россихин // Известия ВНИИГ. – 1973. – Т. 101. – С. 251–254.
15. Флорин В. А. Основы механики грунтов: в 2 т. Общие зависимости и напряженное состояние оснований сооружений / В. А. Флорин. – Т. 1. – Москва : Стройиздат, 1959. — 357 с.
16. Цытович Н. А. Механика грунтов / Н. А. Цытович. – Москва : Госстройиздат, 1963. – 636 с.

REFERENCES

1. *SNiP II-15-74. Normy proyektirovaniya. Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy* [Design Standards. Foundations of buildings and structures]. Moscow : Stroyizdat, 1975, 64 p. (in Russian).

2. SNiP 2.02.01-83. *Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy Normy proyektirovaniya* [Foundations of buildings and structures Design standards]. NIOSP named after N.M. Gersevanov Gosstroy of the USSR. Moscow : Sroyizdat, 1985, 40 p. (in Russian).
3. *DBN V.2.1-10-2009. Osnovy ta fundamenti sporud. Osnovni polozhennya proektuvannya* [The foundations of this foundation are equipment. The main position of the project]. Kyiv : Minregionbud of Ukraine, 2009, 157 p. (in Ukrainian).
4. *DBN V.2.1-10-2018. Osnovy ta fundamenti sporud. Osnovni polozhennya proektuvannya* [The foundations of this foundation are equipment. The main position of the project]. Kyiv : Minregionbud of Ukraine, 2017, 164 p. (in Ukrainian).
5. Golubkov V.N. *O metodike rascheta osadki osnovaniy v knige Osnovaniya, fundamenti i mekhanika gruntov* [About the method of calculating the settlement of bases in the book Foundations, foundations and soil mechanics]. *Trudy 3-go Vsesoyuznogo soveshchaniya* [Proceedings of the 3rd All-Union Meeting]. Kyiv : Budivel'nik, 1971, pp. 205–208. (in Russian).
6. Klepikov S.N. and Bobritskiy G.M. *Analiz sovместnoy raboty fundamentnoy plity i verkhnego stroyeniya zdaniya* [Analysis of the joint work of the foundation slab and the upper structure of the building]. *Trudy k 8-mu mezhdunarodnomu kongresu po mekhanike gruntov i fundamentostroyeniyu* [Proceedings of the 8th International Congress on Soil Mechanics and Foundation Engineering]. Moscow : Sroyizdat, 1973, pp. 84–96. (in Russian).
7. Korn G.K. and Korn T.K. *Spravochnik po matematike dlya nauchnykh rabotnikov i inzhenerov. Opredeleniya, teoremy, formuly* [Handbook of mathematics for scientists and engineers. Definitions, theorems, formulas]. Moscow : Nauka, 1973, 831 p. (in Russian).
8. Luga A.A. *Osadki svaynykh fundamentov, rabotayushchikh v usloviyakh kustovogo effekta : v knige "Issledovaniye nesushchey sposobnosti osnovaniy i fundamentov"* [Precipitation of pile foundations working under the bush effect : in the book "Study of the bearing capacity of foundations and foundations"]. Moscow : Transizdat, 1965, pp. 41–51. (in Russian).
9. Motornyy A.M., Bolshakov V.I. and Motornyy M.A. *Napryazhenno-deformirovannoye sostoyaniye odnorodnogo massiva grunta ot nagruzki, peredavayemoy cherez oganichennuyu v plane ploshchad', prilozhennuyu vnutri uprugogo odnorodnogo massiva grunta* [Stress-strain state of a homogeneous soil mass from a load transmitted through an area limited in plan applied inside an elastic homogeneous soil mass]. *Visnik Pridniprovsk'koï derzhavnoï akademii budivnitstva ta arkhitekturi* [Bulletin of Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2017, no. 3, pp. 22–30. (in Russian).
10. Motornyy A.M. and Motornyy M.A. *Napryazhenno-deformirovannoye osnovaniye svaynykh fundamentov na lessovykh prosadochnykh pri zamachivaniï prosadochnoy tolshchi snizu-vverkh (podtopleniye territorii)* [Stress-strain base of pile foundations on loess subsidence when soaking the subsidence from bottom to top (flooding the area)]. *Visnik Pridniprovsk'koï derzhavnoï akademii budivnitstva ta arkhitekturi* [Bulletin of Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2014, no. 2, pp. 20–29. (in Russian).
11. Motornyy A.M. and Motornyy M.A. *Sovremennyye predstavleniya nesushchey sposobnosti zabivnykh svay (po rezul'tatam pogruzheniya i rabote svay v grunte)* [Modern ideas of the bearing capacity of driven piles (based on the results of immersion and work of piles in the ground)]. *Visnik Pridniprovsk'koï derzhavnoï akademii budivnitstva ta arkhitekturi* [Bulletin of Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2014, no. 8, pp. 32–42. (in Russian).
12. *Nablyudeniye i issledovaniye zdaniy i sooruzheniy. Otchet 2023/74 (Gos. registr. № 70050433). Ruk. A. G. Bitaynis, nauchn. ruk. Yu. V. Rossikhin* [Observation and study of buildings and structures. Report 2023/74 (State registration no. 70050433). Leader: A.G. Bitinis, Academic Supervisor: Yu.V. Rossikhin]. Riga : RPI, 1974, 100 p. (in Russian).
13. Rossikhin Yu.V. and Bitinis A.G. *Osadki stroyashchikhsvaya sooruzheniy* [Precipitation of buildings under construction]. Riga : Zinatye, 1980, 330 p. (in Russian).
14. Rossikhin Yu.V. *Prognoz razvitiya vo vremeni osadok sooruzheniy v svyazi s vozrastaniyem nagruzki vo vremeni* [Forecast of the development of sediment structures in time due to an increase in load in time]. *Izvestia VNIIG*, 1973, vol. 101, pp. 251–254. (in Russian).
15. Florin V.A. *Osnovy mekhaniki gruntov : v 2 tomah. Obshchiye zavisimosti i napryazhennoye sostoyaniye osnovaniy sooruzheniy* [Fundamentals of soil mechanics : in 2 vol. General dependencies and stress state of the foundations of structures]. Moscow : Sroyizdat, 1959, vol. 1, 357 p. (in Russian).
16. Tsytoich N.A. *Mekhanika gruntov* [Mechanics of soils]. Moscow : Gosstroyizdat, 1963, 636 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 13.10.2019 г.

УДК: 504.453

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.68.524

ПРОБЛЕМИ БАСЕЙНІВ МАЛИХ РІЧОК

НЕСТЕРОВА О. В.^{1*}, к. т. н., доц.,

ШАРКОВ В. В.², к. т. н., доц.,

ЖУРАВЛЬОВА О. А.³, ст. викл.,

НЕСТЕРОВ Я. С.⁴, маг.

^{1*} Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (097) 290-98-55, e-mail: melenanesterenko@gmail.com, ORCID ID:0000-0003-1035-6572

² Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, e-mail: Shar_kov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8942-3701

³ Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, e-mail: elen.zh2017@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4964-343X

⁴ Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, e-mail: jkiggn97@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0664-6684

Анотація. Постановка проблеми. Проаналізувавши ситуацію щодо малих річок України, автори дійшли висновку, що вони забруднені більше, ніж великі. Це пояснюється не тільки їх малою водністю, а й недостатньою охороною. Проблеми малих річок спричинюють деградацію великих рік. Щороку до водоймищ України потрапляє величезна кількість солей та значна частина стоків тваринницьких комплексів. Значна кількість мінеральних добрив, отрутохімікатів змивається і потрапляє у воду. В басейні Дніпра (найбільшої водної артерії країни) діють Запорізька, Південно-Українська, Хмельницька, Рівненська атомні електростанції. Це додає до складу забруднень ще й радіоактивні. Відомо, що в Дніпро щорічно потрапляє 370 млн м³ забруднених стоків, або 14 % від їх обсягу по країні. Деякі країни Південної Африки, Єгипту вже стикаються або очікують на серйозний дефіцит водопостачання. Згодом Європа теж може виявитись незахищеною від нестачі води чи водного стресу. Водний стрес – це проблема, яка зачіпає мільйони людей у всьому світі, з них понад 100 мільйонів у Європі. Погіршення якісного стану малих річок являє пряму загрозу здоров'ю людини у зв'язку з органолептичними, санітарно-токсикологічними властивостями води та епідеміологічною небезпекою. Існує багато інтегральних оцінок якості водних ресурсів, але проблема полягає в тому, що важко передбачити комбінований вплив забруднень на людину. Наразі, незважаючи на досягнутий прогрес, загальне екологічне здоров'я багатьох водойм Європи залишається невизначеним. **Мета дослідження** – збереження водності малих річок та їх захист від засмічення та забруднення. **Висновок.** Враховуючи важливість існування малих річок для належного функціонування всіх елементів довкілля та законодавчі обмеження щодо здійснення діяльності в межах басейнів малих річок, доцільно об'єднувати зусилля органів влади та місцевого населення для пошуку спільних дієвих рішень щодо охорони малих річок.

Ключові слова: малі річки; підземні води; стічні води; забруднення; побутове сміття

ПРОБЛЕМЫ БАСЕЙНОВ МАЛЫХ РЕК

НЕСТЕРОВА Е. В.^{1*}, к. т. н., доц.,

ШАРКОВ В. В.², к. т. н., доц.,

ЖУРАВЛЕВА Е. А.³, ст. преп.,

НЕСТЕРОВ Я. С.⁴, маг.

^{1*} Кафедра водоснабжения, водоотведения и гидравлики, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38 (097) 290-98-55, email: melenanesterenko@gmail.com, ORCIDID:0000-0003-1035-6572

² Кафедра водоснабжения, водоотведения и гидравлики Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, email: Shar_kov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8942-3701

³ Кафедра водоснабжения, водоотведения и гидравлики, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, email: elen.zh2017@gmail.com, ORCIDID:0000-0003-1035-6572

⁴ Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, email: jkiggn97@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0664-6684

Аннотация. Постановка проблемы. Проанализирован ситуацию относительно малых рек Украины, авторы пришли к выводу, что они загрязнены сильнее, чем большие. Это объясняется не только их малой водностью, но и недостаточной охраной. Проблемы малых рек приводят к деградации крупных. Ежегодно в водоемы Украины попадает огромное количество солей и часть стоков животноводческих комплексов. Значительное количество минеральных удобрений, ядохимикатов смывается и попадает в воду. Действующие атомные электростанции добавляют еще и радиоактивные загрязнения. К тому же существует угроза дефицита воды. В бассейне реки Днепр (крупнейшей водной артерии страны) действуют Запорожская, Южно-Украинская, Хмельницкая, Ривненская атомные электростанции. Это добавляет в состав загрязнений еще и радиоактивные. Известно, что в р. Днепр ежегодно попадает 370 млн м³ загрязненных стоков, или 14 % от их объема по стране. Некоторые страны Южной Африки и Египета уже сталкиваются или ожидают серьезного дефицита водоснабжения. Европа тоже может оказаться незащищенной от нехватки воды или водного стресса. Водный стресс – проблема, которая затрагивает миллионы людей во всем мире, из них более 100 миллионов в Европе. Ухудшение качественного состава малых рек являет прямую угрозу здоровью людей. Существует много интегральных оценок качества водных ресурсов, но проблема заключается в сложности прогнозирования комбинированного влияния различных загрязнений на человека. Сегодня общее экологическое здоровье многих водоемов Европы остается неопределенным. **Цель исследования** – сохранение водности малых рек и их защита от засорения и загрязнения. **Вывод.** Учитывая роль малых рек для надежного функционирования всех элементов окружающей среды и законодательные ограничения на осуществление деятельности в пределах бассейнов малых рек, целесообразно объединять усилия органов власти и населения в поисках совместных и эффективных решений для охраны малых рек.

Ключевые слова: малые реки; подземные воды; сточные воды; загрязнения; бытовой мусор

PROBLEMS OF SMALL RIVER BASINS

NESTEROVA O.V.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,

SHARKOV V.V.², *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,

ZHURAVLIOVA O.A.³, *Assist. Prof.*,

NESTEROV Ya.S.⁴, *Master*

^{1*} Department of water-supply, water-drain and hydraulics, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (097) 290-98-55, e-mail: melenanesterenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1035-6572

² Department of water supply, water-drain and hydraulics, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, email: Shar kov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-8942-3701

³ Department of water supply, water-drain and hydraulics, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, email: elen.zh2017@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4964-343X

⁴ State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, email: jkiggn97@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-0664-6684

Abstract. Problem statement. The analysis of the situation showed that the small rivers of Ukraine are more polluted than the large rivers. This is explained not only by their low water content, but also by the lack of protection. Problems of small rivers lead to degradation of large rivers. Annually, a large amount of salts and a considerable part of the runoff of livestock complexes enter the reservoirs of Ukraine. A considerable amount of mineral fertilizers, poisonous chemicals are washed away and get into the water. There are Zaporizhia, South-Ukrainian, Khmelnytskyi, and Rivne nuclear power plants operating in the Dnieper basin (the country's largest waterway). This adds to the composition of contamination and radioactive. It is known that 370 million m³ of polluted effluents, or 14 % of their volume in the country, fall into the Dnieper annually. In addition, some countries, for example, Cape Town, Cairo, South Africa, Egypt, already face or expect a serious shortage of water supply. Subsequently, Europe may be unprotected from lack of water or water stress. Water stress is a problem that affects millions of people around the world, of which more than 100 million in Europe. Deterioration in the quality of small rivers is a direct threat to human health. There are many integral assessments of the quality of water resources, but the problem is the difficulty in predicting the combined effect of various pollution on humans. **The purpose.** Preserving the water content of small rivers and protecting them from clogging and siltation. Preservation of water content of small rivers and their protection against clogging and siltation. **Conclusions.** Given the importance of the existence of small rivers for the proper functioning of all environmental elements and legislative restrictions on activities within small river basins, it is advisable to combine the efforts of authorities and local people to find joint and effective solutions for the management and protection of small rivers, which are a guarantee and indicators of good environmental conditions.

Keywords: small rivers; groundwater; wastewater; pollution; household waste

Вступ. Невід'ємну частину фонду водних ресурсів становлять малі річки. В Україні понад 22 тис. малих річок, довжина яких понад 100 тис км, 15 тис малих річок впадають у Дніпро. Нажаль переважна більшість малих річок не має назв і не потрапляє на географічні карти. Але 50 % міського та 90 % сільського населення проживає на територіях їх басейнів. Крім того, ці води використовуються для поливу чверті всіх зрошуваних земель нашої країни. У заплавах розташовані рекреації, пасовища. Основне джерело водопостачання промислових, комунальних, сільськогосподарських підприємств – малі річки, які поповнюють свої запаси з підземних вод. Їх використовують для риборозведення, відпочинку людей.

Одне з найкращого на землі – це малі річки з мальовничими берегами. Саме вони дають силу величезній водній артерії, саме від водності малих річок залежить наповнення великих та могутніх. Тому особливе значення має захист від засмічення та забруднення та збереження водності малих річок.

Те, що ми недбало ставимось до малих річок, пов'язане з нерозумінням їх ролі в загальному водному балансі континентальних вод.

Асоціація рибалок України оприлюднила інформацію, що за останні два десятиліття з карти України зникло понад 10 тис малих річок. Роботи з розчищення замулених витоків річок по факту не проводяться, тому вони міліють і пересихають. Проблема посилює те, що останні роки змінюється екологічний стан, спостерігається сильне маловоддя – річки наповнюються тільки на 70 % від норми у через зміну клімату на Землі. Також інтенсивно забудовуються береги водойм.

З екологічного погляду малі річки – це природні об'єкти, які мають низьку стійкість до антропогенного навантаження. Користування малими річками має свої особливості, означені Водним кодексом України, Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» та іншими законодавчими актами.

За програмою розвитку водного господарства відповідно до Закону України «Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року» до першочергових заходів належить відновлення і підтримання сприятливого гідрологічного режиму та екологічного стану малих річок.

На практиці це означає, що кожна сільська, селищна, міська, районна та обласна рада повинні розробляти місцеві програми відновлення малих річок та враховувати специфіку управління малими річками під час проектування планованої діяльності.

Надмірне господарське освоєння водозбірних територій малих річок змінює їх водний режим та гідрографію річкової мережі, спричинює пересихання та зникнення багатьох малих річок. Суттєву проблему становить значне погіршення якості води малих річок внаслідок скидання неочищених або недостатньо очищених стічних вод, побутового сміття, незадовільного господарювання за використання природних ресурсів на водозаборах малих річок, масового порушення водоохоронного режиму. Несприятливі для їх екологічного здоров'я меліоративні роботи в басейнах річок, розробка земель майже до урізу води. Через неправильне ведення робіт починається ерозія ґрунтів, а також змивання їх у річки та утворення ярів.

Замулення річок відбувається за рахунок змитого ґрунту, який закупорює джерела річки перетворюються на струмки, міліють та зникають. Порушення дренажної здатності басейну річки, заболочення, підтоплення або засолення спричинює вирубаня лісів, висушування боліт у верхів'ях річок, організація літніх тваринницьких таборів на берегах. Малі річки характеризуються більшою нерівномірністю стоку, ніж великі, це відбувається протягом року, а також за багаторічний період. За сучасного інтенсивного господарського використання

місцевих водних ресурсів обійтися без регулювання водності малих річок не можливо.

Дослідники О. Г. Васенко, О. В. Рибалова, О. В. Козловська провели оцінювання екологічного стану р. Оскіл [5; 6]. Згідно з їх даними на 2014 р., загальний екологічний індекс за максимальним значенням показників свідчить про погіршення якості води до оцінки «задовільна» за екологічним станом та «слабко забруднена» за ступенем чистоти. Встановлено, що основними лімітуючими показниками, що визначають погіршення якості води, є такі біогенні речовини як фосфати, нітрати, нітроти. Пріоритетними проблемами у плануванні водоохоронної діяльності бачиться не тільки визначення екологічного стану обраного одного об'єкта, а й необхідність враховувати особливості басейну і фактори, які найбільше впливають на формування водної екосистеми. Потрібно досліджувати кліматичні зміни. Проведений у Харківській області аналіз багаторічних спостережень за зміною клімату показав, що з 1992 р. тенденція до підвищення середньої температури повітря існує.

Якщо ці зміни будуть і в подальшому, вони спровокують для водних об'єктів неконтрольовані наслідки, тому що суттєво прямо та опосередковано впливатимуть на такі важливі характеристики як гідрохімічні та гідробіологічні показники, як кількість опадів, витрати води. Стосовно сучасних концепцій управління водними ресурсами особливу увагу приділяють превентивним заходам, а саме визнається необхідність дій зараз, для адаптування до наслідків майбутнього потепління [5; 7; 8].

