



ISSN 2512-2676

ВІСНИК

ПРИДНІПРОВСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

BULLETIN

OF PRYDNIPROVS'KA
STATE ACADEMY OF
CIVIL ENGINEERING
AND ARCHITECTURE

№ 2 лютий 2016 року

Дніпропетровськ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

ВІСНИК

**ПРИДНІПРОВСЬКОЇ
ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Заснований у травні 1997 року

**№ 2 (215)
лютий 2016**

Дніпропетровськ 2016

РЕДАКЦІЙНА РАДА:

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

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

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

В. Ф. Башев, д-р фіз.-мат. наук, *Державний національний університет ім. Олесь Гончара, Дніпропетровськ*. А. І. Білоконь, д-р техн. наук, *Придніпровська державна академія будівництва та архітектури (ПДАБА), Дніпропетровськ*. В. М. Вадимов, д-р архітектури, *Полтава*. Н. І. Верхоглядова, д-р екон. наук, *ПДАБА, Дніпропетровськ*. Д. Ф. Гончаренко, д-р техн. наук, *Харківський національний університет будівництва та архітектури (ХНУБА), Харків*. В. В. Данішевський, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпропетровськ*. В. М. Дерев'яно, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпропетровськ*. В. І. Дубницький, д-р екон. наук, *Донецький економіко-гуманітарний інститут, Донецьк*. М. М. Дьомін, д-р архітектури, *Київський національний університет будівництва та архітектури (КНУБА), Київ*. Г. П. Євсєєва, д-р наук держ. упр., *ПДАБА, Дніпропетровськ*. Є. А. Єгоров, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпропетровськ*. В. Г. Заренбін, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпропетровськ*. С. В. Іванов, д-р екон. наук, *ПДАБА, Дніпропетровськ*. С. В. Каламбет, д-р екон. наук, *Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, Дніпропетровськ*. Г. М. Ковшов, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпропетровськ*. Ю. О. Кірічек, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпропетровськ*. Т. С. Кравчуновська, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпропетровськ*. В. П. Мироненко, д-р архітектури, *ХНУБА, Харків*. Ю. В. Орловська, д-р екон. наук, *ПДАБА, Дніпропетровськ*. А. В. Плеханов, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпропетровськ*. В. Л. Седін, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпропетровськ*. С. О. Слободянюк, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпропетровськ*. В. О. Тимохін, д-р архітектури, *КНУБА, Київ*. А. В. Челноков, канд. техн. наук, *ПДАБА, Дніпропетровськ*. М. В. Шпірько, д-р техн. наук, *ПДАБА, Дніпропетровськ*. М. Куна-Бронійовські, проф., *Університет природничих наук, Люблін (Польща)*. Є. Красовський, д-р техн. наук, проф., *Польська Академія наук, Комісія механізації та енергетики землеробства, Люблін (Польща)*

Збірник наукових праць 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 № 9702 – видане Державним комітетом телебачення і радіомовлення України 24 березня 2005 р.

Засновник та видавець Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
Виходить 12 разів на рік

Рекомендовано до друку вченою радою академії, протокол № 9 від 23. 02. 2016 р.

Сайт видання [http:// visnyk.pgasa.dp.ua](http://visnyk.pgasa.dp.ua)

Наукометричні бази та електронні бібліотеки, в яких зареєстрований науковий журнал *Інформаційно-аналітичні системи: РІНЦ (eLibrary), InfoBase Index (IBI Factor = 3,96), Universal Impact Factor, Open Academic Journal Index, Directory, Indexing of International Research Journals (CiteFactor). Електронні бібліотеки та пошукові системи: Bielefeld Academic Search Engine (BASE), CyberLeninka, OCLC WorldCat, Open Journal Systems, Українські наукові журнали, Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського*

Художній і технічний редактор С. Д. Моїсенко
Перекладач Л. В. Михайлова
Редактор В. Д. Маловик
Коректор В. Д. Маловик.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

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

ВЕСТНИК

**ПРИДНЕПРОВСКОЙ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Основан в мае 1997 года

**№ 2 (215)
февраль 2016**

Днепропетровск 2016

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

| | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| Главный редактор | В. И. Большаков, д-р техн. наук |
| Заместитель главного редактора | Н. В. Савицкий, д-р техн. наук |
| Ответственный секретарь | Г. П. Евсеева, д-р наук гос. упр. |

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

В. Ф. Башев, д-р физ.-мат. наук, *Государственный национальный университет им. Олеся Гончара, Днепропетровск.* А. И. Белоконь, д-р техн. наук, *Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры (ПГАСА), Днепропетровск.* В. М. Вадимов, д-р архитектуры, *Полтава.* Н. И. Верхоглядова, д-р экон. наук, *ПГАСА, Днепропетровск.* Д. Ф. Гончаренко, д-р техн. наук, *Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (ХНУСА), Харьков.* В. В. Данишевский, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепропетровск.* В. Н. Деревянко, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепропетровск.* В. И. Дубницкий, д-р экон. наук, *Донецкий экономико-гуманитарный институт, Донецк.* Н. М. Демин, д-р архитектуры, *Киевский национальный университет строительства и архитектуры (КНУСА), Киев.* Г. П. Евсеева, д-р наук гос. упр., *ПГАСА, Днепропетровск.* Е. А. Егоров, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепропетровск.* В. Г. Заренбин, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепропетровск.* С. В. Иванов, д-р экон. наук, *ПГАСА, Днепропетровск.* С. В. Каламбет, д-р экон. наук, *Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна, Днепропетровск.* Г. Н. Ковшов, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепропетровск.* Ю. А. Киричек, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепропетровск.* Т. С. Кравчуновская, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепропетровск.* В. П. Мироненко, д-р архитектуры, *ХНУСА, Харьков.* Ю. В. Орловская, д-р экон. наук, *ПГАСА, Днепропетровск.* А. В. Плеханов, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепропетровск.* В. Л. Седин, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепропетровск.* С. А. Слободянюк, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепропетровск.* В. А. Тимохин, д-р архитектуры, *КНУСА, Киев.* А. В. Челноков, канд. техн. наук, *ПГАСА, Днепропетровск.* Н. В. Шпирько, д-р техн. наук, *ПГАСА, Днепропетровск.* М. Куна-Бронийовски, проф., *Университет естественных наук, Люблин (Польша).* Е. Красовский, д-р техн. наук, проф., *Польская Академия наук, Комиссия механизации и энергетики земледелия, Люблин (Польша)*

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

Свидетельство о государственной регистрации печатного средства массовой информации – серия КВ № 9702 – выдано Государственным комитетом телевидения и радиовещания Украины 24 марта 2005 г.

Основатель и издатель Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»
Выходит 12 раз в год

Рекомендовано к печати ученым советом академии, протокол № 9 от 23. 02. 2016 г.

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

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

Художественный и технический редактор С. Д. Моисеенко
Переводчик Л. В. Михайлова
Редактор В. Д. Маловик
Корректор В. Д. Маловик.

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

**STATE HIGHER EDUCATION ESTABLISHMENT
PRYDNIPROVS'KA STATE ACADEMY
OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE**

BULLETIN

**OF PRYDNIPROVS'KA
STATE ACADEMY
OF CIVIL ENGINEERING
AND ARCHITECTURE**

COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS

Established in May, 1997

No. 2 (215)

February 2016

Dnipropetrovsk 2016

EDITORIAL BOARD:

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

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

EDITORIAL STAFF:

V. F. Bashev, Doctor of Physics and Mathematics, *Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Dnipropetrovsk*. A. I. Bilokon, Doctor of Engineering Science, *Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture (PSACEA), Dnipropetrovsk*. V. M. Vadymov, Doctor of Architecture, *Poltava*. N. I. Verkhogliadova, Doctor of Economics, *PSACEA, Dnipropetrovsk*. D. F. Goncharenko, Doctor of Engineering Science, *Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkiv (KSUCEA), Kharkiv*. V. V. Danyshevskiy, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipropetrovsk*. V. M. Derevianko, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipropetrovsk*. V. I. Dubnytskyi, Doctor of Economics, *Donetsk Institute of Economics and Humanities, Donetsk*. M. M. Diomin, Doctor of Architecture, *Kyiv National University of Construction and Architecture (KNUCA), Kyiv*. G. P. Yevseieva, Doctor of Public Management, *PSACEA, Dnipropetrovsk*. I. A. Yegorov, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipropetrovsk*. V. G. Zarenbin, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipropetrovsk*. S. V. Ivanov, Doctor of Economics, *PSACEA, Dnipropetrovsk*. S. V. Kalambet, Doctor of Economics, *Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnipropetrovsk*. G. M. Kovshov, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipropetrovsk*. Yu. O. Kirichuk, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipropetrovsk*. T. S. Kravchunovska, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipropetrovsk*. V. P. Myronenko, Doctor of Architecture, *KSUCEA, Kharkiv*. Yu. V. Orlovska, Doctor of Economics, *PSACEA, Dnipropetrovsk*. A. V. Pliexhanov, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipropetrovsk*. V. L. Siedin, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipropetrovsk*. S. O. Slobodianiuk, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipropetrovsk*. V. O. Tymokhin, Doctor of Architecture, *KNUCA, Kyiv*. O. V. Chelnokov, Candidate of Engineering Science, *PSACEA, Dnipropetrovsk*. M. V. Shpirko, Doctor of Engineering Science, *PSACEA, Dnipropetrovsk*. M. Kuna-Broniowski, Prof., *University of Life Sciences, Lublin, Poland*. E. Krasowski, Doctor of Engineering Science, Prof., *Polish Academy of Sciences, Commission mechanization and energy of agriculture, Lublin, Poland*

Collection of Scientific Papers is included in List No. 1 of scientific professional publications of Ukraine, where the results of dissertations for the degree of Doctor and Candidate of Engineering Sciences and Architecture can be published according to the Resolution of the Ministry of science and education of Ukraine No.1021 dated 07.10.2015

Certificate of Incorporation of the Print Media – Series KV No. 9702 – issued by the State Committee for Television and Radio Broadcasting of Ukraine dated March 24, 2005

Founder & Publisher State Higher Educational Institution ‘Prydniprov’s’ka State Academy of Civil Engineering and Architecture’
Issued 12 times a year

Recommended for publication by the Academic Board of the Academy, Minutes No. 9, 23.02.2016

Journal website [http:// visnyk.pgasa.dp.ua](http://visnyk.pgasa.dp.ua)

Placement of the journal in the international scientometric databases and repositories *Abstracting systems:* information and analytical system RSCI (Russian Science Citation Index), InfoBase Index (IBI Factor = 3,96), Universal Impact Factor, Open Academic Journal Index, Directory Indexing of International Research Journals (CiteFactor). *Electronic Libraries:* Bielefeld Academic Search Engine (BASE), CyberLeninka, OCLC WorldCat, Open Journal Systems, Ukrainian scientific journals, The V. I. Vernadsky National Library of Ukraine

Art & Technical Editor S. D. Moiseenko
Interpreter L. B. Mykhailova
Editor V. D. Malovyk
Proofreader V. D. Malovyk.

У ЦЬОМУ НОМЕРІ

НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ

- Большаков В. І.
СИНЕРГЕТИКА І САМООРГАНІЗАЦІЯ МЕЗОСТРУКТУРИ
В УМОВАХ ДЕФОРМУВАННЯ МАТЕРІАЛУ 10
- Седін В. Л., Ульянов В. Ю., Бауск Е. А., Ульянов Я. В.
МЕТОДИКА ВИПРОБУВАНЬ ҐРУНТІВ УНІВЕРСАЛЬНИМ ДИНАМІЧНИМ ЗОНДОМ
ЛДАТЕ..... 19
- Чорноморець Г. Я., Іродов В. Ф.
МАТЕМАТИЧНЕ ТА ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ ТА
ПРОЕКТУВАННЯ ТРУБЧАСТИХ ГАЗОВИХ НАГРІВАЧІВ, РОЗТАШОВАНИХ У
БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЯХ 25
- Ішутіна Г. С.
ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНИТОРИНГУ 32
- Павлов І. Д., Арутюнян І. А., Павлов Ф. І., Терех М. Д.
СИСТЕМОЛОГІЯ В РОЗВИТКУ Й КЕРУВАННІ ВИРОБНИЧИМИ СИСТЕМАМИ 37
- Воронін В. О., Лянце Е. В.
РИНКОВА ВАРТІСТЬ ОБ'ЄКТА НЕРУХОМОСТІ В УМОВАХ
СУТТЄВОЇ ДЕВАЛЬВАЦІЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ ВАЛЮТИ 46
- Ужеловський В. О., Руденко О. А.
ЕКСТРЕМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ ПРОДУКТИВНІСТЮ ПОМЕЛУ ВАПНЯКУ У
ДВОКАМЕРНОМУ КУЛЬОВОМУ МЛІНІ 55
- Нетеса М. І., Паланчук Д. В.
ЛЕГКІ БЕТОНИ НА ОСНОВІ ГРАНШЛАКУ 62
- ### АРХІТЕКТУРА
- Дьяченко Л. Ю., Дьяченко О. С., Малашенко А. С.
ОСОБЛИВОСТІ ЗВЕДЕННЯ ШВИДКОСПОРУДЖУВАНИХ МАЛОПОВЕРХОВИХ
БУДІВЕЛЬ ІЗ БЛОК-МОДУЛІВ В УКРАЇНІ 69

В ЭТОМ НОМЕРЕ

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

- Большаков В. И.
СИНЕРГЕТИКА И САМООРГАНИЗАЦИЯ МЕЗОСТРУКТУРЫ
ПРИ ДЕФОРМИРОВАНИИ МАТЕРИАЛА 10
- Седин В. Л., Ульянов В. Ю., Бауск Е. А., Ульянов Я. В.
МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ ГРУНТОВ УНИВЕРСАЛЬНЫМ
ДИНАМИЧЕСКИМ ЗОНДОМ ЛИАТЭ 19
- Черноморец Г. Я., Иродов В. Ф.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА
И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРУБЧАТЫХ ГАЗОВЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ,
РАСПОЛОЖЕННЫХ В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ 25
- Ишутина А. С.
ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА 32
- Павлов И. Д., Арутюнян И. А., Павлов Ф. И., Терех М. Д.
СИСТЕМОЛОГИЯ В РАЗВИТИИ И УПРАВЛЕНИИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ 37
- Воронин В. А., Лянце Э. В.
РЫНОЧНАЯ СТОИМОСТЬ ОБЪЕКТА НЕДВИЖИМОСТИ
В УСЛОВИЯХ СУЩЕСТВЕННОЙ ДЕВАЛЬВАЦИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ВАЛЮТЫ 46
- Ужеловський В. А. Руденко Е. А.
ЭКСТРЕМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ПОМОЛА
ИЗВЕСТНЯКА В ДВУХКАМЕРНОЙ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ 55
- Нетеса Н. И., Паланчук Д. В.
ЛЕГКИЕ БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ГРАНШЛАКА 62
- ### АРХИТЕКТУРА
- Дьяченко Л. Ю., Дьяченко О. С., Малашенко А. С.
ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА БЫСТРОВЗВОДИМЫХ
МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ БЛОК-МОДУЛЕЙ В УКРАИНЕ 69

IN THIS ISSUE

SCIENTIFIC RESEARCH

- Bolshakov V. I.
SYNERGETICS AND SELF - ORGANOZATION OF MESOSTRUCTURES
IN A DEFORMATION OF THE MATERIAL 10
- Sedin V. L., Ul'yanov V. Yu., Bausk E. A., Ul'yanov Ya. V.
METHODS OF SOIL TESTING BY UNIVERSAL DYNAMIC PROBE OF LRN & TP 19
- Chornomorets H. Y., Irodov V. F.
MATHEMATICAL AND INFORMATION SUPPORT FOR CALCULATION AND
DESIGN OF TUBE GAS HEATERS LOCATED IN STRUCTURES 25
- Ishutina A. S.
THE TECHNOLOGY OF IMPROVING THE RELIABILITY OF GEODETIC MONITORING 32
- Pavlov I. D., Arutyunyan I. A., Pavlov F. I., Terekh M. D.
SYSTEMOLOGY IN DEVELOPMENT AND MANAGEMENT BY PRODUCTIVE SYSTEMS 37
- Voronin V. O., Lyantse E. V.
THE MARKET VALUE OF THE REAL ESTATE IN A SIGNIFICANT
DEVALUATION OF THE NATIONAL CURRENCY 46
- Uzhelovsky V. A., Rudenko E. A.
EXTREME MANAGEMENT OF PERFORMANCE GRINDING OF LIMESTONE
INTO TWO-CHAMBER BALL MILLS 55
- Netesa M. I., Palanchuk D. V.
LIGHTWEIGHT CONCRETE BASED GRANSHLAK 62
- ### ARCHITECTURE
- Dyachenko L. Y., Dyachenko O. S., Malashenko A. S.
BASIC FEATURES OF PREFABRICATED CONSTRUCTION LOW-RISE BUILDINGS
OF THE BLOCK-MODULES IN UKRAINE 69

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

Редколегія не завжди поділяє авторську точку зору.

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

Адреса редакції:

✉ Україна, 49600, м. Дніпропетровськ, вул. Чернишевського, 24^а,
кімната 607-В (відповідальний секретар), кімната 657 (аналітичний сектор фахових видань).

☎ (0562) 756-34-98, (0562) 756-34-71

e-mail: visnik_psacea@ukr.net

Підписано до друку 23.02.2016 р. Формат 60×84 1/8.

Друк офсетний. Умовн. друк. арк. 3,95. Умовн. фарб.-відб. арк. 3,95.

Обл.-видавн. арк. 6,89. Тираж 300 прим. Зам. 123

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

Редколлегия не всегда разделяет авторскую точку зрения.

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

Адрес редакции:

✉ Украина, 49600, г. Днепропетровск, ул. Чернышевского, 24^а,
комната 607-В (ответственный секретарь), комната 657 (аналитический сектор профессиональных изданий).

☎ (0562) 756-34-98, (0562) 756-34-71

e-mail: visnik_psacea@ukr.net

Подписано к печати 23.02.2016 г. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,95. Усл. кр.-отт. л. 3,95.

Уч.-изд. л. 6,89. Тираж 300 экз. Зак. 123

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

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

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

Editorial address:

✉ 24a Chernyshevskogo Street, Dnipropetrovs'k, 49600, Ukraine
room 607-V (Executive Secretary), room 657 (analytical sector of professional periodical).

☎ (0562) 756-34-98, (0562) 756-34-71

e-mail: visnik_psacea@ukr.net

Send to press on 23 February, 2016. Format 60x84 1/8.

Offset printing. Conventional quire 3.95. Conventional color imprints 3.95.

Publisher's signatures 6.89. Number of copies 300. Order 123

НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 530.192

СИНЕРГЕТИКА И САМООРГАНИЗАЦИЯ МЕЗОСТРУКТУРЫ ПРИ ДЕФОРМИРОВАНИИ МАТЕРИАЛА

БОЛЬШАКОВ В. И. *, *д. т. н., проф.*

*Кафедра материаловедения и обработки материалов, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 745-23-72, e-mail: bolshakov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

Аннотация. Термин «синергетика», введенный в научную литературу Г. Хакеном, означает «совместное действие, самоорганизованность, особый эффект от совместного действия в сложных системах». Одновременно развивались новые представления о диссипативных структурах, образующихся в неравновесных условиях в результате обмена энергией (и веществом) с окружающей средой при подводе внешней энергии к материалу. Это научное направление возглавил И. Р. Пригожин. Нелинейная наука открывает новые возможности в изучении поведения реальных сложных динамических систем. Нелинейная динамика – это новая наука, изучающая эволюцию реальных нелинейных систем, в которых наряду с детерминизмом появляется динамический хаос.

Ключевые слова: синергетика, нелинейная наука, нелинейная динамика, сложные структуры, самоорганизация

СИНЕРГЕТИКА І САМООРГАНІЗАЦІЯ МЕЗОСТРУКТУРИ В УМОВАХ ДЕФОРМУВАННЯ МАТЕРІАЛУ

БОЛЬШАКОВ В. І. *, *д. т. н., проф.*

* Кафедра матеріалознавства та обробки матеріалів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 745-23-72, e-mail: bolshakov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

Анотація. Термін «синергетика», введений в наукову літературу Г. Хакеном, означає «спільна дія, самоорганізованість, особливий ефект від спільної дії в складних системах». Одночасно розвивалися нові уявлення про дисипативні структури, що утворюються в нерівноважних умовах у результаті обміну енергією (і речовиною) з навколишнім середовищем під час підведення зовнішньої енергії до матеріалу. Цей науковий напрям очолив І. Р. Пригожин. Нелінійна наука відкриває нові можливості у вивченні поведінки реальних складних динамічних систем. Нелінійна динаміка – це нова наука, що вивчає еволюцію реальних нелінійних систем, у яких поряд із детермінізмом з'являється динамічний хаос.