Оцінюючи інтенсивність деградаційних процесів, які свідчать, що відновлення і підтримка оптимального режиму малих річок басейну р. Оскіл необхідні, це буде досягнуто за умови усунення причин їх деградації та проведення комплексу спеціальних організаційних, агротехнічних, лісомеліоративних й інших відновних водоохоронних заходів згідно з аналізом раціонального та господарського

використання водних ресурсів і земель водозбірної площі [5].

Малі річки, що впадають у р. Дніпро, і мають своїми водами його наповнювати, просто зникають. Як уже згадувалося, з карти України зникло понад 10 тис малих річок. До них скидають різні стоки. Поля наблизилися впритул до водойм і після рясних дощів вся хімія з них потрапляє у воду, де пестициди та інші хімікати випаляють усе живе. І течуть ці отруєні води в Дніпро, де осідають на дні. На даний час мілини займають 30 % Дніпровського басейну, хоча критичною масою вважається 15 %.

О. М. Хоменко досліджує проблему з річкою Золотоношка, це ліва притока Дніпра з довжиною 88 км, площею водозбірної басейну 1 260 км², похилом 0,4 м/км. Береги річки залужені та заліснені. Заплава має ширину 400 м, місцями заболочена. Річище слабкозвивисте, має ширину 5 м. Стік зарегульований ставками. Річка Золотоношка використовується для технічного й сільськогосподарського водопостачання, рибицтва.

В останні роки тут виникла дуже складна екологічна ситуація викликана роботою очисних споруд ВАТ «Веста» м. Золотоноша. Обладнання очисних споруд застаріле, перебуває в аварійному стані, технологія очищення не витримується, внаслідок чого до річки потрапляють недостатньо очищені води.

Золотоніський міськвиконком та ВАТ «Веста» заходи до поліпшення роботи підприємства не вживаються. Стічні води, що потрапляють на очисні споруди (57 %), належать промисловим підприємствам міста. Значно перевищено рівень забрудненості промислових стоків та граничнодопустимі концентрації (ГДК), на вході на очисні споруди це не контролюється. Певні ланки технології очищення стічних вод не працюють. Стічні води, які скидаються в річку, не розбавляються чистою водою відповідно до вимог технології, що спричинює подальше забруднення.

За результатами вимірювань у зворотних (стічних) водах установлено перевищення нормативів ГДК забруднювальних речовин, скидання яких нормується, а саме: зафіксовано перевищення ГДК по хімічному споживанню кисню (ХСК) в 6,6 раза, за вмістом азоту амонійного – в 5,8 раза, вміст фосфат-іонів – у 1,14 раза. У зв'язку з порушенням умов, які стосуються водокористування та охорони вод, рішенням Державного управління охорони навколишнього природного середовища в Черкаській області ВАТ «Веста», було припинено право та анульовано дозвіл на спеціальне водокористування на з травня 2007 року [11].

Велика забрудненість малих річок Боржавського басейну Виноградівського району спричинює загрозу екологічному стану річки Боржава. Це негативно відбивається на довкіллі та викликає екологічні збитки.

Аналізуючи інформацію щодо кольоровості води за шкалою, річок Бельва та Онок, то вони більш забарвлені, у порівнянні із Сальвою, але вміст завислих речовин у цій воді значно менші. Вода річки Бельва має відчутний запах (2 бали) порівняно з іншими та містить значно більше нітратних солей, але їх вміст нормативно допустимого не перевищує.

Запах цієї води може бути зумовлений високим умістом органічних сполук, які розкладаються. У поверхневих водах концентрація фосфатів не лімітується ГДК, але враховується, що чистим водотокам відповідає вміст фосфатів до 0,05 мг/дм³, вище цього значення – забрудненим водоймам. Надлишок сполук фосфору потрапляє у воду зі змиванням із полів фосфатних добрив, з побутовими стічними водами, а також у результаті гниття залишків тваринних та рослинних організмів. Мешканці населених пунктів, де протікає ця невелика річка, забруднюють її русло побутовими відходами, обробка землі мінеральними добривами нераціональна [12].

Аналіз дослідження притоки Сальви можна вважати за показником вмісту мінеральних сполук фосфору у воді забрудненими. З наведеного можна вважати р. Бельву найбільш забрудненою серед досліджуваних притоків Сальви органічними сполуками та фосфатними солями.

Як показує моніторинг річок України малі забруднені більше, ніж великі. Це відбувається не тільки через їх малу водність, а й через недбалу охорону. Проблеми малих річок тягнуть за собою деградацію великих рік. Щороку до водойм України потрапляє величезна кількість солей та значна частина стоків із тваринницьких комплексів. В басейні Дніпра (найбільшої водної артерії країни) діють Запорізька, Південно-Українська, Хмельницька, Рівненська атомні електростанції. Це додає до складу забруднень ще й радіоактивні. Відомо, що в Дніпро щорічно потрапляє 370 млн м³ забруднених стоків, або 14 % від їх обсягу по країні.

Погіршення якісного стану малих річок являє пряму загрозу здоров'ю людини у зв'язку з органолептичними, санітарно-токсикологічними властивостями води та епідеміологічною небезпекою. Існує багато інтегральних оцінок якості водних ресурсів, але проблема полягає в тому, що важко передбачити комбінований вплив забруднень на людину. Таким чином, саме малі ріки потребують дбайливого та ощадливого ставлення

Велика кількість річок протікає через Європейський континент. Деякі з них утворюють межі між різними країнами, а інші являють собою цінне джерело води для сільського господарства, прісноводної риби. Більшість річок Європи багаті розчиненими мінералами та цінними органічними сполуками. Деякі річки мають цікаві фізичні особливості наприклад водоспади та каньйони. Європейські річки – надзвичайно важлива частина континенту. Орієнтовна кількість прісноводних річок дорівнює 1 352.

Європейці щороку використовують мільярди кубометрів води не тільки для пиття, а й для сільського господарства, виробництва, опалення та охолодження, туризму та інших сфер обслуговування. За наявності тисяч прісноводних озер, річок і підземних джерел водопостачання в Європі може здатися безмежним. Але зростання населення, урбанізація, забруднення навколишнього середовища та наслідки зміни клімату створюють величезне навантаження на водопостачання та якість води.

Дефіцит води дедалі частіше стає заголовком новин у всьому світі. Південно-Африканська Республіка та Єгипет вже стикаються з серйозним дефіцитом води. Європа також може виявитись незахищеною від нестачі води чи водного стресу. Насправді водний стрес – це проблема, яка торкається мільйонів людей у всьому світі, включаючи європейців. Як і у багатьох регіонах світу, стурбованість дефіцитом води зростає і в Європі на тлі підвищеного ризику посух через зміни клімату. Близько 80 % прісної води в Європі (питне та інше використання) постачається з річок та підземних джерел, що робить їх надзвичайно вразливими до загроз, спричинених надмірною експлуатацією, забрудненням та зміною клімату.

Як будь-який інший життєво важливий ресурс, вода може опинитися під загрозою, коли попит на неї перевищує пропозицію або низька якість обмежує його використання. Кліматичні умови та попит на воду – це два ключові фактори, що зумовлюють водний стрес. Такий тиск на воду спричинює погіршення ресурсів прісної води з точки зору кількості (надмірне використання та посуха) та якості (забруднення та евтрофікації).

За оцінками СЕП, близько третини території ЄС піддається водним стресовим ситуаціям постійно або тимчасово. Такі країни як Греція, Португалія та Іспанія вже зазнали сильної посухи протягом літніх місяців, але дефіцит води стає проблемою і в північних регіонах, включаючи частину Великобританії та Німеччини.

Сільськогосподарські райони з інтенсивним зрошенням, острови на півдні Європи, популярні серед туристів, та великі міські агломерації вважаються найгарячішими точками для водного стресу. Очікується, що дефіцит води посилиться через зміни клімату.

За останні 30 років держави-члени ЄС досягли значного прогресу у поліпшенні якості європейських прісноводних об'єктів завдяки правилам Євросоюзу, зокрема Рамковій директиві щодо води, Директиві про міські стічні води та Директиві про питну воду. Ключові законодавчі тексти підкріплюють зобов'язання ЄС поліпшити стан води у Європі. Мета політики Євросоюзу полягає у значному зменшенні негативного впливу забруднення, надмірної абстракції та іншого впливу на воду, у забезпеченні достатньої кількості доброякісної води як для споживання, так і для навколишнього середовища. Обробка стічних вод та скорочення використання азоту та фосфору значно поліпшили якість води в останні десятиліття.

Сьогодні, незважаючи на досягнутий прогрес, загальне екологічне здоров'я багатьох водоемів Європи залишається невизначеним. Переважна більшість озер, річок, лиманів та прибережних вод Європи намагаються досягти мінімальної мети – «доброго» екологічного стану згідно з останнім звітом СЕП «Європейські води» – оцінка стану на 2019 рік.

Висновки. Заходи, направлені на поліпшення стану водних об'єктів, – це встановлення закономірностей формування якості води; оцінювання якості та охорони вод, відтворення поверхневих і підземних водних ресурсів; розроблення системи галузевих нормативних документів із питань моніторингу та охорони вод, руслових процесів, регулювання русел та експлуатації гідротехнічних споруд; наукове обґрунтування проектних рішень та перевірка передбачених заходів, що запобігають затопленню, підтопленню, заболоченню, засоленню земель та ерозії ґрунтів, забрудненню поверхневих та підземних вод; проектні рішення за

науковим обґрунтуванням та перевірка технічного стану гідротехнічних споруд, моніторинг руслових процесів; оцінювання та прогнозування руслових деформацій; регулювання русел річок.

Тільки свідомий підхід до експлуатації водозбірних територій та водних ресурсів малих річок дозволить зберегти їх від забруднення й виснаження. Обґрунтування заходів щодо раціонального використання водних ресурсів малої річки повинно охоплювати не тільки суто малу річку, а й увесь її водозбірний басейн.

Отже, враховуючи важливість малих річок для належного функціонування всіх елементів довкілля та законодавчі обмеження щодо здійснення діяльності в межах басейнів малих річок, доцільно об'єднувати зусилля органів влади та місцевого населення для пошуку спільних дієвих рішень для охорони малих річок, які постають гарантією задовільного стану довкілля. Доцільно використовувати досвід інших країн, наприклад, Німеччини, Данії, у вирішенні аналогічних проблем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Водний Кодекс України. Постанова Верховної Ради України № 214/95-ВР від 06.06.95.
2. Еколого-економічні проблеми довкілля Житомирщини : монографія / [В. І Карпов, С. П. Сіренський, В. К. Данилко та ін.; під заг. ред. П. П. Михайленка]. – Житомир, 2001. – 320 с.
3. Малі річки України : довідник / [А. В. Яцик, Л. Б. Бишовець, Є. О. Богатов та ін. за ред. А. В. Яцика]. – Київ : Урожай, 1991. – 294 с.
4. Гідрографічна характеристика малих річок Житомирської області : навч. посіб. / [В. В. Дорошенко, Г. І. Васенков, О. С. Поліщук, О. В. Бельська]. – Житомир, 2003. – 25 с.
5. Васенко О. Г. Аналіз значимих факторів впливу на якісний стан вод річки оскіл (Україна) / О. Г. Васенко, О. В. Рибалова, О. В. Козловська // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2016. – № 81. – С. 87–94.
6. Рибалова О. В. Визначення впливу природних умов на екологічний стан річки Оскіл / О. В. Рибалова, Г. В. Коробкова // Наука та цивілізація : матер. XII міжнар. наук.-практ. конф. – 2016. – Вип. 16. – С. 37–40.
7. NRDC. Climate Change and Water Resource Management [Electronic resource]. – 2013. – Режим доступу : <https://www.nrdc.org/resources/climate-change-and-water-resource-management>
8. Urama K. Impacts of climate change on water resources in Africa : the Role of Adaptation [Electronic resource] / K. Urama, N. Ozor. – 2015. – Режим доступу : http://www.ourplanet.com/climate-adaptation/Urama_Ozorv.pdf
9. David H. Some problems in transferring hydrological relationships between small and large drainage basins and between regions / H. David // Journal of Hydrology. – Vol. 65, iss. 1–3. – 1983. – Pp. 49–72.
10. Hydrological Process Simulation of Inland River Watershed : A Case Study of the Heihe River Basin with Multiple Hydrological Models / Water. – 2018. – № 10 (4). – 421 p. – Режим доступу : <https://doi.org/10.3390/w10040421>
11. Хоменко О. М. Аналіз екологічного стану малих річок Черкаської області (на прикладі р. Золотоношка) / О. М. Хоменко // Екологічна безпека. – № 2 (10). – 2010. – С. 39–42.
12. Чонка І. І. Стан малих річок боржавського басейну на території Виноградівського району / І. І. Чонка, В. В. Палько // Вісник УжНУ. – Вип. 21. – 2009. – С. 67–71

REFERENCES

1. *Vodnyi Kodeks Ukrainy. Postanova Verkhovnoi Rady № 214/95-VR vid 06.06.95.* [Water Code of Ukraine. Resolution of the Verkhovna Rada no. 214/95-VR from 06.06.95]. (in Ukrainian).
2. Karpov V.I., Sirenkyi S.P. and Danylko V.K. *Ekoloho-ekonomichni problemy dovkillia Zhytomyrshchyny* [Ecological and economic problems of environment of Zhytomyr region]. Zhytomyr, 2001, 320 p. (in Ukrainian).
3. Yatsyk A.V., Byshovets L.B., Bohatov Ye.O. and ath. *Mali richky Ukrainy: dovidnyk* [Small rivers of Ukraine : directory]. Edited by A.V. Yatsyk. Kyiv :Urozhai, 1991, 294 p. (in Ukrainian).
4. Doroshchenko V.V., Vasenkov H.I., Polishchuk O.Ye. and Bielska. O.V. *Hidrohrafichna kharakterystyka malykh richok Zhytomyrskoi oblasti* [Hydrographic characteristics of small rivers in Zhytomyr region]. Zhytomyr, 2003, 25 p. (in Ukrainian).
5. Vasenko O.H., Rybalova O.V. and Kozlovskya O.V. *Analiz znachymykh faktoriv vplyvu na yakisnyi stan vod richky Oskil (Ukraina)* [Analysis of significant factors affecting the quality of the waters of the Oskol River (Ukraine)]. *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovyih tehnologiy* [East European Journal of Advanced Technology]. 2016, no. 81, pp. 87–94 (in Ukrainian).

6. Rybalova O.V. *Vyznachennia vplyvu pryrodnykh umov na ekolohichni stan richky Oskil* [Determination of the influence of natural conditions on the ecological status of the river Oskil]. Science and civilization : materials of the XII International scientific and practical conference, 2016, vol. 16, pp. 37–40. (in Ukrainian).
7. NRDC. Climate Change and Water Resource Management. 2013. [Electronic resource].
8. Urama K. and Ozor N. Impacts of climate change on water resources in Africa : the Role of Adaptation. 2015. [Electronic resource].
9. David H. Some problems in transferring hydrological relationships between small and large drainage basins and between regions. *Journal of Hydrology*, 1983, vol. 65, iss. 1–3, pp. 49–72.
10. Lili Wang and Suzhen Dang. Hydrological Process Simulation of Inland River Watershed : A Case Study of the Heihe River Basin with Multiple Hydrological Models. *Water*. 2018, no. 10 (4), 421 p.
11. Khomenko O.M. *Analiz ekolohichnoho stanu malykh richok Cherkaskoi oblasti (na prykladi r. Zolotonoshka)* [Analysis of ecological status of small rivers of Cherkasy region (on the example of the river Zolotonoshka)]. *Ekolohichna bezpeka* [Ecological safety]. 2010, no. 2 (10), pp. 39–42 (in Ukrainian).
12. Chonka I.I. and Palko V.V. *Stan malykh richok borzhavskoho baseinu na terytorii Vynohradivskoho raionu* [Condition of small rivers of Borzhiv basin in the territory of Vynohradiv district]. *Visnyk UzhNU* [Bulletin of UzhNU]. 2009, vol. 21, pp. 67-71. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції 19.09.2019 р.

УДК 378.1.

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.76.525

ФІЛОСОФСЬКЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМНОСТІ ТЕОРІЇ І ПРАКТИКИ ОБОРОТНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

ТКАЧ Д. І., к. т. н., доц.

Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (093) 264-80-02, email: tkachdi@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6947-2036

Анотація. Постановка проблеми. Стаття присвячена філософському обґрунтуванню системності теорії оборотних зображень з метою актуалізації важливості геометрографічної підготовки студентів як одного з найважливіших чинників професійного формування їх конструктивно-композиційного мислення у вищих навчальних закладах техніки, будівництва та архітектури. Необхідність такого обґрунтування зумовлена кризовим станом довузівської теоретичної підготовки випускників середніх шкіл з геометрії Евкліда, знання якої формує в учнів раціональний характер мислення, що зумовлює їх до здатність формувати у своїй свідомості уявні образи як реальних, так і уявних об'єктів, і їх практичної неспроможність грамотного створення зображень цих образів як графічних моделей зображуваних об'єктів. Головна причина, яка викликала кризовий стан цієї освітньої галузі, криється в не обов'язковості викладання в середній школі креслення, яке в поєднанні з елементарною геометрією сприяє розвитку конструктивно-композиційного характеру мислення, а також отримання ними вміння однозначного графічного кодування інформації про позиційні та метричні властивості зображеного об'єкта. Нестача цих знань і умінь у випускників середніх шкіл, які стають студентами інженерних і, зокрема, архітектурних факультетів технічних вузів України, створює досить складні педагогічні проблеми для викладачів геометрографічних кафедр щодо поступового перетворення їх вихідного дилетантського мислення на початок професійного проектного. Ці проблеми пропонується вирішувати впровадженням у свідомість студентів відповідного розуміння зображуваного об'єкта і його оборотного зображення як складних систем взаємопов'язаних і тому взаємодіючих елементів. **Мета статті.** На основі філософського обґрунтування необхідності впровадження у зміст геометрографічної освіти майбутніх інженерів і архітекторів системної парадигми запропонувати, на відміну від офіційного курсу нарисної геометрії як розділу прикладної, принципово новий курс *системної нарисної геометрії* як фундаментальної синтетичної науки про конструктивні методи побудови оборотних зображень різних видів проєкцій, їх синтетичних досліджень, аксіоматичних описів і раціональних графічних технологій їх взаємних перетворень для практичного застосування в різних галузях науки, техніки і мистецтва.