Ключові слова: синергетика, нелінійна наука, нелінійна динаміка, складні структури, самоорганізація

SYNERGETICS AND SELF-ORGANIZATION OF MESOSTRUCTURES IN A DEFORMATION OF THE MATERIAL

BOLSHAKOV V. I. *, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*

* Department of Materials and Materials Processing, State Higher Educational Establishment "Prydneprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, Tel. +38 (0562) 745-23-72, e-mail: bolshakov@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-0790-6473

Summary. The term "synergy", introduced in scientific literature by G. Haken, means "joint action, self-organization, the special effects of the joint action in complex systems." At the same time new concepts have been developing about dissipative structures generating under no equilibrium conditions as a result of the exchange of energy (and substance) with the environment when approaching the external energy to the material. This scientific direction was headed by IR Prigogine. Nonlinear Science opens up new possibilities in the study of the conduct of real complex dynamic systems. Nonlinear dynamics is a new science studying the evolution of the real nonlinear systems, where along with determinism appears dynamic chaos.

Keywords: synergetic, nonlinear science, nonlinear dynamics, complex structures, self-organization

Общие сведения о синергетике и нелинейной динамике. Термин «синергетика», введенный в научную литературу Г. Хакеном [1], означает «совместное дейст-

вие, самоорганизованность, особый эффект от совместного действия в сложных системах» [2 – 5]. Одновременно развивались новые представления о диссипативных

структурах, образующихся в неравновесных условиях в результате обмена энергией (и веществом) с окружающей средой при подводе внешней энергии к материалу. Это научное направление возглавил И. Р. Пригожин [6 – 16].

Главное, что отличает замкнутую систему, находящуюся в состоянии внутреннего равновесия, от системы, открытой для потоков вещества и энергии, – это поведение во времени. В равновесном состоянии любой поток, направленный в одну сторону, компенсируется таким же по величине потоком в обратном направлении, всякий акт рождения уравнивается актом уничтожения.

Открытая система способна к обмену энергией и веществом с окружающей средой, что удерживает ее вдали от термодина-

мического равновесия.

Все реальные системы (геологические, климатические, биологические, технологические, социологические) всегда открытые. В них наряду с некоторым детерминизмом возникает динамический хаос, точки бифуркации, новые самоорганизованные, диссипативные, более сложные структуры. Общие проблемы развития (эволюции) природы и социума по законам синергетики и нелинейной динамики развиты в работах Н. Н. Моисеева [17], С. П. Капицы, С. П. Курдюмова, Г. Г. Малинецкого [18 – 25].

Первой междисциплинарной наукой в XX в. стала кибернетика, созданная трудами Норберта Винера, его коллег и последователей.

| СИНЕРГЕТИКА | | |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Междисциплинарная наука или метод? | | |
| синергетические принципиальные признаки парадигмы | | традиционные дисциплины |
| He | Устойчивость, линейность, обратимость, равновесность | механика, математика, физика, биология, химия |
| | Случайность, стохастичность – необходимость, детерминизм | философия |
| Коллективность, автоволновость систем | | информатика, астрофизика |

| СИНЕРГЕТИКА | | |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| наука о самоорганизации систем в природе | | |
| Порядок → хаос Эволюция | | (термодинамика) (Дарвин) |
| изменчивость – наследственность – отбор | | |
| Стохастичность, неопределенность в содействии с детерминизмом | Метаболизм – обмен со средой – снижение энтропии, наследие прошлого, сохранение уровней иерархических структур | Предпочтение новой системе с минимумом энтропии |

1970-е годы отмечены появлением нового междисциплинарного подхода – синергетики, или теории самоорганизации новых структур в природе и обществе. Сегодня

тики, или теории самоорганизации новых структур в природе и обществе. Сегодня

интенсивно развивается нелинейная динамика – новая наука, изучающая реальные сложные динамические системы, претерпевающие плавное эволюционное развитие; хаотические состояния; скачки и катастрофы и т. д.

В фундаменте здания современной науки (физики, математики, химии, биологии и многих других) лежат представления о взаимозависимости явлений, равновесности природных процессов, об их обратимости и линейности, а, следовательно, прогнозируемости.

Конец XX – начало XXI в. изменили эти, казалось бы, фундаментальные представления. Оказывается, мир неравновесен, в нем многое происходит непредсказуемо, скачкообразно, случайно; в знаниях ученых часто лежат отрывчатые, неполные, упрощенные представления.

Великий Галилео Галилей 400 лет назад ошибочно утверждал: «Нет вообще ничего, – кроме кругового движения и покоя, – что могло бы служить основанием земного порядка вещей...».

Гениальный Майкл Фарадей 170 лет назад, выступая в Лондонском королевском обществе (Академия наук Великобритании), явно **преуменьшил свои задачи, заявив, что его научные изыскания в области электрического тока и магнетизма, вероятно, никогда не представят какого-то интереса для людей.**

Теперь мы знаем, что мир, в котором мы живем, – не стационарен, его эволюция сложна, она не описывается вторым началом термодинамики, так как в действительности в мире нет закрытых, изолированных систем, все они обмениваются с окружающей средой энергией и часто материей. Мир не только не стационарен, он непрерывно пульсирует, в основе его эволюции лежат автоволновые, самоорганизующиеся процессы [26 – 37].

Нам открывается новый мир, и он несравненно интереснее, чем тот, который был построен на детерминизме прежних веков. Ведь реальные, нестационарные системы чрезвычайно информативны, так как именно отклонения от идеальных моделей опреде-

ляют их реальные характеристики.

Многие столетия ученые старались максимально упрощать рассматриваемые системы, разделять их на составные части, изучать взаимодействие составляющих в идеальных условиях.

В качестве математического аппарата использовались линейные зависимости, термодинамика оперировала равновесными условиями и полной обратимостью процессов.

Типичные научные достижения в идеальных системах – небесная механика Ньютона, фазовые равновесия Гиббса, законы сохранения массы и энергии, равновесные диаграммы состояния сложных систем и многое другое.

Однако уже в XX в. и тем более сегодня стало очевидным существенное отличие действительности от идеальных представлений и построенных на их основе физических моделей. Самым ярким событием на этом пути было создание квантовой механики, включающей понятия случайности и неопределенности. Стала развиваться статистическая физика. Вскоре после открытия Бреггами кристаллических структур вышли работы, оценивающие многие отклонения от идеальных моделей. Появились и стали быстро развиваться параллельные науки, изучающие реальные, а не идеальные явления.

В медицине наряду с нормальной анатомией изучается патологическая анатомия. В физике вместе с теорией твердого тела изучаются дефекты кристаллического строения. В механике твердого деформируемого тела начала разрабатываться нелинейная механика разрушения. В классической равновесной термодинамике появилась нелинейная термодинамика открытых систем. Самым последним открытием в междисциплинарной науке следует считать новое понятие фрактальности как меры реальности многих предметов в природе в отличие от классической евклидовой геометрии [38 – 42].

Теперь стало очевидным, что реальные события, структура и действительные свойства различных объектов природы определяются не идеальными схемами и моделями,

а отклонениями (дефектами) от этих структур. Вся окружающая нас живая и неживая природа Земли, вся Вселенная, да и мы сами, – все структурировано и наша жизнь определяется дефектами этой структуры. В фундаментальной науке активно развивается общая теория дефектов, имеющая реальные показатели (критерии) в каждой специальности.

Новая научная революция, развернувшаяся в XX в. и продолжающаяся в XXI в., сейчас охватывает все, без исключения, сферы жизни природы, социума и Вселенной.

Синергетика – междисциплинарный подход к анализу сложных динамических систем, охватывающий все сферы жизни: от кварков до Вселенной; от электроимпульсов в мозге до мироэкономики; от движения дислокаций до катастроф, землетрясений; от вирусов и бактерий до эпидемий гриппа и СПИДа; от слабых и сильных взаимодействий в микромире до гравитации и суперструн в астрофизике.

Синергетика способствует: интеграции наук; появлению новых обобщающих теорий; развитию науки и технологий в XXI в.; сближению интересов, принципов и методологии гуманитариев и ученых в области точных наук.

Междисциплинарный подход, символизирующий интеграцию наук, описывается основными законами синергетики, которые распространяются от кварков до Вселенной, от отдельных электрических импульсов и химических реакций в нейронах мозга до микроэкономических процессов на земном шаре, от элементарных актов пластической деформации при перемещении отдельной дислокации до катастроф при землетрясениях и извержениях вулканов, от вирусов и бактерий до глобальных эпидемий гриппа, от сильных и слабых взаимодействий в микромире до гравитации и теории суперструн во Вселенной. Долгое время многие поколения ученых своей четкостью и абстрактностью восхищала евклидова геометрия. Галилей и Кант полагали, что законы природы написаны на языке математики. После Ньютона, Лагранжа, Эйлера в науке абсолютно

главенствовали математика и механика.

Альберт Эйнштейн создал новый научный мир – теорию относительности, абстрактный симбиоз пространства и времени.

Макс Планк, Луи-де-Бройль, Гейзенберг, Шредингер, Нильс Бор открыли особый микромир – квантовую механику.

Микро- и макромиры противостояли друг другу, как два полюса, для их объединения потребовалось создание реального мезомира. Так возникли теория реальных структур, фрактальная геометрия, нелинейная динамика. Классическая теория эволюции Дарвина наполняется скачками и автоволновыми процессами в реальных сложных системах. Конец XX в. ознаменовался расцветом молекулярной биологии, астрофизики, информатики и синергетики.

Грандиозный переворот в научном мировоззрении, происходящий в развитых странах мира, по своему масштабу, возможно, превосходит тот, который был связан с созданием новой физики в прошлом столетии.

Если тогда крах, казалось бы, незыблемых представлений о пространстве, времени, причинности коснулся только явлений макромира и микромира (теория относительности и квантовая механика), т. е. областей, бесконечно удаленных от нашего повседневного опыта, то сейчас происходит становление новых идей самоорганизации в явлениях, доступных нашему непосредственному восприятию.

Если считать, что теория Эйнштейна – это новые события в макромире; теория Луи-де-Бройля, Шредингера, Гейзенберга, Бора – это новые события в микромире, то синергетика и нелинейная динамика объединяют их с мезоуровнем общими подходами, идеологией, мировоззрением.

Новый междисциплинарный подход, родившийся на стыке математики, кибернетики, компьютерного моделирования и общего естествознания, способен рассматривать сложные, реальные проблемы, перед которыми пасуют традиционные методы анализа. Этот подход получил название нелинейной динамики, или нелинейной науки.

Нелинейная наука пытается понять не

только сложные свойства простых систем, но и простые свойства сложных динамических систем, таких, например, как погода на Земле.

В нелинейную динамику естественно вошли многие методы традиционных наук, но прежде всего – наиболее актуальные проблемы фундаментальной науки. Это позволило развить нелинейную динамику, создать новые разделы математики (теория фракталов), расширить теорию диссипативных структур И. Р. Пригожина.

Например, одной из сверхзадач современной биологии является проблема морфогенеза. Это попытка понять, как в ходе развития зародыша из одной клетки при ее делении образуются специальные клетки мозга, кости, крови, легких, желудка, печени.

Попытка понять этот сложнейший феномен привела Джона фон Неймана к теории самовоспроизводящихся автоматов, Алана Тьюринга – к новому поколению математических моделей, Рене Тома – к созданию теории катастроф.

Сторонники нелинейной динамики считают, что в XXI в. по-новому будут переосмыслены сверхпроблемы наук о человеке – психологии, политологии, социологии и

истории.

Известный английский историк Арнольд Тойнби рассматривает историю как рождение, развитие, расцвет и угасание нескольких слабо взаимодействующих цивилизаций. Но это лишь объяснение судьбы разных народов, но не предсказание их будущего. Фактор случайности здесь очень велик. Этот фактор изучается в важном разделе нелинейной динамики – теории бифуркаций, или теории ветвлений (от франц. *Labifurcation* – раздвоение).

График, отражающий возможные пути процесса после критической неустойчивости, называют бифуркационной диаграммой (рис. 1). В любых физических, химических, биологических или социальных сложных системах в процессе их развития (эволюции) наступает неустойчивое состояние и под влиянием внешних случайных воздействий данная система скачком переходит в новое состояние после точки бифуркации. Такого повсеместно поведение сложных систем в природе и обществе (радуга в небе, опрокидывание нефтяных платформ в море, мгновенное размножение саранчи, потеря управляемости самолетом) (рис. 2).

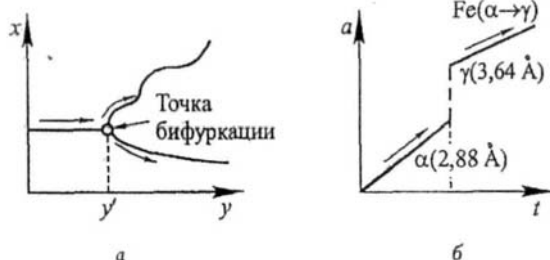


Рис. 1. Типичная бифуркационная диаграмма (а) и скачкообразный фазовый переход от системы ОЦК к системе ГЦК в железе (б)

Таким образом, сложные природные процессы (системы) ведут себя синергетически, т. е. в процессе своего развития проходят через ряд неустойчивостей, претерпевают фазовые переходы и испытывают явление самоорганизации (рис. 3).

Теория диссипативных структур, созданная И. Р. Пригожиным, наряду с теорией самоорганизации, названной Г. Хакеном

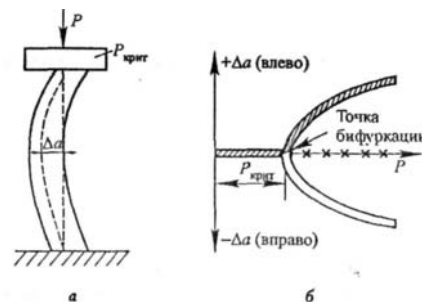


Рис. 2. Нагруженная балка весом P может изогнуться как влево, так и вправо. При каком-то определенном значении $P_{крит}$ (а) это положение соответствует точке бифуркации. Под влиянием случайных факторов балка изогнулась влево и система стала развиваться по положительной ветви кривой бифуркационной диаграммы (б)

синергетикой и теорией фракталов, разработанной Б. Мандельбротом, нанесли серьезный удар по незыблемости классической термодинамики и евклидовой геометрии, – наук, придерживающихся традиционно-формалистических традиций и часто оторванных от условий, в которых развиваются реальные природные системы.

Начало XXI в. ознаменовалось больши-

ми успехами теоретической биологии, которая станет несомненным лидером среди многих фундаментальных направлений естествознания.

В начале 2001 г. двумя мировыми фирмами (Celera Genomics, Human Genome Pro-

ject) был расшифрован геном человека. Этот успех молекулярной биологии открывает принципиально новые пути для развития биотехнологии, генной медицины и фармакогенетики.



Рис. 3. Скачки в эволюции жизни на Земле соответствуют точкам бифуркации на общей линии самоорганизации биосистем. Кембрийский взрыв – лавинообразное создание большого разнообразия в живых организмах (возникновение животных, птиц, рыб и т. д.), Пермская катастрофа – массовая гибель живых организмов на земле и в океане. Гибель динозавров – спонтанное вымирание животных на суше

К сожалению, сознание, интеллект людей пока значительно отстают от развития фундаментальной науки.

Нелинейная динамика (nonlinear science — нелинейная наука). Возможность предсказывать будущее всегда рассматривалась как основная цель развития науки. Эволюция науки представляется как цепь триумфов, каждый из которых расширял возможности, повышал точность описания различных явлений, открывал новые пути.

Однако с появлением неравновесной термодинамики и статистической физики с установлением идей квантовой механики стало очевидным, что нет возможности в принципе дать долгосрочный прогноз поведения огромного количества механических, физических, химических, социальных и экологических систем.

В развитии таких сложных динамиче-

ских систем наблюдаются периоды динамического хаоса.

Нелинейная наука открывает новые возможности в изучении поведения реальных сложных динамических систем.

Ранее считали, что есть два класса объектов. Одни – детерминированные, с возможностью прогноза на любое время (например, солнечная система в галактике, колебания маятника и др).

Другие – стохастические. Ими занимается теория вероятностей. Невозможно предсказать, какое число выпадет при игре в кости. Новое явление никак не связано с предысторией.

Нелинейная динамика – это новая наука, изучающая эволюцию реальных нелинейных систем, в которых наряду с детерминизмом появляется динамический хаос (табл.).

Таблица

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Нелинейная динамика (nonlinear science) Новая наука, изучающая эволюцию сложных нелинейных динамических систем, в которых наряду с детерминизмом появляется динамический хаос Составные части (теории, новые представления) нелинейной динамики | | |
| Синергетика, фрактальность, математическое моделирование сложных систем | Теория катастроф, оптимизация реальных технологических процессов | Теория самоорганизованной критичности, динамический хаос, прогнозирование |

Теперь, с развитием новых представле-

ний об эволюции в сложных, реальных сис-

темах, появилось новое знание о третьем, реальном классе объектов, которые имеют сложный характер с чертами, как детерминизма, так и стохастичности. Такие объекты, развиваясь, начинают вести себя хаотиче-

ски. Подобные реальные системы были обнаружены в гидродинамике, физике лазеров, химической кинетике, астрофизике и физике плазмы, геофизике и экологии.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Большаков В. И. Структурная теория упрочнения конструкционных сталей и других материалов : монография / В. И. Большаков, Л. И. Тушинский. – Днепропетровск : Свидлер А. Л., 2010. – 482 с.
2. Хакен Г. Синергетика / Г. Хакен ; пер.с англ. В. И. Емельянова ; под ред. Ю. Л. Климонтовича, С. М. Осовца. – Москва : Мир, 1980. – 403 с.
3. Хакен Г. Синергетика. Иерархия неустойчивости в самоорганизующихся системах и устройствах : пер. с англ. / Г. Хакен. – Москва : Мир, 1985. – 421 с.
4. Гленсдорф П. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций / П. Гленсдорф, И. Пригожин ; пер. с англ. Н. В. Вдовиченко, В. А. Онищука ; под ред. Ю. А. Чизмаджева. – Москва : Мир, 1973. – 280 с.
5. Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам / Г. Хакен ; пер. с англ. Ю. А. Данилова, А. В. Беркова. – 2-е изд., доп. – Москва : КомКнига : УРСС, 2005. – 245 с. – (Синергетика: от прошлого к будущему).
6. Критические явления: прошлое, настоящее и "будущее" / Стенли Х., Конильо А., Клейн У., Реднер С., Рейнольдс П., Шлифер Г. // Синергетика : сб. ст. : пер.с англ. / под ред. Б. Б. Кадомцева ; сост. А. И. Рязанов, А. Д. Суханов. – Москва, 1984. – С. 41–63.
7. Пригожин И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой / Пригожин И., Стенгерс И. ; пер. с англ. Ю. А. Данилова ; общ. ред. В. И. Аршинова, Ю. Л. Климонтовича, Ю. В. Сачкова. – Москва : Прогресс, 1986. – 432 с.
8. Николис Г. Познание сложного. Введение / Г. Николис, И. Р. Пригожин ; пер. с англ. В. Ф. Пастушенко. – Москва : Мир, 1990. – 342 с.
9. Гиббс Дж. В. Статистическая термодинамика / Гиббс Дж. В. – Москва : Наука, 1982. – 584 с. – (Классики науки).
10. Новое в синергетике. Загадки мира неравновесных структур : сб. ст. / отв. ред. И. М. Макаров. – Москва : Наука, 1996. – 263 с. – (Кибернетика: неогранич. возможности и возмож. ограничения).
11. Гладышев Г. П. Термодинамика и макрокинетика природных иерархических процессов / Г. П. Гладышев ; отв. ред. Е. Т. Денисов, Б. И. Курганов. – Москва : Наука, 1988. – 287 с.
12. Климонтович Ю. Л. Турбулентное движение и структура хаоса: новый подход к статистической теории открытых систем / Ю. Л. Климонтович. – 2-е изд. – Москва : Наука, 1990. – 317 с.
13. Denbigh K. G. Entropy in Relation to Incomplete Knowledge / K. G. Denbigh, J. S. Denbigh. – Cambridge : Cambridge University Press, 1985. – 172 p.
14. Гапонов-Грехов А. В. Автоструктуры. Хаотическая динамика ансамблей / Гапонов-Грехов А. В., Рабинович М. И. // Нелинейные волны: структуры и бифуркации / отв. ред. Гапонов-Грехов А. В., Рабинович М. И. – Москва, 1987. – С. 7-44.
15. Жаботинский А. М. Автоволны в биофизике / Жаботинский А. М. // Нелинейные волны. Самоорганизация / отв. ред. Гапонов-Грехов А. В., Рабинович М. И. – Москва, 1983. – С. 16–18.
16. Эткинс П. Порядок и беспорядок в природе / П. Эткинс ; пер. с англ. Ю. Г. Рудого. – Москва : Мир, 1987. – 224 с.
17. Эбелинг В. Образование структур при необратимых процессах. Введение в теорию диссипативных структур / В. Эбелинг ; пер. с нем. А. С. Доброславского ; под ред. Ю. Д. Климонтовича. – Москва : Мир, 1979. – 279 с.
18. Моисеев Н. Н. Алгоритмы развития / Н. Н. Моисеев. – Москва : Наука, 1987. – 304 с. – (Академические чтения).
19. Капица С. П. Синергетика и прогнозы будущего / С. П. Капица, С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкий. – Москва : Наука, 1997. – 285 с. : ил. – (Кибернетика: неогранич. возможности и возмож. ограничения).
20. Арнольд В. И. Теория катастроф / В. И. Арнольд. – 3-е изд., доп. – Москва : Наука, 1990. – 127 с. : ил.
21. Гинзбург В. Л. О физике и астрофизике :ст. и выступления / В. Л. Гинзбург. – Москва : Наука, 1985. – 399 с. – (Наука. Мировоззрение. Жизнь).
22. Анисимов М. А. Критические явления в жидкости и жидких кристаллах / М. А. Анисимов. – Москва : Наука, 1987. – 258 с. – (Современные проблемы физики).
23. Герасимов И. Л. Биосфера земли / И. Л. Герасимов. – Москва : Педагогика, 1976. – 95 с.
24. Данилов Ю. А. Что такое синергетика? / Данилов Ю. А., Кадомцев Б. Б. // Нелинейные волны. Самоорганизация / отв. ред. Гапонов-Грехов А. В., Рабинович М. И. – Москва, 1983. – С. 5–15.
25. Мандельштам Л. И. Лекции по теории колебаний / Л. И. Мандельштам. – Москва : Наука, 1955. – 470 с.
26. Пригожин И. Время, хаос, квант / Пригожин И., Стенгерс И. – Москва : Прогресс, 1994. – 272 с.