Ключові слова: філософія; геометрія; графіка; система; оборотні зображення; освіта

ФИЛОСОФСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМНОСТИ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ ОБРАТИМЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

ТКАЧ Д. И., к. т. н., доц.

Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (093) 264-80-02, email: tkachdi@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6947-2036

Аннотация. Постановка проблемы. Статья посвящена философскому обоснованию системности теории обратимых изображений с целью актуализации важности геометрографической подготовки студентов как одного из важнейших факторов профессионального формирования их конструктивно-композиционного мышления в высших учебных заведениях техники, строительства и архитектуры. Необходимость такого обоснования обусловлена кризисным состоянием довузовской теоретической подготовки выпускников средних школ по евклидовой геометрии, знание которой формирует у учащихся рациональный характер мышления, приводящий их к способности формировать в своем сознании мысленные образы как реальных, так и воображаемых объектов, и их практической несостоятельностью грамотного создания изображений этих образов как графических моделей изображаемых объектов. Главной причиной, которая привела к кризисному состоянию этой образовательной области, является необязательность преподавания в средней школе черчения, которое в сочетании с элементарной геометрией способствует развитию конструктивно-композиционного характера мышления, а также приобретению ими умения однозначного графического кодирования информации о позиционных и метрических свойствах изображенного объекта. Нехватка этих знаний и умений у выпускников средних школ, которые становятся студентами инженерных и, в частности, архитектурных

факультетов технических вузов Украины, создает достаточно сложные педагогические проблемы для преподавателей геометрографических кафедр по постепенному преобразованию их исходного дилетантского мышления в начала профессионального проектного. Решать эти проблемы предлагается внедрением в сознание студентов соответственного понимания изображаемого объекта и его обратимого изображения как сложных систем, взаимосвязанных и поэтому взаимодействующих элементов. **Цель статьи:** на основе философского обоснования необходимости внедрения в содержание геометрографического образования будущих инженеров и архитекторов системной парадигмы предложить, в отличие от официального курса начертательной геометрии как раздела прикладной, принципиально новый курс *системной начертательной геометрии* как фундаментальной синтетической науки о конструктивных методах построения обратимых изображений различных видов проекций, их синтетических исследованиях, аксиоматических описаниях и рациональных графических технологиях взаимных преобразований для практического применения в различных областях науки, техники и искусства.

Ключевые слова: философия; геометрия; графика; система; обратимые изображения; образование

PHILOSOPHICAL SUBSTANTIATION OF THE SYSTEM OF THEORY AND PRACTICE OF REVERSABLE IMAGES

TKACH D.I., *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*

State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (093) 264-80-02, email: tkachdi@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6947-2036

Abstract. Problem statement. The article is devoted to philosophical substantiation consistency of the theory of reversible images in order to actualize the importance of geometric-graphic training of students as one of the most important factors in the professional formation of their constructive and composite thinking in higher educational institutions of engineering, construction and architecture. The need for this justification is due to the crisis state of pre-university theoretical training of high school graduates in Euclidean geometry, the knowledge of which forms a rational character of thinking in students, leading them to the ability to form mental images of both real and imaginary objects in their minds, and their practical failure to correctly create images of these images as graphic models of depicted objects. The main reason that led to the crisis in this educational field is the lack of teaching in high school drawing, which, in combination with elementary geometry, contributes to the development of the constructive-compositional nature of thinking, as well as their acquisition of the ability to uniquely graphically encode information about the positional and metric properties of the depicted object. The lack of this knowledge and skills among those secondary school graduates who become students of engineering and, in particular, architectural faculties of technical universities of Ukraine, create quite complex pedagogical problems for teachers of geographic departments to gradually transform their initial amateurish thinking into the beginnings of professional design. It is proposed to solve these problems by introducing into the students' minds a naturally corresponding understanding of the depicted object and its reversible image as complex systems of interconnected and therefore mutually acting elements. **Purpose of the article.** Based on the philosophical justification of the need to introduce future engineers and architects of the system paradigm into the content of the geometrical education, to offer, in contrast to the official course in descriptive geometry as an applied section, a fundamentally new course in system descriptive geometry as a fundamental synthetic science on constructive methods for constructing reversible images of various types of projections, their synthetic studies, axiomatic descriptions and rational graphic technologies of their mutual transformations for practical application in various fields of science, technology and art.

Keywords: philosophy; geometry; graphics; system; reversible images; education

Виклад матеріалу. Філософія як форма суспільної свідомості, система ідей, поглядів на світ і на місце людини в ньому, досліджує пізнавальне, ціннісне, етичне й естетичне ставлення людини до світу, звана спочатку натурфілософією, – це праматір усіх природничих наук про феноменальне, тобто про природне та існуюче. Отримані в результаті філософського осмислення знання про природу речей, процесів і явищ служать людині концептуальною основою для створення другої, синтетичної природи

ноуменальних тобто, створених розумом і руками об'єктів, процесів і явищ.

При цьому людина користується не тільки знанням про властивості матеріалу Природи, а й самим її матеріалом для його переробки як сировини на необхідні їй штучні продукти або як джерела необхідної теплової або електричної енергії.

Іншими словами, процес розвитку цивілізації на планеті Земля являє собою процес переробки її природного матеріал на

об'єкти штучного середовища, потрібні людям.

Однак обсяг природного кінцевий і непоправний. Уже сьогодні позначається його нестача і згубний вплив результатів його переробки на екологічний стан Землі. Свідчення того – що наступає глобальне потепління з його руйнівними буревіями, землетрусами, посухами, повенями, пожежами та іншими природними катаклізмами, які забирають часом більше людських життів, ніж непримиренна ворожнеча. Створюється враження, що в закони людського мислення втручається якась потужна зла сила, що порушує розумний баланс між творчими і руйнівними діями людини.

Але, тому, що об'єкти і творення і руйнування ноуменальними, тобто створюються руками і розумом людини, вочевидь, не все гаразд із досконалістю її погляду на світ, суб'єктом якого вона є. Адже через недомислу або нездатність передбачити реальні результати своєї «творчості» вона опиняється у стані мимовільною жертви свого твору.

Причиною такої ситуації, крім інших, може бути та обставина, що, на відміну від усього природного, створеного мудро і доцільно, далеко не все штучне володіє подібними перевагами. Адже перше створювалося протягом мільйонів років його еволюції, а друге – протягом декількох років або їх десятків. Ці роки включають у себе період інобуття об'єкта у вигляді його проекту і період реалізації цього проекту в природі.

Іншими словами, народженню кожного штучного об'єкта передують досить тривалі періоди його «внутрішньоутробного» життя перш у головах інженерів, конструкторів, технологів, архітекторів, дизайнерів, а потім – у вигляді описів, розрахунків і великої кількості робочих креслень, які однозначно кодують інформацію про позиційні, метричні, міцнісні, естетичні, економічні, експлуатаційні та інші властивості об'єкта, що проектується. При цьому основна частка проектних матеріалів припадає на робочі креслення як концептуальні графічні моделі

геометричного уявлення авторів проекту про дійсну форму і функції об'єкта, що проектується.

Цілком очевидно, що від якості проекту як основного документа на зведення об'єкта залежить якість останнього після його матеріалізації в просторі. Звідси випливає важливість високопрофесійного виконання всієї графічної частини проекту, яка зображує те, чого немає в природі, але що має бути створене за робочими кресленнями. Це подібно до роботи художника «за уявою», але принципово відрізняється від нього тим, що креслення однозначно визначає, в силу своєї оборотності, зображений об'єкт, а малюнок не визначає, бо він є незворотним, тому що кодує розуміння автором природи зображеного і його особисте ставлення до предмета зображення. Тому художнє зображення, виконане в будь-якому жанрі і стилі, являє собою кінцеву мету художника, в той час як кінцевою метою проектувальника постає не проект, а запроєктований об'єкт.

У зв'язку з цим малюнки як графічні моделі чуттєвого сприйняття віртуальної природи до складу проектної документації не входять. Вони грають свою роль у процесі проектного пошуку оптимального рішення у вигляді ескізів, начерків, замальовок, а також під час художнього оформлення демонстраційних матеріалів про прийняте проектно рішення. Але ця роль допоміжна.

Провідне значення в проектній роботі мають робочі креслення, що несуть безпосередню інформацію про позиції елементів об'єкта відносно один одного і зовнішньої системи відліку і характеру зв'язків між ними, чого достатньо для оцінювання якості майбутнього об'єкта, а також про їх метричні характеристики – кількості, площі й обсяги, значення лінійних, двограних і тілесних кутів та інше, чого достатньо для визначення економічних показників прийнятих проектних рішень.

Звідси випливає актуальність геометрографічної культури виконавської майстерності проектувальників, основи якої закладаються в стінах вищих технічних

навчальних закладів, що належать до категорії будівельних або «діяльних». Це авіа-, судно-, верстатно-, авто- і просто будівельні університети, академії та інститути, а також усі інші навчальні заклади, зайняті розробленням об'єктів другої природи людини, – архітектури і дизайну, засобів зв'язку і передачі інформації, автоматизованого управління виробничими процесами, транспорту, оргта побутової техніки, технології виробництва сільгосппродукції і багато іншого.

При цьому на характер і зміст цих основ накладаються жорсткі вимоги підготовки висококваліфікованих фахівців для ринкової економіки і капіталістичного виробництва, заснованих на конкурентній боротьбі за споживача і ринки збуту, чистому прагматизмі і прагненні до одержання максимального прибутку від реалізації своєї продукції. Набирає гасло природного відбору: «Перемагає найсильніший!». Це означає, що перемагає той, хто робить свою продукцію краще, економічніше, швидше, більш зручною, довговічною і кориснішою, ніж його конкуренти. Але для такої перемоги необхідно в процесі отримання вищої освіти зуміти перетворити своє початкове обивательське мислення на творче або креативне як основу формування професійного проектного мислення.

Далеко не всім студентам вдається домогтися такого перетворення. Цього досягають ті, хто генетично схильний до зображальної роботи і має серйозну довузівську художню і геометрографічну підготовку, в основі якої лежить знання шкільного курсу геометрії Евкліда і креслення, а також концепцій сучасного природознавства, що описують системну природу Природи.

Шкільна просвіта і вузівська освіта як найважливіші частини загальнолюдської культури в процесі розвитку цивілізації зазнають постійних змін, зумовлених прагненням їх мислителів створити найбільш досконалі педагогічні технології виховання всебічно розвиненої особистості. За своєю суттю просвітництво та освіта – це

процеси постійної взаємодії тих людей, хто знає і вміє (вчителів шкіл і викладачів вузів) з тими, хто повинен і хоче знати і вміти (учнями шкіл та студентами вузів). Ці процеси називаються навчально-виховними.

Організація і зміст їх навчальної половини повинні забезпечувати високу якість передачі навчальної інформації вчителями та викладачами учням і студентам. Ефективність цієї передачі визначається рівнем розуміння і засвоєння останніми переданих знань та набуття практичних навичок. У результаті молоді люди в школі починають формувати переважно раціональний або аналітичний склад розуму, а у вузі закладають основи наукового або концептуального мислення.

Організація і зміст виховної частини цих процесів повинні забезпечувати пробудження і сприятливий розвиток творчих здібностей молодих людей до різних видів мистецтва і спорту, набуття спостережливості, діловитості, порядності, чесності, цілеспрямованості й самостійності в досягненні поставлених навчальних цілей. В результаті у них формується емоційно-чуттєве сприйняття одержаних знань як основа перцептуального або образного мислення.

За оптимального поєднання обсягів і змістів цих двох взаємопов'язаних підсистем освіти, які формуються в школі і розвиваються у вузі, молода людина набуває освіченого мислення впритул до креативного і стає гармонійно розвиненою особистістю, усвідомлено готовою до «навчання протягом усього життя». Така ідеальна парадигма «інтелектуалізації» людини.

Можна сказати, що просвіта, тобто процес, «який проливає світло» школяреві на закони Природи і Суспільства, передає естафету освіти, або процесу подальшого, вже професійно орієнтованого формування «образів» пізнаних у школі і пізнаваних у вузі об'єктів і явищ тієї ж Природи і того ж Суспільства. При цьому «принцип естафети» передбачає передачу «фундаменту» знань і вмінь, на якому вуз повинен «побудувати» споруду

інтелектуального розвитку колишніх школярів. Природно, що «висота» цих будівель безпосередньо залежить від «глибини закладення і міцності їх фундаментів».

Якщо окинути пізнавальним поглядом таку віртуальну забудову середньо-статистичної групи 1-го курсу студентів-архітекторів, в очі впадають один, два «хмарочоси», кілька пристойних будинків середньої поверховості на тлі невиразних одноповерхових будинків і таких безфундаментних об'єктів як землянки, намети і курені.

Така картина відображає загально визнаний кризовий стан системи середньої та вищої освіти в глобальних масштабах. Суть цієї кризи, як писав директор Міжнародного інституту планування освіти Ф. Г. Кумбс, полягає в «розриві між існуючою системою освіти і реальними умовами життя суспільства» [1, с.10]. Гостро постає питання про необхідність виховання нового типу світогляду сучасної людини, який міг би гармонійно взаємодіяти як із природою, так і з людьми. Вирішення цієї проблеми вважається головним завданням сучасної освіти, виконання якого немислиме без відповідного критичного аналізу його існуючого стану і філософського [5; 8] обґрунтування нових освітніх концепцій.

Немає сумнівів у необхідності і важливості всіх видів знань і умінь, але для тих фахівців, які створюють матеріальні і духовні цінності, особливо важливі знання геометрії і вміння креслити і малювати, тобто зображати.

Відомо, що елементарна або евклідова геометрія – це одна з найдавніших наук, яка виросла на основі задоволення утилітарних потреб людини, а графіка, – переважно на основі задоволення її духовних потреб. Будучи математичною дедуктивною наукою, евклідова геометрія постає однією з навчальних дисциплін, яка формує раціональний склад розуму тому, що вчить аналізувати вихідні умови, логічно міркувати, переконливо доводити рішення й отримувати правильні результати. У свою

чергу, графіка, як процес зображальної діяльності людини, що візуалізує її почуття і думки за посередництвом малюнків і креслень, сприяє становленню і розвитку її образного мислення.

Таким чином, доповнюючи одна одну, геометрія і графіка створюють сприятливу основу для комплексного вирішення основної проблеми педагогіки – виховання всебічно розвиненої особистості, виконання якого припадає на долю вищих навчальних закладів. Ця обставина актуалізує роль і значення геометрографічних дисциплін у загальній структурі навчальних робочих планів підготовки фахівців, професійна діяльність яких перенасичена зображальним змістом – інженерів, архітекторів, дизайнерів, конструкторів, художників, словом, усіх тих, хто задіяний у сфері матеріального і духовного виробництва.

Але ця абсолютно очевидна актуалізація ніяк не позначається на розстановці пріоритетів як у центрі, тобто, в МОНУ та його спеціалізованих науково-методичних радах, так і на місцях, у вузах, що мають право самостійного планування навчального процесу. Факультативний статус уроків креслення в школах не перетворюється на статус обов'язкової навчальної дисципліни. І це незважаючи на щорічні та багаторічні рішення великих міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференцій з геометрографічного моделювання об'єктів, процесів і явищ про надання кресленню такого статусу.

У багатьох вузах країни відсутні вступні іспити з креслення на архітектурні та дизайнерські спеціальності, відсутній єдиний графічний режим і нормоконтроль додержання вимог державного стандарту на склад і графічне оформлення проектної документації під час виконання курсових і дипломних проектів з архітектурних, будівельних, технологічних і механічних спеціальностей, а число академічних годин на засвоєння нарисної геометрії та інженерної графіки вже зведене до граничного мінімуму.

Спостерігається надія на оволодіння комп'ютерною графікою, як це прийнято в

європейській освіті. Але слід розуміти, що комп'ютер це потужний інтелектуальний «кульман» – інструмент візуалізації ідеального уявлення про структуру зображуваного об'єкта як складної системи взаємопов'язаних і взаємодіючих елементів.

Якщо такого уявлення немає, то марно сидіти перед дисплеєм комп'ютера, так само як і перед чистим аркушем паперу.

Комп'ютер – це ефективний засіб підвищення якості і прискорення проектного процесу, але для *освіченого системного мислення* фахівця, який зможе грамотно звізуалізувати своє ідеальне уявлення про об'єкт і за відсутності комп'ютера, вручну. Адже не дарма на високих міжнародних архітектурних бієнале до розгляду приймаються конкурсні проекти тільки «ручної» роботи, що демонструють рівень виконавської графічної майстерності їх авторів. Тому зі студентської лави майбутні архітектори повинні опанувати знання теорії оборотних зображень на рівні її розуміння і відпрацьовувати практичні навички графічного моделювання цього розуміння.

Відомо, що евклідова геометрія – це наука, яка вивчає «форми, розміри та межі тих частин простору, які в ньому займають речові тіла» [2, с. 354]. Альберт Ейнштейн називав її природною або фізичною геометрією, тому що вона своїм аксіоматичним методом описує позиційні і метричні властивості дійсних форм реально існуючих об'єктів. Будучи суворою системою аксіом, теорем і їх доведень, вона довела свою несуперечливість і найвищу ефективність у виконанні різноманітних творчих завдань.

На відміну від евклідової нарисна геометрія існує дещо більше 200 років, з моменту виходу в світ в 1799 році книги «Нарисна геометрія», написаної видатним французьким ученим і громадським діячем Гаспаром Монжем (1748–1818). Автор нової геометрії визначив її як науку, яка має дві прагматичні цілі: 1) ...дати *методи* для зображення на аркуші паперу, що має тільки два виміри, ... різних тіл природи, що мають три виміри ... і 2) «...дати *спосіб* на основі

точного зображення визначати форми тіл і виводити всі закономірності, які випливають з їх форми і взаємного розташування» [4, с. 12].

Порівняння визначень евклідової і нарисної геометрії показує, що остання спрямована на розроблення «*методів*» і «*способу*», а не на вивчення властивостей різних видів зображень, синтезованих цими методами. Ця обставина відносить монжеву нарисну геометрію до числа технологічних або прикладних дисциплін, в яких роль «технологічного обладнання» щодо отримання зображень грають різні за своєю структурою апарати проєкціювання тривимірних об'єктів на двовимірну площину або поверхню. Таким чином вона випадає з числа геометричних систем, тому що не має загально визнаного визначення, власної аксіоматики, предмета і методу його дослідження. Ця алогічність парадоксальна, тому що загальноприйнята в офіційній навчальній літературі в Україні, Росії і в європейському освітньому просторі.