27. Лесков А. В. На пути к новой картине мира / А. В. Лесков // Сознание и физическая реальность. – 1996. – Т. 1, № 1-2. – С. 42–54.
28. Гиряев П. П. Пересмотр модели генетического кода / П. П. Гиряев, Е. А. Леонова // Сознание и физическая реальность. – 1996. – Т. 1, № 1-2. – С. 73–84.
29. Голубев С. Н. Биоструктуры как фрактальное отображение квазикристаллической геометрии / С. Н. Голубев // Сознание и физическая реальность. – 1996. – Т. 1, № 1-2. – С. 85–92.
30. Китайгородский А. И. Порядок и беспорядок в мире атомов / А. И. Китайгородский. – 6-е изд., испр. – Москва : Наука, 1984. – 176 с.
31. Петрушенко А. А. Принцип обратной связи (Некоторые философские и методологические проблемы управления) / А. А. Петрушенко. – Москва : Мысль, 1967. – 276 с.
32. Feigenbaum M. J. Quantitative universality for a class of non-linear transformations / Feigenbaum Mitchell J. // Journal of statistical physics. – 1978. – Vol. 19, iss. 1. – P. 25–30.
33. Хорстхемке В. Индуцированные шумом переходы. Теория и применение в физике, химии и биологии / В. Хорстхемке, В. Лефер ; пер. с англ. Ю. А. Данилова, В. И. Емельянова ; под ред. Д. Н. Зубарева, А. С. Михайлова. – Москва : Мир, 1987. – 397 с.
34. Тимашев С. Ф. Фликкер-шум как индикатор “стрелы времени”. Методология анализа временных рядов на основе теории детерминированного хаоса / С. Ф. Тимашев // Российский химический журнал. – 1997. – Т. 41, № 3. – С. 17–29.
35. Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам / Г. Хакен. – Москва : Мир, 1991. – 234 с.
36. Mandelbrot B. B. The fractal geometry of nature / B. B. Mandelbrot. – New York : Freeman, 1983. – 480 p.
37. Сложные системы в природе и технике / Кузеев И. П., Самигуллин Г. Х., Куликов Д. В., Закирничная М. М., Мекалова Н. В. – Уфа : Изд-во УГНТУ, 1997. – 225 с.
38. Sih C. C. Mechanics and physics of energy density theory / C. C. Sih // Theoretical and applied fracture mechanics. – 1985. – Vol. 4, № 3. – P. 157–173.
39. Mandelbrot B. B. Fractal character of fracture surfaces of metals / Benoit B. Mandelbrot, Dann. E. Passoja, Alvin J. Paullay // Nature. – 1984. – Vol. 308. – P. 721–722.
40. Underwood E. E. Fractals in fractography / Ervin E. Underwood, Kingshuk Banerji // Material science and engineering. – 1986. – Vol. 80, iss. 1. – P. 1–14.

REFERENCES

1. Bol'shakov V.I. and Tushinskiy L.I. *Strukturnaya teoriya uprochneniya konstruksionnykh staley i drugikh materialov* [Structural theory of hardening of structural steels and other materials]. Dnepropetrovsk: Svidler A.L., 2010, 482 p. (in Russian).
2. Khaken G. *Sinergetika* [Synergetics]. Moscow: Mir, 1980, 403 p. (in Russian).
3. Khaken G. *Sinergetika. Ierarkhiya neustoychivosti v samoorganizuyushchikhsya sistemakh i ustroystvakh* [Synergetics. Hierarchy of instability in self-organizing systems and devices]. Moscow: Mir, 1985, 421 p. (in Russian).
4. Glensdorf P. and Prigozhin I. *Termodinamicheskaya teoriya struktury, ustoychivosti i fluktuatsiy* [Thermodynamic theory of structure, stability and fluctuations]. Moscow: Mir, 1973, 280 p. (in Russian).
5. Khaken G. *Informatsiya i samoorganizatsiya. Makroskopicheskiy podkhod k slozhnym sistemam* [Information and self-organization. Macroscopic approach to complex systems]. 2-d edition. Moscow: KomKniga, URSS, 2005, 245 p. (in Russian).
6. Stenli X., Konil'o A., Klejn U., Redner S., Rejnol'ds P. and Shlifer G. *Kriticheskie yavleniya: proshloe, nastoyashee i "budushee"* [Critical phenomena: the past, present and "future"]. *Sinergetika* [Synergetics]. Moscow, 1984, p. 41-63. (in Russian).
7. Prigozhin I. and Stengers I. *Poryadok iz khaosa. Novy dialog cheloveka s prirodoy* [Order out of chaos. The new dialogue between human and nature]. Moscow: Progress, 1986, 432 p. (in Russian).
8. Nikolis G and Prigozhin I.R. *Poznanie slozhnogo. Vvedenie* [Knowledge of the complex. Introduction]. Moscow: Mir, 1990, 342 p. (in Russian).
9. Gibbs J.V. *Statisticheskaya termodinamika* [Statistical thermodynamics]. Moscow: Nauka, 1982, 584 p. (in Russian).
10. Makarov I.M. *Novoe v sinergetike. Zagadki mira neravnovesnykh struktur* [New in synergy. Mysteries of the world of nonequilibrium structures]. Moscow: Nauka, 1996, 263 p. (in Russian).
11. Gladyshev G.P. *Termodinamika i makrokinetika prirodnykh ierarkhicheskikh protsessov* [Thermodynamics and macrokinetics of natural hierarchical processes]. Moscow: Nauka, 1988, 287 p. (in Russian).
12. Klimontovich Yu.L. *Turbulentnoe dvizhenie i struktura khaosa: novy podkhod k statisticheskoy teorii otkrytykh sistem* [Turbulent motion and structure of chaos: a new approach to the statistical theory of open systems]. 2-d edition. Moscow: Nauka, 1990, 317 p. (in Russian).
13. Denbigh K.G. and Denbigh J.S. *Entropy in Relation to Incomplete Knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985, 172 p.