У наявності криза геометрографічної компоненти в рамках загального кризового стану сучасної освіти, вихід з якого можливий на основі додання нарисній геометрії статусу фундаментальної науки з власної аксіоматикою й переосмислення її традиційного змісту з позицій природничо-наукового принципу *системності* і створення на його основі несуперечливої концепції *системної нарисної геометрії* [6].

Принцип системного розуміння природи будь-яких об'єктів і явищ як прояв філософського принципу їх загального взаємозв'язку – один з основних чинників сучасного розвитку науки і техніки. Згідно з цим принципом об'єкт вважається вивченим, якщо він зрозумілий як безперервна система взаємопов'язаних і взаємодіючих елементів [5, с. 62].

Ухвалення цього принципу як вихідної навчальної установки сприяє активізації пізнавального ставлення студентів до структури зображуваного об'єкта, викликаючи «струмочковість» [2] їх думок, які починають текти від питань про те, з яких елементів складається об'єкт, що

вивчається, і як вони взаємопов'язані, до відповідей на ці питання, а від них, – до висновків про природі цього об'єкта. В результаті виникає конкретний ідеальний думкообраз, елементами якого стають геометричні поняття точки, лінії, плоскої фігури, поверхні, а зв'язками – поняття про їх взаємну належність, перетини, паралельність, перпендикулярність, дотик, подібність, конгруентність, тотожність, симетричність тощо, властивості яких описуються аксіоматикою евклідової геометрії.

Якщо об'єкт не існує, його думкообраз, як геометрична модель, виступає в ролі «натури» для графічного моделювання, яке кодує точками і лініями інформацію про її позиційні і метричні властивості у вигляді відповідного оборотного зображення.

Отримана в результаті графічна модель служить обов'язковою основою створення проектною моделі об'єкта як джерела інформації не тільки про його позиційні і метричні, а й про міцнісні, акустичні, оптичні, декоративно-художні, економічні та інші властивості.

Таким чином, просторовий світ і його об'єкти перш *віддзеркалюються* в просторах свідомості людини, що породжуються його почуттями і думками, а потім зі свідомості *відображаються* на картинний проектний простір. В результаті виникає замкнений ланцюг або своєрідний діалектичний круговорот відповідностей між елементами об'єктів цих різних за своєю природою просторів. Виходить, що свідомість проектувальника подібна до «чорної скрині», на вході в яку відбувається *віддзеркалення* реальних або уявних об'єктів, а на виході виходять їх зображення, властивості яких підлягають аксіоматичному опису засобами системної нарисної геометрії [6; 9].

Подібно до того, як для евклідової геометрії предмет аксіоматичного опису становлять позиційні і метричні властивості дійсної форми реального об'єкта, так для системної нарисної геометрії предметом такого опису постають *зображальні властивості* різних видів проєкцій його

ідеальної форми, які графічними засобами кодують інформацію про її геометричні властивості.

Будь-який простір описується його геометрією. Системна нарисна геометрія описує *картинний простір*, заповнений тим чи іншим видом оборотних зображень, аксіоматика якої складається з логічних імплікацій-тверджень про зображальні властивості різних видів проєкцій елементів і їх систем у різних видах зв'язків і відносин між ними. В результаті виникає *системна нарисна геометрія як самостійна фундаментальна наука про конструктивні методи побудови, взаємного перетворення і зображальні властивості оборотних зображень (креслень) як геометрографічних моделей існуючих і уявних об'єктів-систем для їх застосування в різних галузях науки, техніки і мистецтва*.

Така системна інтерпретація традиційної нарисної геометрії є не альтернативою, а її логічним продовженням, вільним від існуючих парадоксів, і служить методичною основою для створення досить ефективної педагогічної технології формування професійного проектного мислення майбутніх архітекторів.

Ця технологія добре вписується в структуру експериментальної в Україні модульно-розвивальної системи навчання як інноваційної освітньої моделі української школи майбутнього.

Розкриття філософського змісту системної теорії оборотних зображень сприяє процесу загальної гуманізації та гуманітаризації вищої освіти, тобто такого світоглядного і діяльнісного підходу до викладання, який стверджує цінність студента як особистості, його права на якісну освіту, на свободу вибору, на виявлення і розвиток своїх здібностей, формування його духовного світу, орієнтованого на загальнолюдські цінності, що повністю відповідає духу Болонського процесу.

Цікаво зазначити, що в європейському освітньому просторі після успішного захисту наукової дисертації будь-якого

тематичного змісту здобувачеві введеним в її навчальні програми ідей і присвоюється ступінь доктора філософії. методів системної нарисної геометрії,

Висновок. Кризовий стан заснованої на розкритті філософського геометрографічної підготовки студентів змісту її основних концептуальних творчих спеціальностей можна перебороти положень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кумбс Ф. Г. Кризис образования в современном мире (системный анализ) / Ф. Г. Кумбс. – Москва, 1970. – 14 с.
2. Куринский В. А. Автодидактика / В. А. Куринский. – Москва : Автодидакт, 1994. – 267 с.
3. Каган В. Ф. Основания геометрии. Ча. II / В. Ф. Каган. – Москва : ГИТТЛ, 1956. – 348 с.
4. Монж Г. Начертательная геометрия / Г. Монж. – Москва : изд. АН СССР, 1947. – 349 с.
5. Смирнов С. Н. Элементы философского понимания понятия «система» как ступени развития познания и общественной практики. Системный анализ и научное знание : монография / [С. Н. Смирнов]. – Москва : Наука, 1987. – 195 с.
6. Ткач Д. И. Системная начертательная геометрия. Кн. 1. Геометрия картинного пространства ортогональных проекций : монография / [Д. И. Ткач]. – Днепропетровск : ПГАСА, 2011. – 354 с.
7. Ткач Д. И. Архитектурное черчение / Д. И. Ткач, Н. Л. Русскевич, П. Р. Ниринберг, М. Н. Ткач. – Киев : Будівельник, 1991. – 272 с.
8. Ткач Д. И. Философия современного геометро-графического просвещения / Д. И. Ткач // Проблемы сучасної педагогічної освіти. – Киев : Педагогічна преса, 2003. – С. 282–288.
9. Ткач Д. И. Системная парадигма геометрии обратимых изображений как средство преодоления кризиса студенческой геометрографической грамотности / Д. И. Ткач // Освіта і наука в Україні : матер. Всеукр. наук. конф. – Ч. 1. – Днепропетровск, 2014. – С. 107–110.
10. Tkach D. I. Basic Principals of Systemic Descriptive Geometry as a Fundamental Science / D. I. Tkach // Eastern European Scientific Journal. – № 1. – Dusseldorf : Auris Verlag, 2014. – Pp. 94–100.

REFERENCES

1. Kumbs F.H. *Kryzysna osvita v suchasnomu myri (systemnyy analiz)* [The Crisis of Education in the Modern World (System Analysis)]. Moscow, 1970, 14 p. (in Russian).
2. Kurinskiy V.A. *Avtodydaktyka* [Avtodydaktyka]. Moscow : Autodidact, 1994, 267 p. (in Russian).
3. Kagan V.F. *Osnovy heometriy*, [Geometry Foundations]. Part II. Moscow : GITTL, 1956, 348 p. (in Russian).
4. Monge G. *Nachertatelna heometriya* [Outline Geometry]. Moscow : USSR Academy of Sciences, 1947, 349 p. (in Russian).
5. Smirnov S.N. *Elementy filosofskoho ponimaniya ponyattya «systema» yak stupeni rozvyvaty piznannya ta suspilnu lyudynu* [Elements of philosophical understanding of the concept of "system" as a stage development of knowledge and social practice]. *System analysis and scientific knowledge*. Moscow : Nauka, 1987, pp. 26–30 (in Russian).
6. Tkach D.I. *Systemna narysna heometrya. Knyha pervaya. Heometriya kartynnoho prostory ortohonalnykh proektsiy* [System Outline Geometry. The book is the first. Picture geometry orthogonal projectio spaces]. Dnipropetrovsk, PSACEA, 2011, 354 p. (in Ukrainian).
7. Tkach D.I., Russkevich N.L., Nirinberg P.R. and Tkach M.N. *Arkhitekturne cherehnye* [Architectural drawing]. Kyiv : Budivelnik, 1991, 272 p. (in Russian).
8. Tkach D.I. *Filosofiya suchasnoho heometro-hrafichnoho prosvitnytstva*. [Philosophy of modern geometric-graphic education]. *Problems of modern pedagogical education*. Kyiv : Pedagogichna Pressa, 2003, pp. 282–288. (in Russian).
9. Tkach D.I. *Tsystemna paradyhma heometryy oborotnyh zobrazhen yak zasib preodolenyya kryzysa studentskoyi heometrohrafichnoyi hramotnosti* [System paradigm of geometry of reversible images as a means overcoming the crisis of student geometrographic literacy] *Education and Science in Ukraine : materials of the All-Ukrainian scientific conference* [Education and Science in Ukraine : materials of the all-Ukrainian sciences conference]. Dnipropetrovsk, 2014, part 1, pp.107–110. (in Ukrainian).
10. Dmitry I. Tkach *Osnovni pryntsyvy systemnoyi narysnoy heometriyi yak fundamentalnoyi nauky* [Basic Principles of Systemic Descriptive Geometry as a Fundamental Science]. Eastern European Scientific Journal. No. 1. Dusseldorf : Auris Verlag, 2014, pp. 94–100.

Надійшла до редакції 11.10.2019 р.

УДК 622.271.33

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.84.526

ОЦІНКА ТРІЩИНУВАТОСТІ ГІРСЬКОГО МАСИВУ ЧЕРЕЗ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ФРАКТАЛЬНОЇ РОЗМІРНОСТІ ТРІЩИН

РОМАНЕНКО А. О.¹

КУШНІР Є. Г.^{2*}, к. т. н., доц.,

ОСТАПЧУК А. О.³, студ.

¹ ПАТ «ЦГЗК», Кривий Ріг, Україна, тел. +38 (0564) 409-63-43, email: alexrom14@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8381-8873.

^{2*} Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 756-34-92, email: kushnir@mail.pgasa.dp.ua, ORCIDID: 0000-0003-3395-7784

³ Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (095) 35-12-574, email: anga91114@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9650-1595

Анотація. *Мета статті* — оцінювання тріщинуватості на основі методу визначення фрактальної розмірності скельного масиву на прикладі Інгулецького кар'єру. **Виклад основного матеріалу.** Для виконання досліджень обрано ділянки бортів кар'єру, максимально відмінні за фактором тріщинуватості, що зумовлено застосуванням різних методів виставлення на контури масиву під час ведення гірничих робіт. Описано сутність методу фрактального підходу та його використання для вирішення задач геомеханіки, а саме: для оцінювання тріщинуватості гірського масиву через визначення фрактальної розмірності тріщин на борту кар'єру. Розглянуто найбільш типові механізми руйнування масиву (різні методи підривання) та на їх основі проведено розрахунок фрактальної розмірності тріщин у масиві гірських порід. Побудовано графіки залежності структурного ослаблення масиву від його фрактальної розмірності за різних значень масштабного коефіцієнта. **Наукова новизна** отриманих результатів полягає в уточненні коефіцієнта структурного ослаблення масиву шляхом визначення фрактальної розмірності масиву. **Висновки.** Порівняння отриманих результатів із даними розрахунків коефіцієнта структурного ослаблення без урахування фрактальної розмірності для ділянок бортів Інгулецького кар'єру, отриманими традиційним способом, показує, що метод розрахунків коефіцієнта структурного ослаблення з урахуванням фрактальної розмірності дозволяє уточнити його величину на 5...10 %. Крім того, співставлення отриманих значень коефіцієнта структурного ослаблення показали, що традиційний метод контурного підривання не дає істотного збільшення (усього на 7,1 %) ступеня порушення законтурного масиву порівнянно з його природною тріщинуватістю.

Ключові слова: вибухові роботи; тріщинуватість; оцінювання; фрактальна розмірність; коефіцієнт структурного ослаблення

ОЦЕНКА ТРЕЩИНОВАТОСТИ ГОРНОГО МАССИВА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ТРЕЩИН

РОМАНЕНКО А. А.¹,

КУШНИР Е. Г.^{2*}, к. т. н., доц.,

ОСТАПЧУК А. О.³, студ.

¹ ПАО «ЦГОК», Кривой Рог, Украина, тел. +38 (0564) 409-63-43, email: alexrom14@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8381-8873

^{2*} Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днiпро, Украина, тел. +38 (0562) 756-34-92, email: kushnir@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-3395-7784

³ Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днiпро, Украина, тел. +38 (095) 35-12-574, email: anga91114@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9650-1595

Аннотация. *Целью* данной *статьи* является оценка трещиноватости методом определения фрактальной размерности скального массива на примере Ингулецкого карьера. **Изложение основного материала.** Для выполнения исследований были выбраны участки бортов карьера, максимально отличные по фактору трещиноватости, что обусловлено применением разных методов при ведении горных работ. Описана сущность метода фрактального подхода и его использования для решения задач геомеханики, а именно: для оценки трещиноватости горного массива через определение фрактальной размерности трещин на борту карьера. Рассмотрены наиболее типичные механизмы разрушения массива (разные методы взрывания) и на их основе проведен расчет фрактальной размерности трещин в массиве горных пород. Отстроены графики зависимостей структурного ослабления массива от его фрактальной размерности при разных значениях масштабного

коэффициента. **Научная новизна** полученных результатов заключается в уточнении коэффициента структурного ослабления массива путем определения фрактальной размерности трещин в массиве. **Выводы.** Сравнение полученных результатов с данными расчетов коэффициента структурного ослабления без учета фрактальной размерности для участков бортов Ингулецкого карьера, рассчитанными традиционным способом, показывает, что использование метода расчетов коэффициента структурного ослабления с учетом фрактальной размерности позволяет уточнить его величину на 5...10 %. Кроме того, сопоставление полученных значений коэффициента структурного ослабления показало, что использование традиционного метода контурного подрывания не приводит к существенному увеличению (всего на 7,1 %) степени нарушения законтурного массива по сравнению с его природной трещиноватостью.

Ключевые слова: взрывные работы; трещиноватость; оценка; фрактальная размерность; коэффициент структурного ослабления

ESTIMATION OF MOUNTAIN RANGE CRACKS THROUGH THE METHOD OF CRACKS FRACTAL DIMENSION DETERMINATION

ROMANENKO A.O.¹,
KUSHNIR Ye.H.^{2*}, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,
OSTAPCHUK A.O.³, *Stud.*

¹ Mine deformation surveyor engineer, PJSC "Central GOK", Kryvyi Rih, Ukraine, tel. 38 (0564) 409-63-43, email: alexrom14@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8381-8873.

^{2*} Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 756-34-92, email: kushnir@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-3395-7784

³ Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (095) 35-12-574, email: anga91114@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9650-1595

Abstract. *The purpose of this article* is to estimate fracture-based method for the determination of rock mass fractal dimension on the example of Inguletsquarry. **Statement of the main material.** For research plots of maximum pit were selected as excellent for the factor fracture due to use estimation by the different methods the outline of the boardside in the conduct of mining operations. Described the essence of the fractal approach method and its use for solving problems of geomechanics, namely: to evaluate the fracture of the mountain massif via the determination of the fractal dimension of the cracks at the open pit. The most typical failure mechanisms in the massif (referring to the different methods of blasting) and based on the calculation of the fractal dimension of the cracks, which are located in the rocks. Built dependency graphs of the rock massif structural weakening from its fractal dimension for different values of the scale factor. **The scientific novelty** of the obtained results lies in the specification of the rock massif structural weakening coefficient by determining the fractal dimension of the board. **Conclusion:** the results of the work are based on the following statement: comparison of the obtained results with the data of calculations of the structural weakening coefficient without taking into account the fractal dimension for the areas of the sides Inhulets quarry is designed in the traditional way shows that the use of the method of calculation structural weakening coefficient, given the fractal dimension allows to specify its value by 5...10 %. Comparisons of the obtained values of the coefficient of structural weakening showed that the use of the traditional method of contour blasting does not lead to a significant increase. The degree of violation of the contour array compared to its natural fracture (increased by 7.1 %).

Keywords: *blasting; fracture; estimation; fractal dimension; coefficient of structural weakening*

Вступ. Стаття присвячена одному з напрямків розвитку в галузі геомеханіки, а саме – виявленню та оцінюванню тріщинуватості гірських порід у скельних масивах та визначенню її впливу на загальну стійкість борту кар'єру. Визначення тріщинуватості базується на визначенні фрактальної розмірності тріщин у масиві на основі аналізу зображень виконаних масштабних фотознімків.

Саме визначення фрактала ввів Бенуа Мандельброт у 70-х роках ХХ століття. Термін від латинського «fractus» означає,

відповідно до дієслова «frangere» – ламати, розділяти на частини. Тобто фрактал – це множина, частини якої подібні до цілого. Фрактальна геометрія, один з інструментів теорії хаосу, використовується для вивчення феноменів, які є хаотичними лише з точки зору евклідової геометрії та лінійної математики. Фрактальний аналіз викликав революцію в характері досліджень, що ведуться в незчисленній кількості різних галузей науки: метеорології, медицині, геології, економіці, метафізиці. Разом із квантовою механікою і теорією відносності,

це новий науковий світ, що колись відкрив Галілей.

Мета статті – оцінювання тріщинуватості на основі методу визначення фрактальної розмірності скельного масиву на прикладі Інгuleцького кар'єру.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в уточненні коефіцієнта структурного ослаблення масиву шляхом визначення фрактальної розмірності масиву.

Аналіз досліджень та публікацій.

Досить багато вчених, таких як Бенуа Мандельброт, Е. Петерс, Р. В. Гольдштейн та ін., знайшли відкриття нового підходу, на основі фракталів до вивчення поведінки живого і неживого неймовірним. Вони виявили, що на межі між конфліктами протилежних сил стоїть не народження хаотичних, безпорядкових структур, як вважалося раніше, а спонтанне виникнення самоорганізації порядку більш високого рівня. Більше того, структура цієї самоорганізації не структурована згідно з схемами Евкліда Ньютона, а являє собою новий вид організації. Вона не статична, а перебуває всередині руху і зростання. Судячи з усього, організація цього порядку може бути застосована до усіх моментів як нашого побуту, так і наук: від застібок блискавки до економічного ринку [1; 2].

Питання оптимізації затрат та управління вибухами завжди були актуальними для гірничорудної промисловості, а збереження цілісності масиву залишається одним із найважливіших завдань у забезпеченні безпеки під час відпрацюванні родовищ [3–6].

Виклад основного матеріалу. З метою розроблення методу визначення фрактальної розмірності скельного масиву Інгuleцького кар'єру на основі методики аналізу зображень [7–10] виконано масштабне фотографування трьох ділянок на Південному й Західному борті.

Для досліджень обрано ділянки бортів кар'єру, максимально відмінні за фактором тріщинуватості, що зумовлено застосуванням різних методів виставлення

на контури масиву під час ведення гірничих робіт.

Так, на рисунку 1 наведено фотографії спарених уступів південно-західного борту кар'єру ІнгЗК, поставлених у граничне положення методом контурного підривання, з використанням традиційних гірлянд ВР. Далі взяті фотографії спарених уступів південно-західного борту кар'єру ІнгЗК, поставлених у граничне положення методом контурного підривання з використанням укорочених підривних свердловин та фотографії спарених уступів західного борту кар'єру ІнгЗК, що перебувають у граничному положенні тривалий період, і з часом осипаються по природному нашаруванню.

Для цих трьох об'єктів і визначалася фрактальна розмірність породного масиву із застосуванням вищенаведеної методики аналізу зображень, за такою формулою:

$$d = \frac{\ln N}{\ln \left(\frac{1}{\delta} \right)} + 1 = \frac{\lg N}{\lg \left(\frac{1}{\delta} \right)} + 1 \quad (1)$$

де N – кількість ланок, зайнятих тріщинами, при кожному розмірі ланок δ (рис. 1 а–г).

Далі проводимо подібний аналіз тріщинуватості для тріщин, що утворились під час контурного підривання з використанням гірлянд ВР та контурного підривання з використанням укорочених свердловин, результати підрахунків зводимо до графічного виду (рис. 2).

Звідки маємо числові значення фрактальної розмірності:

– для природної тріщинуватості породного укосу:

$$d_1 = \text{tg}\varphi_1 + 1 = 2,27;$$

– для тріщинуватості, що утворилась за контурного підривання з використанням стандартних гірлянд ВР:

$$d_2 = \text{tg}\varphi_2 + 1 = 2,38;$$

– за контурного підривання з використанням укорочених свердловин:

$$d_3 = \text{tg}\varphi_2 + 1 = 2,63.$$

У такий спосіб застосування вищенаведеної методики, дозволяє робити кількісне оцінювання фрактальної

розмірності породних масивів на підставі аналізу фотозображень їх укосів.

Фрактальний підхід дозволяє інакше інтерпретувати масштабний ефект міцності в гірських породах, що проявляється в залежності міцності σ_p від геометричних розмірів тіла [1].



Рис. 1 а. Спарені уступи на південно-західному борті кар'єру ІнГЗК, поставлені в граничне положення методом контурного підривання ($\delta = 8$) / Fig. 1 a. Paired ledges on the south western side of Inguletskyi GOK quarry that have been delimited by the contour blast method ($\delta = 8$)



Рис. 1 б. Спарені уступи на південно-західному борті кар'єру ІнГЗК, поставлені в граничне положення методом контурного підривання ($\delta = 4$) / Fig. 1 б. Paired ledges on the south western side of Inguletskyi GOK quarry that have been delimited by the contour blast method ($\delta = 4$)



Рис. 1 в. Спарені уступи на південно-західному борті кар'єру ІнГЗК, поставлені в граничне положення методом контурного підривання ($\delta = 2$) / Fig. 1 в. Paired ledges on the south western side of Inguletskyi GOK quarry that have been delimited by the contour blast method ($\delta = 2$)



Рис. 1 г. Спарені уступи на південно-західному борті кар'єру ІнГЗК, поставлені в граничне положення методом контурного підривання ($\delta = 1$) / Fig. 1 г. Paired ledges on the south western side of Inguletskyi GOK quarry that have been delimited by the contour blast method ($\delta = 2$)

Причина цього пов'язана з механізмом руйнування крихкого матеріалу, а вплив розмірів тіла на його міцність найчастіше описують за допомогою степеневого закону:

$$\sigma_p \rightarrow V^{-\frac{1}{m}} \quad (2)$$

де V – характерний об'єм матеріалу, що руйнується; m – коефіцієнт неоднорідності крихкого матеріалу.

Інтенсивність прояву масштабного ефекту міцності істотно пов'язана з показником ступеня m , тому що він характеризує ступінь неоднорідності розподілу дефектів у твердому тілі. Сильно неоднорідні матеріали (гірські породи) з більшим розкидом міцнісних властивостей характеризуються малими значеннями m ($m = 1,5-4$) і помітним масштабним ефектом; вони містять, як правило, рідко розташовані великі дефекти на тілі більш дрібних дефектів.

З іншого боку, матеріали з більшими коефіцієнтами неоднорідності m можна розглядати як майже однорідні середовища із численними дрібними дефектами; у межі при $m \rightarrow \infty$ виходить однорідний матеріал, який містить нескінченно багато нескінченно малих дефектів.

Параметр m прямо пов'язаний із фрактальними характеристиками дефектних структур і механізмом руйнування. Справа в тому, що дефектні структури різної природи в крихких матеріалах, мають самоподобу структури й підкоряються фрактальним закономірностям розподілу й росту. Іншими

словами, безліч дефектів у матеріалах уявимо як самоподібний фрактальний кластер розмірністю d ($0 \leq d \leq 3$). Тому коефіцієнт неоднорідності матеріалу m безпосередньо пов'язаний з геометричними й імовірнісними характеристиками дефектної безлічі і його фрактальною розмірністю d . Значення d в об'ємі реального твердого тіла може змінюватись від 2 (рідкі точкові дефекти) до 3 (об'єм, повністю насичений дрібними дефектами).

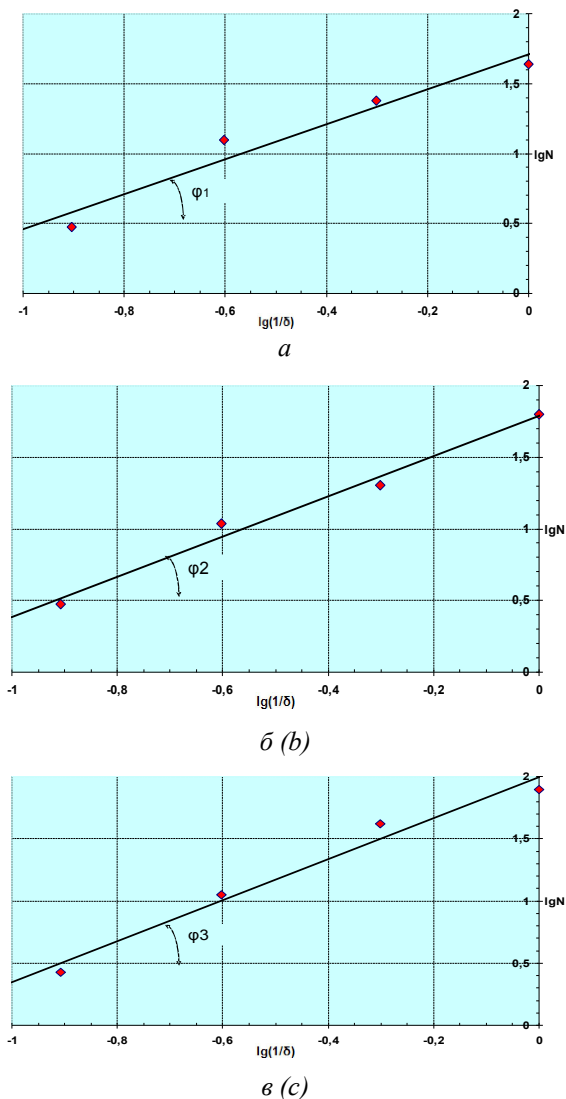


Рис. 2. Результати визначення фрактальної розмірності породних масивів в укосах скельних уступів південно-західного борту кар'єру ІнГЗКа: а) результати підрахунків фрактальної розмірності для природної тріщинуватості породного відкосу; б) результати підрахунків фрактальної розмірності, що утворилась під час контурного підривання з використанням стандартних гірлянд вибухівки; в) результати підрахунків фрактальної розмірності, що утворилась під час контурного підривання з використанням укорочених свердловин /

Fig. 2. Results of rock massifs fractal dimension determination in slopes of rock ledges of south western side of Inguletskiy GOK quarry: a) results of fractal dimension calculations for the destruction of the natural rocks slope; b) results of fractal dimension calculations resulting from contour blasting using standart explosive garlands; c) results of fractal dimension calculations resulting from contour blasting using short wells

У разі $m \rightarrow \infty$, $d \rightarrow 3$, що відповідає уявленню про те, що дефектів нескінченно багато, вони нескінченно малі й рівномірно розподілені за обсягом, а значить, маємо абсолютно однорідний матеріал.

Більш детальні дослідження показали, що розподілені в матеріалі дефекти не рівнозначні, як передбачалося раніше, і в багатьох випадках такі допущення не можна вважати виправданими. У твердому тілі можуть одночасно бути присутніми і впливати на процес руйнування дефекти різних розмірів (масштабних рівнів). Наявність декількох ієрархічних рівнів дефектності спричиняє подібний ієрархічний рівень розподілу навантажень на неоднорідностях. Одні блоки матеріалу виявляються сильно перевантаженими, у той час як інші залишаються недовантаженими або взагалі не несуть ніякого навантаження.

Розглядаючи тепер квазікрихке руйнування тіла з урахуванням того, що зруйнована структура являє собою фрактальний кластер розмірністю d , який, в основному, збігається з дефектною структурою, то руйнування тіла на частини повинна забезпечувати мінімальна дефектна структура, і тому її фрактальна розмірність повинна бути не менш 2 і проявлятися за такої умови [1]:

$$d = 2 - \frac{\ln\left(\frac{\sigma_0}{\sigma}\right)}{\ln\frac{L}{\delta}} = 2 - \frac{\lg\left(\frac{\sigma_0}{\sigma}\right)}{\lg\frac{L}{\delta}}; \quad (3)$$

де σ_0 – міцність матеріалу, порушеного тріщинами й поверхнями ослаблення; σ – руйнівне напруження для структурного елемента (зерна, куска, блоку) розміром δ ; L – характерний розмір твердого тіла.

Перетворимо вищенаведений вираз до наступного виду:

$$\lg \frac{\sigma_0}{\sigma} = (2 - d) \cdot \lg \frac{L}{\delta} \quad (4)$$

Враховуючи, що мету цього дослідження становить визначення ступеня стійкості уступів, груп уступів і бортів кар'єрів, складених скельними породами, відношення σ_0/σ у вищенаведеній формулі, являє собою не що інше як коефіцієнт структурного ослаблення k_c .

Відношення лінійних розмірів L/δ з формули (4) стосовно розрахунків стійкості відкритих гірничих виробок необхідно розглядати як відношення ймовірного об'єму призми зрушення V до об'єму характерного структурного блоку V_0 .

Тоді вираз (4) можна привести до виду, що дозволяє визначити коефіцієнт структурного ослаблення породного масиву відповідно до зміни його фрактальної розмірності:

$$\lg k_c = (2 - d) \cdot \lg \frac{V}{V_0} \quad (5)$$

Звідки одержуємо вираз для визначення коефіцієнта структурного ослаблення породного масиву залежно від його фрактальної розмірності:

$$k_c = 10^{(2-d) \cdot \lg \frac{V}{V_0}} \quad (6)$$

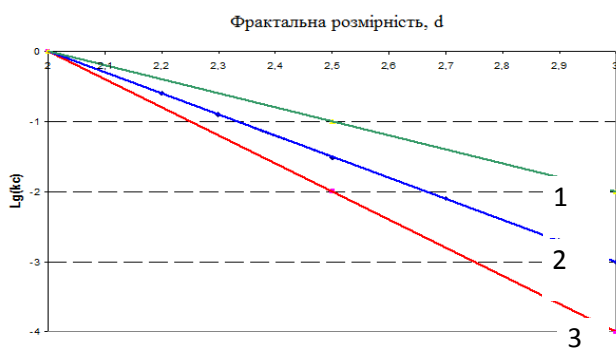


Рис. 3. Залежність коефіцієнта структурного ослаблення k_c породного масиву від величини його фрактальної розмірності за різних значень масштабного фактора / Fig. 3. The dependence of the rock mass structural attenuation k_c coefficient on the value of its fractal dimension at different values of the scale factor

$$1) \frac{V}{V_0} = 100 ; 2) \frac{V}{V_0} = 1000 ; 3) \frac{V}{V_0} = 10000$$

На рисунку 3 наведено графічна залежність коефіцієнта структурного ослаблення породного масиву від величини його фрактальної розмірності за різних значень масштабного фактора.

З урахуванням вищенаведених значень фрактальної розмірності для породного масиву в районі південно-західного борту Інгулецького кар'єру на підставі отриманого аналітичного виразу (6) знайдено числові значення коефіцієнта структурного ослаблення, необхідні для визначення ступеня стійкості здвоєних уступів у районі південно-західного борту Інгулецького кар'єру під час постановки їх на граничний або тимчасово неробочий контур:

- для природної тріщинуватості породного укосу $k_c = 0,021$;
- для тріщинуватості, що утворювала під час контурного підривання з використанням стандартних гірлянд $BPk_c = 0,0195$;
- за контурного висадження з використанням укорочених свердловин $k_c = 0,015$.

Висновки. Співставлення отриманих значень коефіцієнта структурного ослаблення показали, що застосування традиційного методу контурного підривання не дає істотного збільшення (усього на 7,1 %) ступеня порушення законтурного масиву в порівнянні його природною тріщинуватістю.

Використання для контурного підривання вкорочених свердловин викликає більш істотне (на 28,6 %) ослаблення законтурного масиву порівняно з його природним порушенням.

Співставлення отриманих результатів із даними про значення коефіцієнта структурного ослаблення для ділянок південно-західного борту Інгулецького кар'єру, обчисленого традиційним способом, показує, що застосування методу розрахунків коефіцієнта структурного ослаблення з урахуванням фрактальної розмірності дозволяє уточнити його величину на 5...10 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гольдштейн Р. В. Мультифрактальная геометрия и масштабный эффект / Р. В. Гольдштейн, А. Б. Мосолов // ДАН (РАН). -1993. – 329, № 4. –С. 429-431
2. Dinamic Modeling with QUAKE/W. An Engineering Methodology. GEO-SLOPE International Ltd. – Canada, 2007.
3. Karato Sh.-I., Wenk H.-R. (Eds.) Plastic Deformation of Mineralsand Rocks, Mineralogical Society of America, 2002, P. 54-60.
4. Бурштинська Х. В. Теоретичні основи та експериментальні дослідження математичних функцій для побудови цифрових моделей рельєфу / Х. В. Бурштинська, О. С. Заяць // Вісник геодезії та картографії. – 2002. – № 4. –32–37с.
5. V.M. Bowa. Optimization of blasting design parameters on open pitbench a case study of Nchanga open pits. Int. J SciTechnolRes, 4 (9) (2015),– 45–51 pp.
6. B.O. Afum, V.A. Temeng. Reducing drilland blast cost through blast optimisation-a casesudy. Ghana Mining J, 15 (2) (2015), – 50–57 pp.
7. Ампилова Н. Б. Алгоритмы фрактального анализа изображений / Н. Б. Ампилова, И. П. Соловьев // Компьютерные инструменты в образовании, Санкт-Петербург 2012, №2. – С. 19-24.
8. Батчаев И. З. Математическое моделирование посредством предфрактальных графов / И. З. Батчаев // Университетские чтения. – 2011. – Часть XVII. – С. 7-12.
9. Кочкаров А. А. Количественные оценки некоторых связностных характеристик предфрактальных графов / А. А. Кочкаров, Л. И. Сенникова // Прикладная дискретная математика. – 2011. – 4(14). –С. 56-61.
10. Мельник В. М. Растрово-електронна стереомікрофрактографія: монографія / В. М. Мельник, А. В. Шостак // –РВВ “Вежа” ВНУ ім. Лесі Українки. – Луцьк, 2009. – 469 с.
11. Прогноз устойчивости и оптимизация параметров бортов глубоких карьеров: монография под общей редакцией. д.т.н. С.З.Полищука, / [Полищук С. З., Лашко В. Г. и др.]. - Днепропетровск: “Полиграфист”, 2001 г.
12. Романенко А. А. Оценка вариации значений интегрального показателя и коэффициента запаса устойчивости бортов глубоких карьеров / А. А. Романенко // Сборник научных работ. // Строительство, материаловедение, машиностроительство. - Выпуск 92. – Днипро, 2016. – 109 с.
13. Новые подходы к оценке устойчивости откосов и склонов: теория и практика: монография под ред. Полищука С.З. / [Голуб В. В., Полищук С. З., Ветвицкий И. Л.]. – Днепропетровск. – ЧМП «Экономика». – 2014. – 172 с.

REFERENCES

1. Goldshtein R.V. and Molosov A.B. (1993), *Multifraktalnaya geometria i masshtabnyy effekt [Multifractal geometry and scale effect]*, DAN (RAN) [in Russian].
2. Dinamic Modeling with QUAKE/W. An Engineering Methodology. GEO-SLOPE International Ltd. – Canada, 2007.
3. Karato Sh.-I., Wenk H.-R. (Eds.) Plastic Deformation of Mineralsand Rocks, Mineralogical Society of America, 2002, P. 54-60.
4. Burshtinska H.V. and Zayac O.S., (2002), *Teoretichni osnovi ta experimentalni doslidzhennya matematichnih funkciy dlya pobudovi cifrovih modeley reliefu [Theoretical foundations and experimental studies of mathematical functions for the construction of digital terrain models]*. *Visnik geodezii ta kartografii [Bulletin of geodesy and cartography]*. No 4, 32-37 [in Ukrainian].
5. Bowa V.M. Optimization of blasting design parameters on open pitbench a case study of Nchanga open pits. Int. J SciTechnolRes, 4 (9) (2015),– 45–51 pp.
6. Afum B.O. and Temeng V.A. Reducing drilland blast cost through blast optimisation-a casesudy. Ghana Mining J, 15 (2) (2015), – 50–57 pp.
7. Ampilova N.B. and Soloviov I.P. (2012), *Algoritmi fraktalnogo analiza izobrazheniy [Fractal image analysis algorithms]*. Sankt-Peterburg: Kompiuternie instrumenty v obrazovanii [in Russian].
8. Batchaev I.Z. (2011), *Matematischeskoe modelirovanie posredstvom predfraktalnih grafov [Mathematical modeling using pre-fractal graphs]*. Universitetskie chtenia [in Russian].
9. Kochkarov A.A. and Sennikova L.I. (2011), *Kollichestvennye otcenki nekotarih svyaznostnih harakteristik predfraktalnih grafov [Quantitative estimates of some connectivity characteristics of pre-fractal graphs]*. *Prikladnaya diskretnaya matematika [in Russian]*.
10. Melnik V.M. and Shostak A.V. (2009), *Rastrovo-electronna stereomikrofraktografiya: monografiya [Raster-electron stereomicrofractography: a monograph]*. (Eds.), Lutsk: RVV “Vezha” VNU im. Lesi Ukrainki [in Ukrainian].
11. Polishchuk S.Z., Lashko V.G. (2001), *Prognoz ustoychivosti I optimizatsia parametrov boltov glubokih kar'ero [Stability forecast and optimization of deep quarry board parameters]*. a monograph Polishchuk S. Z. (Eds.), Dnepropetrovsk: “Poligrafist” [in Russian].