14. Gaponov-Grekhov A.V. and Rabinovich M.I. *Avtostruktury. Khaoticheskaya dinamika ansambley* [Autostructures. Chaotic dynamics of ensembles]. *Nelineynye volny: struktury i bifurkatsii* [Nonlinear waves: structure and bifurcation]. Moscow, 1987, pp. 7-44. (in Russian).
15. Zhabotinskiy A.M. *Avtovolny v biofizike* [Autowaves in biophysics]. *Nelineynye volny. Samoorganizatsiya* [Nonlinear waves. Self-organization]. Moscow, 1983, pp. 16-18. (in Russian).
16. Etkins P. *Poryadok i besporyadok v prirode* [Order and disorder in nature]. Moscow: Mir, 1987, 224 p. (in Russian).
17. Ebeling V. *Obrazovanie struktur pri neobratimyykh protsessakh. Vvedenie v teoriyu dissipativnykh struktur* [Creation of structures in irreversible processes. Introduction to the theory of dissipative structures]. Moscow: Mir, 1979, 279 p. (in Russian).
18. Moiseev N.N. *Algoritmy razvitiya* [Algorithms of development]. Moscow: Nauka, 1987, 304 p.
19. Kapitsa S.P., Kurdyumov S.P. and Malinetskiy G.G. *Sinergetika i prognozy buduschego* [Synergetics and prediction of future]. Moscow: Nauka, 1997, 285 p. (in Russian).
20. Arnol'd V.I. *Teoriya katastrof* [Catastrophe theory]. 3-d edition. Moscow: Nauka, 1990, 127 p. (in Russian).
21. Ginzburg V.L. *O fizike i astrofizike* [About physics and astrophysics]. Moscow: Nauka, 1985, 399 p. (in Russian).
22. Anisimov M.A. *Kriticheskie yavleniya v zhidkosti i zhidkikh kristallakh* [Critical phenomena in liquids and liquid crystals]. Moscow: Nauka, 1987, 258 p. (in Russian).
23. Gerasimov I.L. *Biosfera zemli* [Earth biosphere]. Moscow: Pedagogika, 1976, 95 p. (in Russian).
24. Danilov Yu.A. and Kadomtsev B.B. *Chto takoe sinergetika?* [What is synergy?]. *Nelineynye volny. Samoorganizatsiya* [Nonlinear waves. Self-organization]. Moscow, 1983, pp. 5-15 (in Russian).
25. Mandel'shtam L.I. *Lektsii po teorii kolebaniy* [Lectures on the theory of vibrations]. Moscow: Nauka, 1955, 470 p. (in Russian).
26. Prigozhin I. and Stengers I. *Vremya, kaos, kvant* [Time, chaos, quantum]. Moscow: Progress, 1994, 272 p. (in Russian).
27. Leskov A.V. *Na puti k novoy kartine mira* [To the way of a new picture of the world]. *Soznanie i fizicheskaya real'nost'* [Consciousness and physical reality]. 1996, vol. 1, no. 1-2, pp. 42-54. (in Russian).
28. Giryayev P.P. and Leonova E.A. *Peresmotr modeli geneticheskogo koda* [Revision of the model of the genetic code]. *Soznanie i fizicheskaya real'nost'* [Consciousness and physical reality]. 1996, vol. 1, no. 1-2, pp. 73-84. (in Russian).
29. Golubev S.N. *Biostruktury kak fraktal'noe otobrazhenie kvazikristallicheskoj geometrii* [Biostructures as a fractal mapping quasicrystalline geometry]. *Soznanie i fizicheskaya real'nost'* [Consciousness and physical reality]. 1996, vol. 1, no. 1-2, pp. 85-92. (in Russian).
30. Kitaygorodskiy A.I. *Poryadok i besporyadok v mire atomov* [Order and disorder in the world of atoms]. 6-d edition, Moscow: Nauka, 1984, 176 p. (in Russian).
31. Petrushenko A.A. *Printsip obratnoy svyazi (Nekotorye filosofskie i metodologicheskie problemy upravleniya)* [Principle of feedback (some philosophical and methodological problems of management)]. Moscow: Mysl', 1967, 276 p. (in Russian).
32. Feigenbaum M.J. *Quantitative universality for a class of non-linear transformations. Journal of statistical physics.* 1978, vol. 19, iss. 1. pp. 25-30.
33. Khorstkhemke V. and Lefer V. *Indutsirovannyye shumom perekhody. Teoriya i primenenie v fizike, khimii i biologii* [Noise-induced transition. Theory and applications in physics, chemistry and biology]. Moscow: Mir, 1987, 397 p. (in Russian).
34. Timashev S.F. *Flicker-shum kak indikator "strely vremeni". Metodologiya analiza vremennykh ryadov na osnove teorii determinirovannogo khaosa* [Flicker noise is as an indicator of "the arrow of time." Methodology of untemporary series analysis based on the theory of deterministic chaos]. *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal* [Russian chemical journal]. 1997, vol. 41, no. 3, pp. 17-29. (in Russian).
35. Khaken G. *Informatsiya i samoorganizatsiya. Makroskopicheskiy podkhod k slozhnym sistemam* [Information and self-organization. Macroscopic approach to complex systems]. Moscow: Mir, 1991, 234 p. (in Russian).
36. Mandelbrot B.B. *The fractal geometry of nature.* New York. Freeman, 1983, 480 p.
37. Kuzeev I.R., Samigullin G.Kh., Kulikov D.V., Zakirnichnaya M.M. and Mekalova N.V. *Slozhnye sistemy v prirode i tekhnike* [Complex systems in nature and technology]. Ufa: Izd-vo UGNTU, 1997, 225 p. (in Russian).
38. Sih C.C. *Mechanics and physics of energy density theory. Theoretical and applied fracture mechanics.* 1985, vol. 4, no. 3, pp. 157-173.
39. Mandelbrot B.B., Passoja D.E. and Paullay A.J. *Fractal character of fracture surfaces of metals. Nature.* 1984, vol. 308, pp. 721-722.
40. Underwood E.E. and Banerji K. *Fractals in fractography. Material science and engineering.* 1986, vol. 80, iss. 1, pp. 1-14.

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

Надійшла до редколегії: 17.11.2016 р. Прийнята до друку: 20.11.2016 р.

УДК 624.131.381

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ ГРУНТОВ УНИВЕРСАЛЬНЫМ ДИНАМИЧЕСКИМ ЗОНДОМ ЛИАТЭ

СЕДИН В. Л.^{1*}, д. т. н., проф., зав. каф.,

УЛЬЯНОВ В. Ю.^{2*}, асс.,

БАУСК Е. А.^{3*}, зав. лаб.,

УЛЬЯНОВ Я. В.^{4*}, м. н. с., асп.

^{1*} Кафедра оснований и фундаментов, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, ORCID ID: 0000-0003-2293-7243

^{2*} Кафедра оснований и фундаментов, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, ORCID ID: 0000-0002-9028-3408

^{3*} Лаборатория исследований атомных и тепловых электростанций Приднепровского научно-образовательного института инновационных технологий в строительстве (ЛИАТЭ), кафедра оснований и фундаментов, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, ORCID ID: 0000-0003-0504-1891

^{4*} Лаборатория исследований атомных и тепловых электростанций Приднепровского научно-образовательного института инновационных технологий в строительстве (ЛИАТЭ), кафедра оснований и фундаментов, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина. тел. + 38(063) 180-33-86, e-mail: uljanov@ua.fm, ORCID ID: 0000-0002-5575-4753

Аннотация. Постановка проблемы. В наши дни изыскательские организации испытывают потребность в установках легкого типа, которые не производятся серийно. Но они являются необходимыми для ускоренного испытания грунтов с возможностью применения в стесненных условиях. Описанный ниже зонд и методика проведения испытаний – один из возможных вариантов решения поставленной задачи. **Цель работы.** Ознакомить с описанием конструктивных особенностей и методики испытаний грунтов универсального динамического зонда, разработанного в Лаборатории исследования атомных и тепловых электростанций (ЛИАТЭ) Приднепровского научно-образовательного института инновационных технологий в строительстве. **Вывод.** Предлагаемый зонд предназначен для определения механических свойств грунтов и позволяет обеспечить экспресс-оценку свойств грунтов естественного основания, исследовать изменения свойств грунтов основания под действующими объектами в процессе их эксплуатации. Универсальной особенностью зонда является возможность применения одноразовых (теряющихся) стандартных конусов и составной конструкции молота (при необходимости уменьшения веса молота), а также возможность проведения испытаний по зарубежным стандартам, в частности, по стандарту для SPT (Standart Penetration Test). Результаты зондирования оформляют в виде стандартного непрерывного ступенчатого графика изменения по глубине значения условного динамического сопротивления грунтов Pq с последующим осреднением графика и вычислением средневзвешенных показателей зондирования для каждого слоя земляного сооружения. Данный зонд и указанная ниже методика заполняют нишу в недостатке ручных малогабаритных установок и могут способствовать расширению технических возможностей изыскательских организаций.

Ключевые слова: динамическое зондирование, условное динамическое сопротивление грунта, залога

МЕТОДИКА ВИПРОБУВАНЬ ГРУНТІВ УНІВЕРСАЛЬНИМ ДИНАМІЧНИМ ЗОНДОМ ЛДАТЕ

СЕДИН В. Л.^{1*}, д. т. н., проф., зав. каф.,

УЛЬЯНОВ В. Ю.^{2*}, асс.,

БАУСК Е. А.^{3*}, зав. лаб.,

УЛЬЯНОВ Я. В.^{4*}, м. н. с., асп.

^{1*} Кафедра основ та фундаментів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, ORCID ID: 0000-0003-2293-7243

^{2*} Кафедра основ та фундаментів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, ORCID ID: 0000-0002-9028-3408

^{3*} Лабораторія досліджень атомних та теплових електростанцій Придніпровського науково-освітнього інституту інноваційних технологій у будівництві (ЛДАТЕ), кафедра оснований и фундаментов, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, ORCID ID: 0000-0003-0504-1891

^{4*} Лабораторія досліджень атомних та теплових електростанцій Придніпровського науково-освітнього інституту інноваційних технологій у будівництві (ЛДАТЕ), Кафедра основ та фундаментів, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна. тел. + 38(063) 180-33-86, e-mail: uljanov@ua.fm, ORCID ID: 0000-0002-5575-4753

Анотація. Постановка проблеми. Сьогодні вишукувальні організації відчувають потребу в установках легкого типу, які не виробляються серійно. Але вони необхідні для прискореного випробування ґрунтів із можливістю застосування в обмежених умовах. Описаний нижче зонд і методика проведення випробувань - один із можливих варіантів вирішення проблеми. **Мета статті** - ознайомити з описом конструктивних особливостей і методики випробувань ґрунтів універсального динамічного зонда, розробленого в Лабораторії дослідження атомних і теплових електростанцій (ЛДАТЕ) Придніпровського науково-освітнього інституту інноваційних технологій у будівництві. **Висновок.** Пропонований зонд призначений для визначення механічних властивостей ґрунтів і дозволяє забезпечити експрес-оцінку властивостей ґрунтів природної основи, досліджувати зміни властивостей ґрунтів основи під діючими об'єктами в процесі їх експлуатації. Універсальною особливістю зонда є можливість застосування одноразових (які втрачаються) стандартних конусів і складової конструкції молота (за необхідності зменшення ваги молота), а також можливість проведення випробувань за зарубіжними стандартами, зокрема, за стандартом для SPT (Standart Penetration Test). Результати зондування оформляють у вигляді стандартного безперервного ступеневого графіка зміни за глибиною значення умовного динамічного опору ґрунтів Pq із подальшим усередненням графіка і обчисленням середньозважених показників зондування для кожного шару земляної споруди. Даний зонд, певною мірою, заповнює нішу в нестачі ручних малогабаритних установок і сприяє розширенню технічних можливостей вишукувальних організацій.

Ключові слова: динамічне зондування, умовний динамічний опір ґрунту, залага

METHODS OF SOIL TESTING BY UNIVERSAL DYNAMIC PROBE OF LRN & TP

SEDIN V. L. ^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

UL'YANOV V. Yu. ^{2*}, *assistant*,

BAUSK E. A. ^{3*}, *head of laboratory*,

UL'YANOV Ya. V. ^{4*}, *junior reacher, postgraduate*

^{1*} Department of bases and foundations, State Higher Education Establishment «Pridneprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, ORCID ID: 0000-0003-2293-7243

^{2*} Department of bases and foundations, State Higher Education Establishment «Pridneprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, ORCID ID: 0000-0002-9028-3408

^{3*} Laboratory of research of nuclear and thermal power plants of Pridneprovsk scientific and educational institution of innovative technologies in the construction (LRN and TP), department of bases and foundations, State Higher Education Establishment «Pridneprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, ORCID ID: 0000-0003-0504-1891

^{4*} Laboratory of research of nuclear and thermal power plants of Pridneprovsk scientific and educational institution of innovative technologies in the construction (LSNTP), department of bases and foundations, State Higher Education Establishment «Pridneprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernyshevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine. tel: + 38(063) 180-33-86, e-mail: uljanov@ua.fm, ORCID ID: 0000-0002-5575-4753

Summary. Problem statement. Nowadays the survey organizations need in facilities of light type not being produced mass. But they are necessary for the accelerated testing of soil with the possibility of use in cramped conditions. Described below probe and test procedures is one of the possible solutions to this problem. **Purpose.** To acquaint with a description of the constructional features and testing methods of soil dynamic universal probe, developed in the laboratory of research of nuclear and thermal power plants (LRNTP) of Pridneprovsk scientific and educational institution of innovative technologies in construction. **Conclusion.** The proposed probe intended to determine the mechanical properties of soils and allows to provide the express assessment of the soil properties of natural foundations to explore the changes of the properties of soil foundation under the operative objects in the process of their operation. Universal feature of the probe is the possibility to use disposable standard cones and of the composite construction of hammer (if it is necessary to reduce the weight of the hammer). As well as the possibility of carrying out tests on foreign standards, in particular on standard for the SPT (Standard Probe Test). Results of probing are drawn up as a standard continuous step schedule of change of depth value of conditional dynamic resistance of soils Pq , followed by averaging schedule and calculating of weighted index of probing for each layer land constructions. This probe and the following technique, fill a niche of the lack of manual small facilities and can contribute to the expansion of technical capabilities of survey organizations.

Keywords: dynamic probing, conditional dynamic resistance of the soil, blowcount value

Постановка проблеми. В настоящее время забивные динамические зонды в Украине серийно не производятся, несмотря на большую в них потребность

изыскательских организаций. Зонд предлагаемой конструкции предназначен заполнить данную нишу в нехватке оборудования для малоглубинных геотехниче-

ских исследований.

Зонд относится к установкам лёгкого типа и предназначен для ускоренного испытания грунтов, в т.ч. в сложных геологических условиях (рыхлые пески и другие структурно-неустойчивые грунты), и земляных сооружений методом динамического зондирования на глубину до 1,0 м в особо стеснённых условиях.

Цель статьи – описать зонд (см. рис.), предназначенный для определения механических свойств грунтов, который позволяет обеспечить экспресс-оценку свойств грунтов естественного основания и исследовать изменения свойств грунтов основания под действующими объектами в процессе их эксплуатации. Его преимуществом является возможность испытания рыхлых песчаных и других структурно-неустойчивых грунтов, где отбор монолитов невозможен или затруднён [1].

Отличиями данного зонда от существующих российских и белорусских устройств типа Л-33 и П-400 являются:

- особенности конструкции, в частности, использование молота с внутренним штоком, а вместо сплошных штанг малого диаметра – прочных цельнотянутых стальных труб большего диаметра с муфтовым или муфто-замковым соединением;

- соответствие требованиям *ДСТУ Б В.2.1-9-2002* для стандартных установок лёгкого типа, изложенным в п. 6.3.2. (табл. 2) и п. 6.2.3. (табл. 3), в связи с чем отпадает необходимость в сопоставительных испытаниях [2].

От аналогичного по параметрам комплекта РДК компании «Геотест» (Россия) данный зонд отличается простотой конструкции и большей компактностью.

Характеристики зонда приведены в таблице.

Таблица

Технические характеристики зонда

| | |
|------------------------------|----------------|
| Масса молота (общая), кг | 30 |
| Высота сбрасывания, см | 40 |
| Диаметр штанг, мм | 33,5 |
| Длина штанг, мм | 500;1000 |
| Соединение штанг | Муфто-замковое |
| Диаметр муфт/замков, мм | 44 |
| Диаметр конуса зонда, мм | 74 |
| Угол заострения конуса, град | 60 |

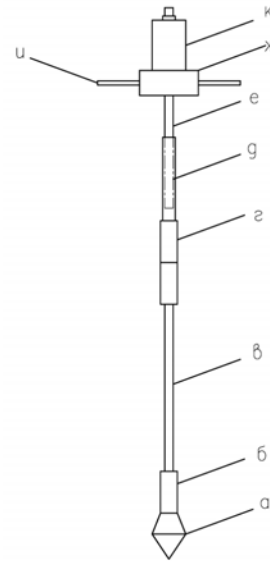


Рис. Общий вид и устройство зонда:
a - конус; *б* - муфта; *в* - штанга; *г* - замок; *д.* штанга-наковальня; *е.* направляющий внутренний шток с меткой; *и.* молот весом 12 кг; *ж* - рукоятки; *к* - добавочные съёмные грузы общим весом 18 кг

Универсальной особенностью зонда является возможность применения одноразовых (теряющихся) стандартных конусови составной конструкции молота (при необходимости уменьшения веса молота), а также возможность проведения испытаний по зарубежным стандартам, в частности, по стандарту для SPT (*Standart Penetration Test*).

Для проведения SPT испытаний по стандартам ASTMSTP 399 [3], ASTM D 1586-08a[4] и EN 1997-2:2007-10 [5] в комплект установки входит специально разработанный пробоотборник-грунтонос с острым входным внешним скосом (наружный диаметр пробоотборника 60 мм, внутренний диаметр 50 мм, длина 250 мм). Зарубежным аналогом зонда в данной конфигурации является облегчённый ручной пенетрометр S-200/S-20035 компании DGSI (DurhamGeoSlopeIndicator, USA), по сути – уменьшенная копия стандартного забивного пенетрометра SPT [6].

Изложение основного материала

Методика проведения испытаний

Методика и особенности проведения испытаний динамическими зондами изложены в нормативных документах и специальной литературе [7 – 11].

Приборы и оборудование, необходимые для выполнения работ: легкий динамический зонд с набором конусов, шарнирный хомут, стальной строительный лом, измерительная линейка с подставкой, отвес, уровень.

Подготовка к испытаниям. Подготовку к испытаниям грунта динамическим зондированием выполняют в соответствии с требованиями *ДСТУ Б В.2.1-9-2002*.

При необходимости проверяют прямолинейность штанг и степень износа наконечника. Проверка выполняется путем сборки всех звеньев зонда. При этом отклонение от прямой линии в любой плоскости не должно превышать 5 мм по всей длине проверяемого зонда. Уменьшение высоты конуса наконечника зонда при максимальном его износе не должно превышать 5 мм, а диаметр 0,3 мм. Отклонение оси штанг установки от вертикали не должно превышать 2.

Проведение испытаний. Сборку, установку зонда и зондирование выполняют два человека. В выбранной точке зондирования на выровненной поверхности грунта намечается ломом лунка. После присоединения к нижней муфте штанги постоянно закреплённого или теряющегося конуса зонд устанавливается в точке зондирования. Вертикальность установки зонда проверяется отвесом. На поверхность грунта, рядом с зондом (10–20 см), устанавливается подставка с линейкой. Отсчеты снимаются по линейке и по одной из меток на штанге зонда, нанесенных с интервалом 10 см. В журнал испытаний записывается отметка заглубления конуса до начала зондирования. За нулевую отметку принимают поверхность грунта.

Динамическое зондирование следует выполнять последовательной забивкой зонда в грунт свободно падающим молотом с фиксацией числа ударов при погружении зонда на глубину 10 см при обеспечении необходимой точности измерения глубины зондирования ($\pm 0,5$ см).

Зондирование производится непрерывно до достижения заданной глубины или до резкого уменьшения величины ско-

рости погружения зонда (менее 2 см за 10 ударов). Перерывы в забивке допускаются только для наращивания штанг. Зондирование следует выполнять, применяя постоянную частоту ударов (в среднем 1 удар за 2 с или менее 1 см/с).

При глубине зондирования более 1 м следует применять специальный теряющийся конический наконечник.

При зондировании устройство удерживается в вертикальном положении одним человеком, другой поднимает молот за рукоятки по направляющему внутреннему штоку на высоту 40 см (до отметки на штоке) и опускает в верхней точке, позволяя молоту свободно падать и наносить удар по штанге-наковальне со специальной фрезерованной верхней кромкой.

При проведении работ один человек фиксирует перемещение меток на штангах относительно линейки, второй считает удары.

При достижении величины погружения зонда, равной принятому залогоу – 10 см, зондирование прекращают, и данные фиксируют (количество ударов за залог).

В процессе зондирования необходимо постоянно контролировать вертикальность погружения штанг.

При обнаружении под конусом зонда природных или техногенных включений сначала можно сделать попытку преодолеть их сопротивление за счет увеличения энергии ударов, сбрасывая молот с приложением усилий на него. Если это не дает результата, то на малых глубинах делается попытка пробивки включения ломом или разбуривания ручным буром («комплект геолога»). Если указанные меры не принесли результатов, выбирается новая точка зондирования путём смещения на 0,3 – 0,5 м от прежней точки. Дабы избежать повреждения конуса зонда из-за подобных обстоятельств, предполагаемый участок зондирования предварительно обследуют при помощи георадара.

При извлечении зонда штанги выбиваются вверх шарнирным хомутом (входит в комплект зонда, на рисунке не показан), упирающимся снизу в верхнюю муфту. При

этом срезается фиксатор конуса. Конус те-
ряется, и набор штанг с муфтами извлека-
ется из грунта.

Обработка результатов. Результаты зондирования фиксируются в стандартном журнале динамического зондирования (см. Приложение Б ДСТУ Б В.2.1-9-2002).