12. Romanenko A.A. (2016). *Otsenka variatsii znacheny integralnogo pokazatelya i koeficienta zapasa ustoychivosti bortov glubokih karierov* [Evaluation of the variation of the values of the integral indicator and the coefficient of safety margin of the sides of deep quarries]. *Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroitelstvo* – [Construction, materials science, mechanical engineering]. 92, 109 [in Russian].
13. Golub V.V., Polishchuk S.Z. and Vetvitsky I.L. (2014), *Novie podhody k otsenke ustoychivosti otkosov I sklonov: teoria i praktika* [New approaches to the estimation of the stability of slopes and slopes: theory and practice]. a monograph Polishchuk S. Z. (Eds.), Dnepropetrovsk: CHMP “Ekonomika” [in Russian].

Надійшла до редакції 27.09.2019 р.

УДК 004.3:681.586.2:621.317:53.082

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.92.527

МЕТОДИ ВТОРИННОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ПРОСТОРОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ

РИЖКОВ І. В., к. т. н., доц.

Кафедра інформаційних, інформаційно-вимірювальних та комп'ютерних систем, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 595-32-04, email: riv@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-9105-7149

Анотація. Постановка проблеми. Наразі знаходять широке застосування системи, в яких необхідно проводити оцінювання параметрів просторової орієнтації об'єктів. Приклади таких систем – комп'ютерні системи (КС) управління буровим снарядом під час георозвідки, системи прогнозування сейсмічної загрози, діагностичні системи в атомній енергетиці та ін. Таке оцінювання здійснюється, як правило, програмно-апаратними компонентами оцінки просторової орієнтації (ПАКОПО), які входять до спеціалізованих КС і призначені для первинного і вторинного перетворення інформації. При цьому незміщеність оцінки орієнтації визначає ефективність застосування КС. Значна кількість ПАКОПО працює в складних умовах, які характеризуються наявністю вібрації та магнітних аномалій, нестабільністю температури тощо, за жорстких обмежень на розміри первинних перетворювачів (ПП). Аналіз існуючих ПАКОПО показав, що необхідність забезпечення достатньої для потреб практики незміщеності оцінки орієнтації викликає до підвищення ресурсоемності КС у цілому, що суттєво звужує сферу їх застосування. Це зумовлює суперечності між ефективністю і ресурсоемністю ПАКОПО та спеціалізованих КС в цілому. **Мета статті.** Для вирішення цієї суперечності пропонуються методи вторинного перетворення вимірювальної інформації, що дозволяють забезпечити задану незміщеність і підвищити ефективність оцінювання просторової орієнтації об'єктів. **Висновок.** Шляхом математичного моделювання ПП, а також попереднього визначення інструментальних похибок ПП і параметрів зовнішніх магнітних аномалій, знайдено методи вторинної обробки інформації, які дозволяють значно знизити зміщеність оцінки просторової орієнтації об'єктів за допомогою ПАКОПО у складі спеціалізованих КС.

Ключові слова: оцінка орієнтації об'єктів; інклінометр; вторинне перетворення інформації; ферозонд; акселерометр; гіроскоп

МЕТОДЫ ВТОРИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ ОБЪЕКТОВ

РЫЖКОВ И. В., к. т. н., доц.

Кафедра информационных, информационно-измерительных и компьютерных систем, Государственное высшее учебное заведение «Придніпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Дніпро, Украина, тел. +38 (050) 595-32-04, e-mail: riv@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-9105-7149

Аннотация. Постановка проблемы. Сегодня находят широкое применение системы, в которых необходимо проводить оценку параметров пространственной ориентации объектов. Примерами таких систем являются компьютерные системы (КС) управления буровым снарядом при георазведке, системы прогнозирования сейсмической опасности, диагностические системы в атомной энергетике и другие. Такая оценка осуществляется, как правило, программно-аппаратными компонентами оценки пространственной ориентации (ПАКОПО), входящими в специализированные КС и предназначенными для первичного и вторичного преобразования информации. При этом несмещенность оценки ориентации определяет эффективность применения КС. Значительное количество ПАКОПО работает в сложных условиях, характеризующихся наличием вибрации и магнитных аномалий, нестабильностью температуры и т. д., при жестких ограничениях на размеры первичных преобразователей (ПП). Анализ существующих ПАКОПО показал, что необходимость обеспечения достаточной для потребностей практики несмещенности оценки ориентации приводит к повышению ресурсоемкости КС в целом, что существенно сужает сферу их применения. Это порождает противоречия между эффективностью и ресурсоемкостью ПАКОПО и специализированных КС в целом. **Цель статьи.** Для разрешения этого противоречия в данной работе предлагаются методы вторичного преобразования измерительной информации, позволяющие обеспечить заданную несмещенность и повышающие эффективность оценки пространственной ориентации объектов. **Вывод.** Путем математического моделирования ПП, а также предварительного определения инструментальных погрешностей ПП и параметров внешних магнитных аномалий, разработаны методы вторичной обработки

информации, которые позволяют в значительной степени снизить смещенность оценки пространственной ориентации объектов с помощью ПАКОПО в составе специализированных КС.

Ключевые слова: оценка ориентации объектов; инклинометр; вторичное преобразование информации; феррозонд; акселерометр; гироскоп

METHODS OF SECONDARY INFORMATION TRANSFORMATION FOR THE EVALUATING OF OBJECT'S SPATIAL ORIENTATION

RYZHKOV I.V., *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*

Department of Information, Measuring and Computer Systems, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (050) 595-32-04, e-mail: riv@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-9105-7149

Abstract. Problem statement. Today, systems in which it is necessary to evaluate the parameters of the spatial orientation of objects are widely used. Examples of such systems are computer systems (CS) for drilling control during geological exploration, seismic hazard prediction systems, diagnostic systems in nuclear energy, and others. Such an assessment is carried out, as a rule, by the software and hardware components of the spatial orientation assessment (SHCSOA) included in specialized CSs and are intended for primary and secondary transformation of information. In this case, the bias of the orientation estimation determines the efficiency of the use of the CS. A number of SHCSOA works in difficult conditions, characterized by the presence of vibration and magnetic anomalies, instability of the temperature, etc., with severe restrictions on the size of the primary sensors (PS). An analysis of the existing ПАКОПОs showed that the need to ensure the orientation estimation is sufficient for the needs of the practice leads to an increase in the resource of the CS as a whole, which significantly narrows their scope. This gives rise to a contradiction between the efficiency and resource intensity of SHCSOA and specialized CSs. **Purpose.** To resolve this contradiction, this paper proposes methods for the secondary conversion of measurement information, which can provide a given bias and increase the efficiency of assessing the spatial orientation of objects. **Conclusion.** By mathematical modeling of the PS, as well as by preliminary determination of the instrumental errors of the PS and the parameters of the external magnetic anomalies, methods of secondary processing of information are proposed that can significantly reduce the bias in the estimation of the spatial orientation of objects using SHCSOA as part of specialized CS.

Keywords: assessment of the orientation of objects; inclinometer; secondary conversion of information; fluxgate; accelerometer; gyroscope

Постановка проблеми. Наразі існує велика кількість задач, які передбачають застосування комп'ютеризованих ПАКОПО об'єктів та пов'язані з різними галузями промисловості: авіаційною, машинобудуванням, будівництвом, нафто- і газорозвідкою та ін. [1; 2; 4; 10].

При цьому сам процес оцінювання потребує використання як компонентів ПАКОПО інклінометричних ПП з поліпшеними експлуатаційними характеристиками. Це дає можливість істотно підвищити ефективність роботи всієї КС і знизити показник вартості.

Наприклад, сучасна нафтогазодобувна промисловість характеризується великим обсягом похило спрямованого і кушового буріння, значно зросла кількість буринь на морі з плавучих і стаціонарних бурових платформ. У цілому по Україні кількість похило спрямованого буріння становить понад 60 % [5; 7].

За оцінками фахівців, ресурси нафти в Україні складають понад 1,1 млрд тонн. Основні й найбільш перспективні нафтоносні райони – Прикарпатський, Дніпровсько-Донецький і Причорноморський. За прогнозами, шельфи Чорного моря і дна Азовського моря вважаються дуже перспективними районами, ведуться роботи з пошуку тут нових родовищ.

Проте родовища в Україні старі, розсіпані на великих територіях і через глибоке залягання важко піддаються освоєнню. У підсумку, собівартість розвідки і видобутку нафти в Україні надто висока.

Територія України характеризується щільністю забудови та великими площами сільськогосподарських районів, де неможливе проведення бурових робіт. Це змушує активно використовувати методи кушового буріння.

Процес, пов'язаний із будівництвом георозвідувальних свердловин методами кушового буріння, передбачає широке

використання похило спрямованих та горизонтальних свердловин, які під час будівництва потребують високоефективного і оперативного контролю їх траєкторії. Це, у свою чергу, потребує ефективного і своєчасного оцінювання орієнтації бурового інструменту на кожному етапі будівництва свердловини.

Складність цієї оцінювання зумовлюється складними умовами проведення робіт: вібрації, висока температура, віддаленість від поверхні Землі, наявність зовнішніх магнітних аномалій та жорсткі обмеження щодо габаритних розмірів інклінометра.

Аналіз публікацій

Аналіз відомих наукових розробок у напрямку досліджень показує, що основні роботи спрямовані на поліпшення технічних характеристик самих ПП на етапі їх виготовлення. Але це значно підвищує собівартість датчиків і, як наслідок, змушує межі їх реального застосування [2; 3; 8; 10].

Відоме використання як елементів ПАКОПО забійних інклінометричних систем, які забезпечують надто високе зміщення оцінки орієнтації та недостатню надійність роботи обладнання [2; 6; 9]. Інклінометричні системи на базі ЗІС-4 забезпечують прийнятну незміщеність оцінки, проте мають великі габаритні розміри та значні обмеження щодо умов застосування [3; 5]. Найбільш перспективними на сьогоднішній день вважаються ПП з кабельним каналом зв'язку [2; 6–8]. Проте тривають роботи з удосконалення КС, в яких ПАКОПО використовується з електромагнітним і гідравлічним каналами зв'язку [6; 8–10]. Всі відомі дослідження стосуються саме розробки ПАКОПО з високоякісними і дорогими ПП, і майже відсутні роботи направлені на розроблення методів опрацювання вторинної інформації з метою поліпшення технічних характеристик існуючих інклінометричних пристроїв.

Мета дослідження. – розроблення методів вторинної обробки інформації, які, за використання ПАКОПО у складі КС контролю траєкторії свердловини,

дозволяють знизити зміщеність і підвищити ефективність оцінки орієнтації бурового інструменту під час будівництва глибоких та надглибоких свердловин.

Для досягнення мети потрібні: складання уточнювальних математичних моделей ПП різної конфігурації, які здатні враховувати інструментальні (механічні, електричні та температурні) похибки ПП; розроблення методів обчислення індивідуальних значень перерахованих інструментальних похибок для певного ПП; методів обчислення та подальшого врахування впливу магнітних аномалій різного походження на остаточні показники оцінки орієнтації.

Виклад матеріалу. Будівництво і дослідження свердловин сьогодні проводиться з використанням компонентів КС, які не повною мірою задовольняють вимогам ефективності оцінки орієнтації.

Вибір конструкції інклінометра типу використовуваних ПП і відповідних методів вторинної обробки інформації – найважливіші аспекти, які визначають ефективність оцінки орієнтації за допомогою ПАКОПО.

У загальному випадку ПАКОПО являє собою підсистему комплексної системи управління бурінням, яка відповідає за питання, пов'язані з оцінюванням просторової орієнтації бури та траєкторії свердловини.

ПАКОПО складається з наземного і підземного блоків. Підземний блок містить інклінометричний перетворювач (П) і блок сполучення. До складу наземного блока, крім блока сполучення, входить також персональний комп'ютер, за допомогою якого виконується вторинне перетворення інформації. Наземний та підземний блоки пов'язані між собою каналом зв'язку. ПП у загальному випадку містить датчики, що здатні визначати кути Ейлера просторової орієнтації об'єкта. Тобто це перетворювачі азимуту, зенітного та візирного кутів. Кожний з цих датчиків, у свою чергу, являє собою сукупність ПП і блока первинного перетворення сигналу.

На рисунку 1 зображено структуро-логічну схему обробки інформації для оцінювання орієнтації об'єктів за допомогою ПАКОПО. ПП видають аналоговий сигнал, пропорційний проєкціям векторів магнітного поля Землі (МПЗ), прискорення вільного падіння й кутової швидкості обертання Землі на осі чутливості відповідних ПП азимуту, зенітного і візирного кутів. Далі сигнал оцифровується

і після кодування передається каналом зв'язку в наземний блок вторинної обробки інформації.

В останньому за допомогою комп'ютера відбувається вторинна обробка отриманих даних згідно з математичними моделями, що пов'язують показання інклінометра і кути Ейлера просторової орієнтації об'єкта.

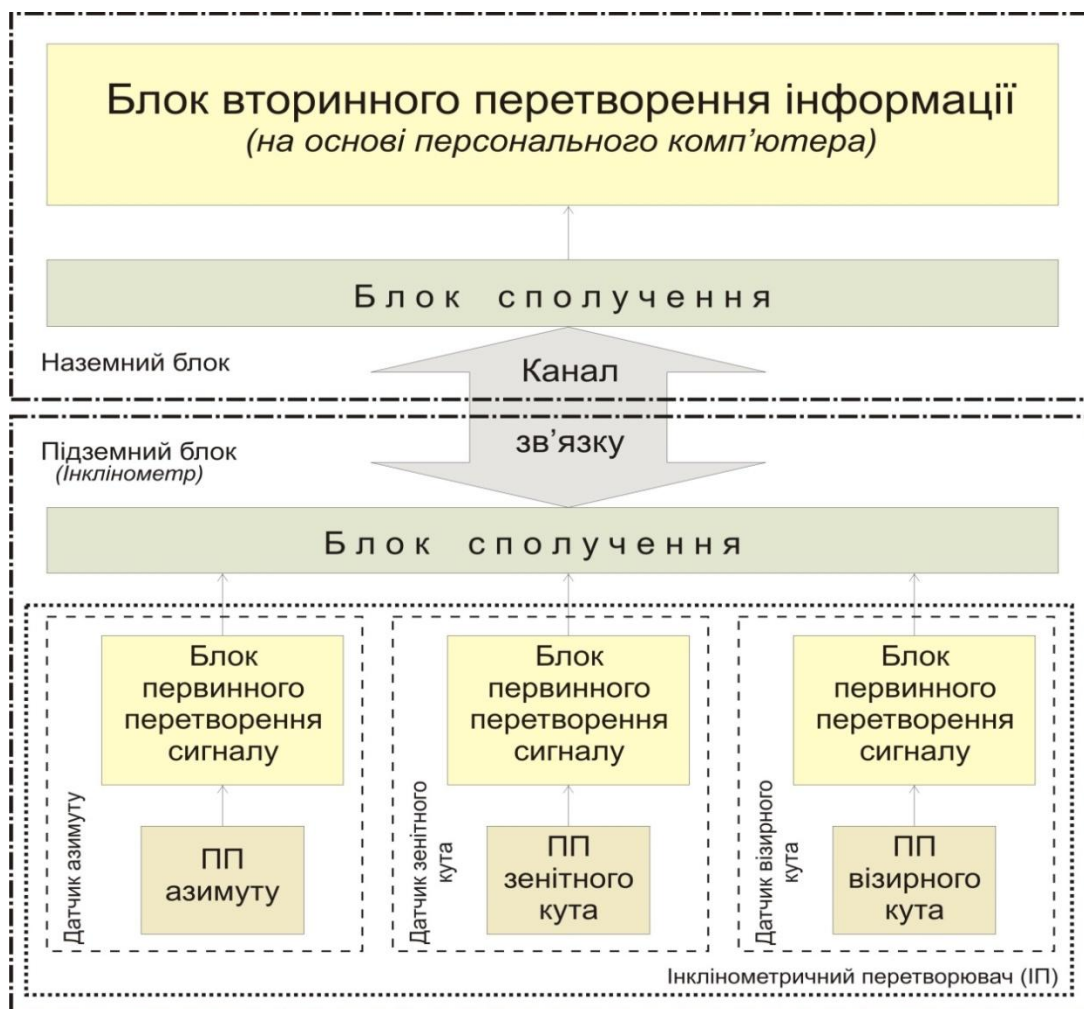


Рис. 1. Структуро-логічна схема обробки інформації для оцінки орієнтації об'єктів за допомогою ПАКОПО / Fig. 1. Structural-logical scheme of information processing for estimation of object orientation by PAKOPO

Отож, вимірювальна інформація обробляється в такій послідовності:

- аналоговий сигнал кожного ПП подається у відповідний блок первинного перетворення сигналу;
- в блоці первинного перетворення сигналу відбувається первинна обробка та виділення інформаційної складової сигналу датчика;

– надалі сигнал перетворюється на цифровий вигляд і в блоці сполучення кодується відповідно до типу каналу зв'язку;

– через відповідний канал зв'язку інформація передається у наземний блок, де вона декодується у наземному блоці сполучення і передається в блок вторинного перетворення інформації;

– остаточна вторинна обробка інформації відбувається за допомогою комп'ютера і відповідно до закладеної математичної моделі інклінометра.

Принципи побудови певних алгоритмів обчислення параметрів α , θ , φ зводяться до

визначення залежностей одиничних ортів ($i = 1, 2, 3$) нерухомого базису R_0 , пов'язаного із Землею, від вимірюваних фізичних величин.

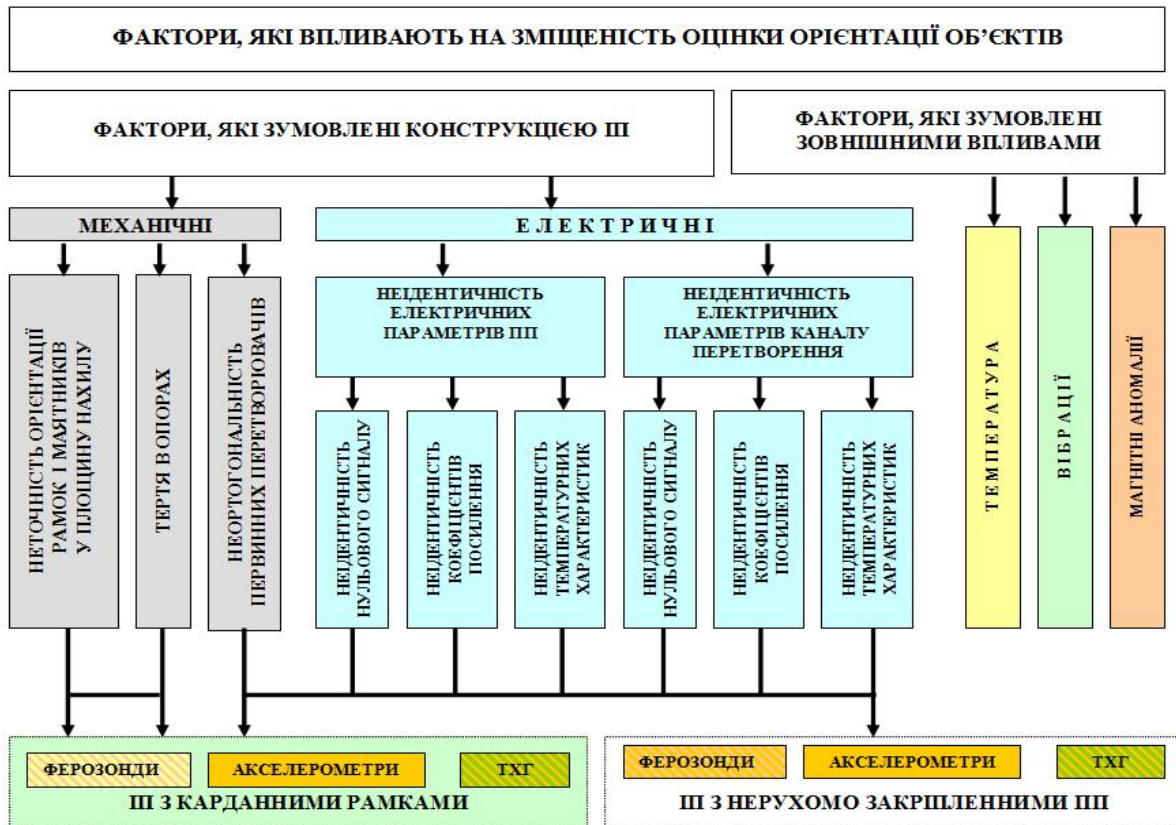


Рис. 2. Фактори, які впливають на зміщеність оцінки орієнтації при використанні ПАКОПО / Fig. 2. Factors that affect the bias of orientation estimates when using PACOPO

Проте під час оцінювання орієнтації виникає значна зміщеність. Це відбувається через наявність багатьох дестабілізуючих факторів, які впливають на якість проведення оцінювання.

Для того, щоб розробити методи забезпечення заданої незміщеності оцінки орієнтації, необхідно визначитись із переліком факторів, які зумовлюють появу цих зміщень.

Проведений аналіз виявив, що в найбільш загальному вигляді всі фактори, які впливають на ефективність оцінювання, можливо поділити на дві групи: фактори, зумовлені конструкцією ІІІ, та зовнішні фактори, що впливають на якість проведення оцінювання орієнтації (рис. 2). Першу групу, у свою чергу, можливо

поділити на механічні та електричні складові. При цьому механічні залежать від якості виготовлення ІІІ і включають: неортогональність осей чутливості ІІІ, вплив на роботу ІІІ тертя опор карданного підвісу і невстановлення карданних рамок у горизонт та площину нахилу інклінометра.

До електричних факторів можливо віднести неідентичність нульових сигналів і коефіцієнтів посилення кожного з чутливих елементів та їх каналів первинного перетворення, а також різні температурні коефіцієнти кожного з використаних ІІІ.

Зовнішні фактори, що викликають зміщеність оцінки, це насамперед вібраційні перевантаження, температура та наявні магнітні аномалії.

Проаналізувавши вплив кожного з вищезгаданих факторів, а також можливості і шляхи їх усунення, зробили висновок, що більшість із них неможливо усунути технологічними методами, тобто шляхом поліпшення якості виготовлення чутливих елементів.

Так, наприклад, ані температурні, ані електричні характеристики кожного елемента неможливо зробити ідеально збіжними при виготовлення ПП. Навіть у межах однієї партії датчиків їх електричні характеристики відрізняються.

Але розроблені і запропоновані автором методи, які передбачають не усунення, а лише визначення індивідуальних електричних та температурних характеристик кожного з ПП з подальшим їх урахуванням на етапі вторинного перетворення інформації дозволяють звести до мінімуму вплив указаних факторів на

остаточну зміщеність результатів оцінювання орієнтації.

Окремо необхідно відмітити і той факт, що застосування запропонованих методів не викликає до подорожчання ні самих датчиків, ані системи ПАКОПО в цілому.

Що стосується усунення впливу магнітних аномалій на ферозондові датчики азимуту, для цього розроблено та запропоновано два нові методи визначення параметрів магнітних перешкод і девіації від них показників оцінки орієнтації. Це дозволяє на етапі вторинного перетворення інформації врахувати функціональний вплив магнітної девіації та обчислити шукані кути Ейлера, значно знизивши зміщеність результатів оцінювання.

Згідно зі складеною уточнювальною математичною моделлю інклінометра отримано такі вирази для обчислення кутів Ейлера:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= -\frac{(d_1^M - \Delta_1^M t) \sin \varphi + (d_2^M - \Delta_2^M t) \cos \varphi}{(d_1^M - \Delta_1^M t) \cos \varphi \sin \theta - (d_2^M - \Delta_2^M t) \sin \varphi \cos \theta + (d_3^M - \Delta_3^M t) \sin \theta}, \\ \operatorname{tg} \alpha_\Gamma &= -\frac{(d_1^\Gamma - \Delta_1^\Gamma t) \sin \varphi + (d_2^\Gamma - \Delta_2^\Gamma t) \cos \varphi}{(d_1^\Gamma - \Delta_1^\Gamma t) \cos \varphi \sin \theta - (d_2^\Gamma - \Delta_2^\Gamma t) \sin \varphi \cos \theta + (d_3^\Gamma - \Delta_3^\Gamma t) \sin \theta}, \\ \operatorname{tg} \theta &= \frac{\sqrt{(d_1^a - \Delta_1^a t)^2 + (d_2^a - \Delta_2^a t)^2}}{d_3^a - \Delta_3^a t}, \quad \operatorname{tg} \varphi = -\frac{d_2^a - \Delta_2^a t}{d_1^a - \Delta_1^a t}, \end{aligned}$$

де використовуються наступні позначення: $d_i^M = \frac{U_i^M - U_{0i}^M}{K_i^M}$, $d_i^\Gamma = \frac{U_i^\Gamma - U_{0i}^\Gamma}{K_i^\Gamma}$, $d_i^a = \frac{U_i^a - U_{0i}^a}{K_i^a}$, $\Delta_i^M = \frac{U_{0i}^M - A_i^M}{K_i^M}$,

$$\Delta_i^\Gamma = \frac{U_{0i}^\Gamma - A_i^\Gamma}{K_i^\Gamma}, \quad \Delta_i^a = \frac{U_{0i}^a - A_i^a}{K_i^a}, \quad U_i^M, U_i^\Gamma, U_i^a, U_{0i}^M, U_{0i}^\Gamma, U_{0i}^a - \text{сигнали і нульові сигнали відповідно}$$

магніточутливого, гіроскопічного і акселерометричного датчиків; $A_i^M, A_i^\Gamma, A_i^a, K_i^M, K_i^\Gamma, K_i^a$ – температурні коефіцієнти відповідно магніточутливого, гіроскопічного і акселерометричного датчиків; α, α_Γ – відповідно магнітний та географічний азимут; θ – зенітний і φ – візирний кут; $i = 1, 2, 3$.

При цьому значення температурних коефіцієнтів і нульових сигналів обчислюються попередньо в лабораторних умовах індивідуально для кожного ПП.

Уточнювальна математична модель інклінометра, що враховує перекося осей чутливості ПП, має вигляд:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha &= -\frac{(d_1^M - \mu_{13}^M d_2^M + \mu_{12}^M d_3^M) \sin \varphi + (d_2^M + \mu_{23}^M d_1^M - \mu_{21}^M d_3^M) \cos \varphi}{(d_1^M - \mu_{13}^M d_2^M + \mu_{12}^M d_3^M) \cos \varphi \sin \theta - (d_2^M + \mu_{23}^M d_1^M - \mu_{21}^M d_3^M) \sin \varphi \cos \theta + (d_3^M - \mu_{32}^M d_1^M + \mu_{31}^M d_2^M) \sin \theta}, \\ \operatorname{tg} \alpha_\Gamma &= -\frac{(d_1^\Gamma - \mu_{13}^\Gamma d_2^\Gamma + \mu_{12}^\Gamma d_3^\Gamma) \sin \varphi + (d_2^\Gamma + \mu_{23}^\Gamma d_1^\Gamma - \mu_{21}^\Gamma d_3^\Gamma) \cos \varphi}{(d_1^\Gamma - \mu_{13}^\Gamma d_2^\Gamma + \mu_{12}^\Gamma d_3^\Gamma) \cos \varphi \sin \theta - (d_2^\Gamma + \mu_{23}^\Gamma d_1^\Gamma - \mu_{21}^\Gamma d_3^\Gamma) \sin \varphi \cos \theta + (d_3^\Gamma - \mu_{32}^\Gamma d_1^\Gamma + \mu_{31}^\Gamma d_2^\Gamma) \sin \theta}, \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\sqrt{(d_1^a - \varepsilon_{13} d_2^a + \varepsilon_{12} d_3^a)^2 + (d_2^a + \varepsilon_{23} d_1^a - \varepsilon_{21} d_3^a)^2}}{d_3^a - \varepsilon_{32} d_1^a + \varepsilon_{31} d_2^a}, \quad \operatorname{tg} \varphi = -\frac{d_2^a + \varepsilon_{23} d_1^a - \varepsilon_{21} d_3^a}{d_1^a - \varepsilon_{13} d_2^a + \varepsilon_{12} d_3^a},$$

де $\mu_{ij}^M, \mu_{ij}^G, \varepsilon_{ij}$ ($i, j = 1, 2, 3$) – малі перекося осей чутливості відповідно магніточутливих ПП, гіроскопів та акселерометрів.

Що стосується впливу магнітних аномалій, то розглядаються два основні їх джерела: постійне магнітне поле аномалії від самої бурової колони, в якій закріплено ПП, та зовнішнє нерухоме відносно Землі постійне магнітне поле аномалії будь-якого походження, в тому числі від обсадних труб діючої або інших свердловин, сторонніх підземних об'єктів, які являють собою джерело магнітного поля.

У першому випадку пропонується провести обертання всієї бурової колони навколо повздовжньої осі свердловини з подальшим обчисленням постійної та змінної складової магнітного поля, що вимірюється, та обчислити параметри магнітної аномалії від самої бурової колони.

У другому випадку пропонується провести попередні заміри в усті свердловини величин та орієнтації опорних векторів $\vec{F}, \vec{g}, \vec{\Omega}$ для подальшого контролю їх взаємного розташування. Оскільки вектори \vec{g} і $\vec{\Omega}$ вважаємо стабільними в певному місці, будь-яка зміна величин чи взаємної орієнтації векторів $\vec{F}, \vec{g}, \vec{\Omega}$ може відбуватися лише внаслідок виникнення

зовнішньої магнітної аномалії. Таким чином, реєструючи та обчисливши ці зміни, можна обчислити параметри магнітної аномалії в точці виміру.

У статті наведено певні послідовності дій, вимірів, обчислень та відповідні математичні вирази, які дозволяють реалізувати запропоновані методи вторинної обробки інформації за допомогою ПАКОПО на практиці.

Висновок. Таким чином, зазначено основні фактори, що викликають зміщеність оцінки орієнтації об'єктів за використання ПАКОПО. Розроблено уточнювальні математичні моделі інклінометра і методи вторинної обробки інформації, які дозволяють забезпечити задану незміщеність оцінки орієнтації шляхом попереднього визначення і подальшої математичної компенсації впливу таких факторів як: неідентичність електричних і температурних характеристик ПП, перекося їх осей чутливості, а також вплив зовнішніх магнітних аномалій, що виникають у зоні оцінювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Эксплуатация технологического комплекса «Мониторинг строительных конструкций АЭС». Общие положения : Стандарт ГП «Национальная атомная энергогенерирующая компания «Энергоатом» / [Е. А. Бауск, И. Н. Матюшенко, И. В. Рыжков]. – СОУ НАЭК 109:2016. – Киев, 2016. – 48 с.
2. Технология и техника бурения : монография / [В. С. Войтенко, А. Д. Смычник, С. Ф. Шемет]. – Минск : Юнипак, 2009. – 416 с.
3. Технология и техника бурения : учеб. пособие / В. С. Войтенко и др.; под общ. ред. В. С. Войтенко. В 2 ч. Ч. 2. Технология бурения скважин. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2013. – 613 с.
4. Исаченко В. Х. Инклинометрия скважин : монография / [В. Х. Исаченко]. – Москва : Недра, 1987. – 216 с.
5. Колпашников Г. А. Инженерная геология : пособ. / Г. А. Колпашников. – Минск : БНТУ, 2017. – 90 с.
6. Нескоромных В. В. Бурение наклонных, горизонтальных и многозабойных скважин : учеб. пособ. / В. В. Нескоромных. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2016. – 322 с.
7. Рыжков И. В. Инклинометрические приборы. Конструкции и способы повышения точности : монография / [И. В. Рыжков]. – Saarbrücken, Deutschland : LAPLAMBERT Academic Publishing, 2016. – 274 с.
8. Бурение разведочных скважин : монография / [Н. В. Соловьев, В. В. Кривошеев, Д. Н. Башкатов и др.]. – Москва : Высшая школа, 2007. – 904 с.
9. Шенберг В. М. Техника и технология строительства боковых стволов в нефтяных и газовых скважинах : монография / [В. М. Шенберг]. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2007. – 594 с.

10. Юшин Е. С. Техника и технология текущего и капитального ремонта нефтяных и газовых скважин на суше и на море : учеб. пособие / Е. С. Юшин. – Ухта : УГТУ, 2019. – 292 с.

REFERENCES

1. Bausk Ye.A. *Eksploatatsiya tekhnologicheskogo kompleksa "Monitoring stroitel'nykh kon-struktsiy AES". Obshchiye polozheniya : Standart gosudarstvennogo predpriyatiya "Natsional'naya atomnaya energogeneriruyushchaya kompaniya "Energoatom". SOU NAEK* [Operation of the technological complex "Monitoring of NPP Construction Structures". General provisions : Standard of the state enterprise "National Atomic Energy Generating Company "Energoatom"]. SOU NAEK 109:2016, Kyiv, 2016, 48 p. (in Russian).
2. Voytenko V.S., Smychnik A.D. and Shemet S.F. *Tekhnologiya i tekhnika bureniya* [Drilling technology]. Minsk : Yunipak, 2009, 416 p. (in Russian).
3. Voytenko V.S. and oth. *Tekhnologiya i tekhnika bureniya : ucheb. posobiye* [Drilling technology and techniques: textbook. allowance]. *Tekhnologiya bureniya skvazhin* [Well drilling technology]. In 2 parts. P. 2. Minsk : Novoye znaniye, Moscow : INFRA-M, 2013, 613 p. (in Russian).
4. Isachenko V.Kh. *Inklinometriya skvazhin* [Well inclinometry]. Moscow : Nedra, 1987, 216 p. (in Russian).
5. Kolpashnikov G.A. *Inzhenernaya geologiya : posobiye* [Engineering Geology: a handbook]. Minsk : BNTU, 2017, 90 p. (in Russian).
6. Neskoromnykh V.V. *Bureniye naklonnykh, gorizontol'nykh i mnogozaboynykh skvazhin : ucheb. posobiye* [Drilling of deviated, horizontal and multilateral wells : textbook allowance]. Krasnoyarsk : Sib. Feder. Un-t, 2016, 322 p. (in Russian).
7. Ryzhkov I.V. *Inklinometricheskiye pribory. Konstruktsii i sposoby povysheniya tochnosti* [Inclinometric devices. Designs and methods for increasing accuracy]. Saarbrucken, Deutschland : LAPLAMBERT Academic Publishing, 2016, 274 p. (in Russian).
8. Solov'yev N.V., Krivosheyev V.V., Bashkatov D.N. and oth. *Bureniye razvedochnykh skvazhin* [Inclinometric devices. Designs and methods for increasing accuracy]. Moscow : Vysshaya shkola, 2007, 904 p. (in Russian).
9. Shenberg V.M. and oth. *Tekhnika i tekhnologiya stroitel'stva bokovykh stvolov v neftyanykh i gazovykh skvazhinakh* [Technique and technology for the construction of sidetracks in oil and gas wells]. Tyumen' : TyumGNGU, 2007, 594 p. (in Russian).
10. Yushin Ye.S. *Tekhnika i tekhnologiya tekushchego i kapital'nogo remonta neftyanykh i gazovykh skvazhin na sushe i na more : ucheb. posobiye* [Technique and technology for the current and capital repair of oil and gas wells on land and at sea : studies allowance]. Ukhta : UGTU, 2019, 292 p. (in Russian).

Надійшла до редакції 14.10.2019 р.

УДК 515.56, 515.6

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.100.528

РЕКОНСТРУЮВАННЯ ЗА ФОТОЗНІМКАМИ ПАМ'ЯТОК АРХІТЕКТУРИ, ЩО МІСТЯТЬ ПОВЕРХНІ ОБЕРТАННЯ

ЯРОВА Т. П.^{1*}, к. т. н., доц.,

СЕРЕДА С. Ю.², ас.,

СОПІЛЬНЯК А. М.³, к. т. н., доц.

^{1*} Кафедра нарисної геометрії та графіки, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (095) 460-29-63, e-mail: yarova.tetyana@pgasa.gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8504-383X

² Кафедра нарисної геометрії та графіки, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (097) 790-83-05, e-mail: sereda.svitlana@pgasa.gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9989-2613

³ Кафедра нарисної геометрії та графіки, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 452-54-45, e-mail: sopilniak.artem@pgasa.gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3067-0529

Анотація. Постановка проблеми. Актуальність теми реконструювання пам'яток архітектури очевидна. Досить зазначити, що цілі міста відновлювалися після світових війн у первозданному вигляді. Для складання проектів реставрації використовуються різні джерела, в тому числі й архівні фотознімки. Тому нові методи метричної обробки фотознімків мають велике значення. Загального методу реконструювання фотознімків не може бути, тому що це залежить від кількості знімків, форми зображених об'єктів, безлічі інших умов. Крайній випадок – реконструювання з одиночного фотознімка. Одне зображення без додаткових умов не визначає ні метричних, ні позиційних властивостей простору. Однак залежно від останніх можна визначити форму, розміри, дані про проекційний апарат і їх взаємне розташування. Для реконструювання знімків за обрисами проекцій поверхонь обертання використовувалося зображення одиночної поверхні, а відсутня інформація поповнювалася з поєднань різних умов іншого роду, накладених на фотознімок об'єкта. **Мета дослідження** – розробити метод геометричного реконструювання за фотознімком об'єкта, що містить ряд поверхонь обертання, які не перекривають одна одну, заснований на використанні координат точок на обрисах проекцій поверхонь, що дозволить розкрити «метод обрисів». **Висновок.** Запропонований метод реконструювання фотознімків дозволяє максимально використовувати інформацію, що міститься на них, і в поєднанні з іншими методами з'ясувати значення шуканих величин і оцінити їх точність. Метрична обробка фотознімків дає можливість виключити етап макетування, що здешевлює складання проектів реставрації.

Ключові слова: метод реконструкції; одиночний фотознімок; метрична обробка; апарат проєкціонування; зображення об'єкта

РЕКОНСТРУИРОВАНИЕ ПО ФОТОСНИМКУ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ, СОДЕРЖАЩИХ ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ

ЯРОВАЯ Т. П.^{1*}, к. т. н., доц.,

СЕРЕДА С. Ю.², асс.,

СОПИЛЬНЯК А. М.³, к. т. н., доц.

^{1*} Кафедра начертательной геометрии и графики, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (095) 460-29-63, e-mail: yarova.tetyana@pgasa.gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8504-383X

² Кафедра начертательной геометрии и графики, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (097) 790-83-05, e-mail: sereda.svitlana@pgasa.gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9989-2613

³ Кафедра начертательной геометрии и графики, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (050) 452-54-45, e-mail: sopilniak.artem@pgasa.gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3067-0529

Аннотация. Постановка проблемы. Актуальность темы реконструкции памятников архитектуры очевидна. Достаточно отметить, что целые города восстанавливались после мировых войн в первозданном виде. Для составления проектов реставрации используются различные источники, в том числе и архивные фотоснимки. Поэтому новые методы метрической обработки фотоснимков имеют большое значение. Общего метода реконструирования фотоснимков не может быть, так как это зависит от количества снимков, формы

изображенных объектов, множества других условий. Крайний случай – реконструирование по одиночному фотоснимку. Одно изображение без дополнительных условий не определяет ни метрических, ни позиционных свойств пространства. Однако в зависимости от последних можно определить форму, размеры, данные о проецирующем аппарате и их взаимном расположении. Для реконструирования снимков по очеркам проекций поверхностей вращения использовалось изображение одиночной поверхности, а недостающая информация восполнялась из сочетаний различных условий другого рода, наложенных на фотоснимок объекта. **Цель исследования** – разработать метод геометрического реконструирования по фотоснимку объекта, содержащего ряд поверхностей вращения, не перекрывающих друг друга, основанный на использовании координат точек на очерках проекций поверхностей, что позволит раскрыть «метод очерков». **Вывод.** Предложенный метод реконструирования фотоснимков позволяет максимально использовать содержащуюся на них информацию и в сочетании с другими методами определить значения искомых величин и оценить их точность. Метрическая обработка фотоснимков дает возможность исключить этап макетирования, что удешевляет составление проектов реставрации.

Ключевые слова: метод реконструирования; одиночный фотоснимок; метрическая обработка; проецирующий аппарат; изображение объекта

RECONSTRUCTION ON A PHOTO OF ARCHITECTURAL MONUMENTS CONTAINING A ROTATION SURFACES

YAROVA T.P.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,
SEREDA S.Yu.², *Ass.*,
SOPILNIAK A.M.³, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*

^{1*} Department of Descriptive Geometry and Graphics, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-80, e-mail: yarova.tetyana@pgasa.gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8504-383X

² Department of Descriptive Geometry and Graphics, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (097) 790-83-05, e-mail: sereda.svitlana@pgasa.gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9989-2613

³ Department of Descriptive Geometry and Graphics, State Higher Educational Institution “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (050) 452-54-45, e-mail: sopilniak.artem@pgasa.gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-3067-0529

Abstract. Problem statement. The relevance of the reconstruction of architectural monuments is obvious. It is enough to note that entire cities were restored after the world wars in their original form. For the preparation of restoration projects, various sources are used, including archival photographs. Therefore, new methods of metric processing of photographs are important. There can be no general method for reconstruction of photographs, since it depends on the number of pictures, the shape of the depicted objects, and many other conditions. The special case is reconstructions from a single photograph. A single image without additional conditions determines neither metric nor positional properties of space. However, depending on the latter, you can determine the shape, size, data about the projecting apparatus and their relative position. An image of a single surface was used, to reconstruct images from sketches of projections of surfaces of revolution and the missing information was made up from combinations of various conditions of a different kind superimposed on the photograph of the object. **Purpose.** To develop a method of geometric reconstruction from a photograph of an object containing a number of surfaces of revolution that do not overlap, based on the use of the coordinates of points on the sketches of the projections of the surfaces, which will allow to reveal the "sketch method". **Conclusion.** The proposed method for reconstruction of photographs allows using in maximum the information contained on them and, in combination with other methods, makes it possible to determine the values of the desired values and evaluate their accuracy. Metric processing of photographs makes it possible to eliminate the stage of prototyping for reduction of the cost of projects restoration.

Keywords: reconstruction method; single photograph; metric processing; projection apparatus; image of the object

Постановка проблемы. Актуальность темы реконструкции памятников архитектуры очевидна. Достаточно отметить, что целые города восстанавливались после мировых войн в первозданном виде. Для составления проектов реставрации используются различные источники, в том числе и

архивные фотоснимки. Поэтому новые методы метрической обработки фотоснимков имеют значение. Они дают возможность заменить этап изготовления макетов объекта точными численными методами.

Анализ публикаций. Общего метода реконструирования фотоснимков не может

быть, так как это зависит от количества снимков, формы изображенных объектов, множества других условий. Крайний случай – реконструирование по одиночному фотоснимку. Одно изображение без дополнительных условий не определяет ни метрических, ни позиционных свойств пространства. Однако в зависимости от последних можно определить форму, размеры, данные о проецирующем аппарате и их взаимном расположении. Такие изображения названы «условными» и исследовались в работах [2; 5].

Попытки использования очерков проекций поверхностей вращения для реконструирования таких фотоснимков и ранее имели место [3; 4]. Но для этого использовалось изображение одиночной поверхности, а недостающая для этого информация восполнялась из сочетаний различных дополнительных условий другого рода, наложенных на фотоснимок объекта.

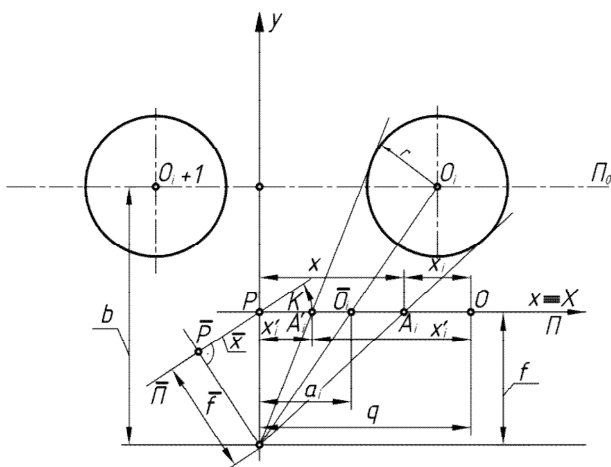


Рис. Графическая модель аппарата проецирования поверхностей вращения на плоскость Π /
Fig. Graphical model of the apparatus of projection of surfaces of rotation on the plane Π

В архитектурных формах часто встречается ряд конгруэнтных (одинаковых по форме, размерам и положению) поверхностей вращения в виде колоннад, куполов, малых архитектурных форм и т. д. Использование для реконструирования объектов по фотоснимкам очерков поверхностей вращения рассматривалось ранее в работах [5; 6].

В данной работе на примере фотоснимка колоннады предлагается реконструирование его с использованием нескольких колонн, не перекрывающих друг друга. Линии очерков при этом, очевидно, должны находиться в определенных соответствиях, подлежащих исследованию.

Цель исследования – разработать метод геометрического реконструирования по фотоснимку объекта, содержащего ряд поверхностей вращения, не перекрывающих друг друга, основанный на использовании координат точек на очерках проекций поверхностей, что позволит раскрыть «метод очерков» в «чистом виде».

Изложение материала. Рассмотрим частную в плане задачу проецирования из центра S ряда поверхностей вращения на плоскость Π , параллельную плоскости Π_0 , в которой расположены оси поверхностей вращения (колонн) (рис.).

Получено уравнение (1) соответствия точечных рядов $x \equiv x'$, где являются соответственными точки A_i и A_i' пересечения касательных из центра S к одной окружности O_i ряда окружностей радиуса r с осью x :

$$x_i^2 + x_i'^2 - \frac{2(1-\mu^2)x_i x_i'}{1-\mu^2} - \frac{4\mu^2 f^2}{(1-\mu^2)^2} = 0, \quad (1)$$

где f – фокусное расстояние фотоснимка,

$\mu = \frac{r}{b}$, b – расстояние от центра S до

плоскости Π_0 осей, x_i и x_i' – координаты

соответственных точек $i = 1, 2$ от начала P

главной точки снимка.

Из того, что параметр μ является отношением двух величин r и b , следует,

что снимок реконструируется с точностью до подобия. Так как уравнение (1) симметрично относительно переменных x_i и

x'_i (2-2 – значная инволюция), то не имеет значения, какая из соответственных точек принадлежит ряду x или x' .

Составив систему двух уравнений вида (1), для чего необходимо изображение двух колонн, находим:

$$\mu = \sqrt{\frac{(e_1 - e) - 2(c_1 - c_2)}{(e_1 - e_2) + 2(c_1 - c_2)}}, \quad (2)$$

$$f = \sqrt{\frac{e_1(1 - \mu^2)^2 - 2c_1(1 - \mu^4)}{4\mu^2}}, \quad (3)$$

c_i – произведение, e_i – сумма квадратов координат x_i и x'_i от начала P соответственных пар точек $i = 1, 2$ на оси x .

Координата a_i изображения оси колонны определяется по формуле:

$$a_i = \frac{(x_i + x'_i)(1 + \mu^2)}{2}, \quad (4)$$

где x_i и x'_i – координаты от начала P соответственных пар точек очерка этой колонны на оси x .

$$q = \frac{(n_3 + n_1)(l_2 - l_1) - (n_2 - n_1)(l_3 - l_1)}{(m_1 - m_2)[2(l_3 - l_1) - (n_3 - n_1)] + (m_1 - m_3)[(n_2 - n_1) - 2(l_2 - l_1)]}, \quad (6)$$

где l_i – произведение, m_i – сумма, n_i – сумма квадратов координат x и x' от начала O соответственных пар точек на оси $x \equiv X$ $i = 1, 2, 3$. Для определения главной точки P снимка необходимо изображение трёх колонн.

Таким образом, по изображению колоннады при фронтальной съёмке и известной главной точке P снимка определяется взаимное положение колоннады и проецирующего аппарата.

Для этого необходимо изображение двух колонн. Но положение главной точки P не всегда определено. Для её определения на оси x намечаем произвольную точку O

нового начала отсчета координат (рис.).

Выполняем перерасчет координат новыми x_i и x'_i от начала O по формуле:

$$x_i = (q - x_i), \quad (5)$$

где q – расстояние между началами отсчётов P и O , и подставляем значение x_i в уравнение (1).

Получим новое нелинейное алгебраическое уравнение с тремя неизвестными f , μ и q (в виду громозкости

его запись в статье не приводится). Для нахождения неизвестных составляем систему трех уравнений полученного вида, решение которой определит расстояние q , т. е. главную точку P снимка:

Представляется возможным рассмотреть более общего случая, когда плоскость $\bar{\Pi}$ снимка расположена под углом к плоскости Π_0 осей колонн колоннады с угловым коэффициентом K в плане. Оси x и \bar{x} – носители соответственных пар точек связаны при этом проективным

соответствием. Для составления этого соответствия на новой оси \bar{x} необходимо изображение четырех колонн $i = 1, 2, 3, 4$

соответственно числу неизвестных $f, u, q,$

K . Однако это усложняет метрическую обработку снимков и уменьшает точность их реконструирования. Поэтому более рационально трансформировать фотоснимок соответствующему положению фронтальной съёмки.

Вывод. Предложенный метод реконструирования снимков позволяет максимально использовать содержащуюся на них информацию и в сочетании с другими ОБметодами определить наиболее надежные значения искоемых величин и оценить их точность. Метрическая обработка снимков позволяет исключить этап макетирования, что удешевляет составление проектов реставрации объектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фотограмметрия : монография / И. Я. Бобир, А. Н. Лобанова, Г. Д. Федорук. – Москва : Недра, 1974. – 162 с.
2. Вольберг О. А. Лекции по начертательной геометрии / О. А. Вольберг. – Москва : Учпедгиз, 1947. – 212 с.
3. Пшеничный В. В. Построение прямоугольных проекций поверхностей вращения по центральной монопроекции / В. В. Пшеничный // Прикладная геометрия и инженерная графика : науч.-техн. сб. – Киев : Будівельник, 1971. – Вып. 13. – С. 74–78.
4. Слюсаренко В. И. Многозначная инволюция в метрических задачах центральных проекций / В. И. Слюсаренко // Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах Украинской ССР. Прикладная геометрия и инженерная графика : науч.-техн. сб. – Киев : Вища школа, 1978. – Вып. 2. – С. 47–53.
5. Четверухин Н. Ф. Условные изображения и параметрический метод их построения / Н. Ф. Четверухин // Вопросы современной начертательной геометрии : науч.-техн. сб. – Москва : Гостехиздат, 1947. – С. 89–94.
6. Яровая Т. П. Геометрическое реконструирование памятников архитектуры, содержащих ряд поверхностей вращения по их фотоснимку / Т. П. Яровая, В. И. Слюсаренко // Міжвідомчий науково-технічний збірник праць КНУТД. – Київ : КНУТД, 2005. – С. 121–124.

REFERENCES

1. Bobir I.Ya., Lobanova A.N. and Fedoruk H.D. *Fotogrammetriya* [Photogrammetry]. Moscow : Nedra, 1974, 162 p. (in Russian).
2. Volberg O.A. *Lektsii po nachertatel'noy geometrii* [Lectures on descriptive geometry]. Moscow : Uchpedgiz, 1947, 212 p. (in Russian).
3. Pshenichny V.V. *Postroyeniye pryamougol'nykh proyeksiiy poverkhnostey vrashcheniya po tsentral'noy monoproieksii* [Construction of rectangular projections of surfaces of revolution according to the central monoproyeksii]. *Prikladnaya geometriya i inzhenernaya grafika* [Applied geometry and engineering graphics]. Kyiv : Budivelnik, 1971, issue 13, pp. 74–78. (in Russian).
4. Slyusarenko V.I. *Mnogoznachnaya involyutsiya v metricheskikh zadachakh tsentral'nikh proyeksiiy* [Multiple-valued involution in metric problems of central projections]. *Referativnaya informatsiya o zakonchennykh nauchno-issledovatel'skikh rabotakh v vuzakh Ukrainskoy SSR. Prikladnaya geometriya i inzhenernaya grafika* [Abstract information on completed research work in universities of the Ukrainian SSR. Applied Geometry and Engineering Graphics]. Kyiv : Vyshcha shkola, 1978, vol. 2, pp. 47–53. (in Russian).
5. Chetverukhin N.F. *Uslovnnyye izobrazheniya i parametricheskyy metod ikh postroyeniya* [Conditional images and the parametric method of their construction]. *Voprosy sovremennoy nachertatel'noy geometrii* [Questions of modern descriptive geometry]. Scientific and technical collection. Moscow : Gostekhizdat, 1947, pp. 89–94. (in Russian).
6. Yarovaya T.P. and Slyusarenko V.I. *Geometricheskoye rekonstruirovaniye pamyatnikov arkhitektury, sodержashchikh ryad poverkhnostey vrashcheniya po ikh fotosnimku* [Geometric reconstruction of architectural monuments containing a number of surfaces of revolution according to their photograph]. *Mizhvidomchiy naukovotekhnichniy zbirnyk prats' KNUTD* [Interagency Scientific and Technical Collection of KNUTD]. KNUTD, 2005, pp. 121–124. (in Russian).

Надійшла до редакції 06.10.2019 р.

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 ДВНЗ ПДАБА.

Адреса редакції:

✉ Україна, 49600, м. Дніпро, вул. Чернишевського, 24-а,
кімната 558 (відповідальний секретар), кімната 2002 (редакційно-видавничий відділ),

☎ +38(050) 452-43-63

e-mail: mitomdnipro1997@gmail.com

Підписано до друку 25.10.2019 р. Формат 60×84 1/8.

Друк цифровий. Умовн. друк. арк. 6,50. Умовн. фарб.-відб. арк. 6,50.

Обл.-видавн. арк. 13,00. Наклад 50 прим. Зам. 151

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 ГБУЗ ПГАСА.

Адрес редакции:

✉ Украина, 49600, г. Днепро, ул. Чернышевского, 24-а,
комната 558 (ответственный секретарь), комната 2002 (редакционно-издательский отдел).

☎ +38(050) 452-43-63

e-mail: : mitomdnipro1997@gmail.com

Подписано к печати 25.10.2019 г. Формат 60×84 1/8.

Печать цифровая. Усл. печ. л. 6,50. Усл. кр.-отт. л. 6,50.

Уч.-изд. л. 13,00. Тираж 50 экз. Зак. 151

Authors are 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 of SHEI PSACEA.

Editorial address:

✉ room 558 (Executive Secretary), room 2002 (Editorial Department
24-A, Chernyshevskoho St., Dnipro, 49600, Ukraine).

☎ +38(050) 452-43-63

e-mail: : mitomdnipro1997@gmail.com

Sent to press on 25 October 2019. Format 60×84 1/8.

Digital printing. Conventional quire 6,50. Conventional colour imprints 6,50.

Publisher's signatures 13,00. Number of copies 50. Order 151