По результатам испытаний определяют условное динамическое сопротивление грунта P_q , МПа по формуле:

$$P_q = AK_1K_2n/h,$$

где A – удельная энергия зондирования, Н/см (кгс/см), определяемая в зависимости от типа применяемой установки и равная для данного типа установок 280 Н/см;

K_1 – коэффициент учета потерь энергии при ударе молота о наковальню и на упругие деформации штанг, определяемый согласно таблице 4 ДСТУ Б В.2.1-9-2002 в зависимости от типа установки и глубины погружения зонда; для условий работы данного типа установок равен 0,49;

K_2 – коэффициент учета потерь энергии на трение штанг о грунт, принимаемый согласно Приложению Д ДСТУ Б В.2.1-9-2002; для условий работы устройств данного типа принимается равным 1;

n – количество ударов молота в залоге;

h – глубина погружения зонда за залог, см.

Результаты зондирования оформляют в виде стандартного непрерывного ступенчатого графика изменения по глубине значения условного динамического сопротивления грунтов P_q с последующим осреднением графика и вычислением средневзвешенных показателей зондирования для каждого слоя земляного сооружения. При-

меры оформления приведены в Приложении Ж ДСТУ Б В.2.1-9-2002.

Расчёт параметров. Значения плотностей песчаных грунтов различного сложения по данным динамического зондирования приведены многочисленной технической литературе, в т. ч. в таблице 32 [12]. Там же, в таблице 33, приведены значения углов внутреннего трения песков.

Значения плотностей песчаных грунтов различного сложения по данным динамического зондирования приведены в таблице 10 [13]. Ориентировочные значения модулей деформации и углов внутреннего трения песчаных грунтов приведены там же, соответственно, в таблицах 21, 25.

Выводы. Потребность изыскательских организаций в устройствах подобного типа, особенно при выполнении работ в стесненных условиях, достаточно велика. Тем не менее, серийное производство малогабаритных зондов отечественной разработки в Украине в настоящее время отсутствует, а зарубежные модели подобных устройств неоправданно дороги. Таким образом, данный зонд в какой-то мере восполняет эту нишу и способствует расширению технических возможностей изыскательских организаций.

Есть основания полагать, что разработка методики испытаний грунтов и земляных сооружений с применением универсального зонда данной конструкции будет способствовать ускоренному испытанию грунтов, в частности, в сложных геологических условиях (рыхлых и особо рыхлых песков, прочих структурно-неустойчивых грунтов).

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Болдырев Г. Г. Испытание грунтов методом динамического зондирования. Ч. 3 / Болдырев Г. Г. // Инженерные изыскания. – 2011. – № 1. – С. 22–31.
2. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием : ДСТУ Б В.2.1-9-2002 (ГОСТ 19912-2001) / Гос. комитет Украины по стр-ву и архитектуре ; Межгос. науч.-техн. комиссия по стандартизации, техн. нормированию и сертификации в стр-ве. – Взамен ГОСТ 19912-81, ГОСТ 20069-81 ; введ. 2002-10-01. – Изд. офиц. – Киев, 2002. – 20 с.
3. Оперативный контроль плотности и прочности грунтов земляных сооружений зондированием : лаб. практикум / сост. В. А. Гриценко, В. Н. Шестаков. – Омск : СибАД, 2008. – С. 14–19.
4. Кулагин В. П. Балластировка трубопроводов с использованием грунта засыпки и геосинтетических материалов / Кулагин В. П., Кабин Л. А., Спектор Ю. И. – Уфа : УГНТУ, 1998. – С. 26–28.
5. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83) / Науч.-исслед. ин-т оснований и подземных сооружений им. Герсеванова Госстроя СССР. – Москва : Стройиздат, 1986. – 415 с.

6. Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге : ТСН 50-302-2004 / С.-петерб. экспертно-консульт. комиссия по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям. – Санкт-Петербург, 2004. – 74 с.
7. Руководство по геотехническому контролю за подготовкой оснований и возведением грунтовых сооружений в энергетическом строительстве : РД 34 15.073-91 / М-во энергетики и электрификации СССР ; Всесоюз. ин-т гидротехники им. Б. Е. Веденеева. – Введ. 1991-07-01. – Ленинград : ВНИИГ, 1991. – 434 с.
8. Проектирование и устройство фундаментов на намывных песчаных грунтах / С. А. Слюсаренко, Г. П. Степаненко, М. А. Глотова, М. Ф. Новиков, И. П. Гордеев, Н. П. Божко, С. П. Дудник. – Киев : Будивельник, 1990. – С. 72–83.
9. Трофименков Ю. Г. Полевые методы исследования строительных свойств грунтов / Ю. Г. Трофименков, Л. Н. Воробков. – 3-е изд, перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1981. – С. 143–145.
10. Dynamic cone penetrometer ; Corps of engineers single- and dual-mass cone penetrometers // DGSi. Durham geo slope indicator. – Режимдоступа: <http://www.durhamgeo.com/testing/soils/field-testing-dynconeopen.html>.
11. Vane shear and cone penetration resistance. Testing of in-situ soils : a symposium presented at the Fifth pacific area national, meeting American society for testing and materials, Seattle, oct. 31-nov. 5, 1965 : special technical publication № 399. – Philadelphia, 1966. – 47 p.
12. Standard test method for standard penetration test (SPT) and split-barrel sampling of soils: D1586-11 / American society for testing and materials (ASTM). – Режим доступа: <http://www.jeanlutzsa.fr/public/temp/Normes/ASTM/D1586.17074.pdf>
13. Eurocode 7. Geotechnical design. P. 2 : Ground investigation and testing : EN 1997-2:2007 / British standards institution. – London, 2010. – 16 p.

REFERENCE

1. Boldyrev G.G. *Ispytanie gruntov metodom dinamicheskogo zondirovaniya. Ch. 3.* [Test soil by dynamic probing. Part 3]. *Inzhenernye izyskaniya* [Engineering surveys]. 2011, no. 1, pp. 22-31. (in Russian).
2. *Osnovaniya i fundamenti zdaniy i sooruzheniy. Grunty. Metody polevykh ispytaniy staticheskim i dinamicheskim zondirovaniyam*: DSTU B V.2.1-9-2002 (GOST 19912-2001) [Base and foundations of buildings and structures. Soils. Methods of field tests by static and dynamic probing : state standard of Ukraine B.V.2.1-9-2002]. Kiev, 2002, 20 p. (in Ukrainian).
3. Gritsenko V.A. and Shestakov V.N. *Operativny kontrol' plotnosti i prochnosti gruntov zemlyanykh sooruzheniy zondirovaniem* [Operational control of the density and strength of the soils of land structures by probing]. Omsk: SibAD, 2008, pp. 14-19. (in Russian).
4. Kulagin V.P., Kabin L.A. and Spektor Yu.I. *Ballastirovka truboprovodov s ispol'zovaniem grunta zasypki i geosinteticheskikh materialov* [Ballasting of the pipelines with use of soil backfill and geosynthetic materials]. Ufa:UGNTU, 1998, pp. 26-28. (in Russian).
5. Nauch.-issled. in-t osnovaniy i podzemnykh sooruzheniy im. Gersevanova. *Posobie po proektirovaniyu osnovaniy zdaniy i sooruzheniy (k SNiP 2.02.01-83)* [Manual for the design of the bases of buildings and structures (to the CN&R 2.02.01-83)]. Moscow: Stroyizdat, 1986, 415 p. (in Russian).
6. С.-петерб. експертно-консульт. комиссия по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям. *Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге: ТСН 50-302-2004* [Design of the foundations of buildings and structures in St. Petersburg: TSN 50-302-2004]. Санкт-Петербург, 2004, 74 p. (in Russian).
7. М-во энергетики и электрификации СССР; Всесоюз. ин-т гидротехники им. Б.Е. Веденеева. *Руководство по геотехническому контролю за подготовкой оснований и возведением грунтовых сооружений в энергетическом строител'стве : RD 34 15.073-91* [Manual of geotechnical control for preparation of grounds and arising of ground structures in the energy construction: RD 15.073-91 34]. Ленинград:ВНИИГ, 1991, 434 p. (in Russian).
8. Slyusarenko S.A., Stepanenko G.P., Glotova M.A., Novikov M.F., Gordeev I.P., Bozhko N.P. and Dudnik S.P. *Proektirovanie i ustroystvo fundamentov na namyvnykh peschanykh gruntakh* [Design and appliance of foundations on alluvial sand soils]. Kiev: Budivelnik, 1990, pp. 72-83. (in Russian.)
9. Trofimenkov Yu.G. and Vorobkov L.N. *Polevye metody issledovaniya stroitel'nykh svoystv gruntov* [Field research methods of construction properties of soils]. 3-e izd. [3-d edition]. Moscow: Stroyizdat, 1981, pp. 143-145. (in Russian).
10. *Dynamic cone penetrometer ; Corps of engineers single- and dual-mass cone penetrometers. DGSi. Durham geo slope indicator.* Available at : <http://www.durhamgeo.com/testing/soils/field-testing-dynconeopen.html>.
11. *Vane shear and cone penetration resistance. Testing of in-situ soils : a symposium presented at the Fifth pacific area national, meeting American society for testing and materials, Seattle, oct. 31-nov. 5, 1965 : special technical publication no. 399.* Philadelphia, 1966, 47 p.
12. *Standard test method for standard penetration test (SPT) and split-barrel sampling of soils: D1586-11.* Available at: <http://www.jeanlutzsa.fr/public/temp/Normes/ASTM/D1586.17074.pdf>
13. *Eurocode 7. Geotechnical design. P. 2 : Ground investigation and testing : EN 1997-2:2007.* London, 2010, 16 p.

Рецензент: д-р т. н., проф. М. В. Савицький

Надійшла до редколегії: 20.07.2015 р. Прийнята до друку: 21.08.2015 р.

УДК 519.6

МАТЕМАТИЧНЕ ТА ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ТРУБЧАСТИХ ГАЗОВИХ НАГРІВАЧІВ, РОЗТАШОВАНИХ У БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЯХ

ЧОРНОМОРЕЦЬ Г. Я. ^{1*}, *асп.*,ПРОДОВ В. Ф. ², *д. т. н., проф.*

^{1*} Кафедра теплотехніки і газопостачання, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-17-22, e-mail: ChHYa@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-4964-5785

² Кафедра теплотехніки і газопостачання, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-17-22, e-mail: vfirodov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8772-9862

Анотація. Постановка проблеми. Для проектування і конструювання трубчастих газових нагрівачів у будівельних конструкціях необхідно розв'язати задачі аналізу та синтезу такої системи опалення. Математична модель даної системи складається з: математичної моделі самого трубчастого газового нагрівача як гідравлічного ланцюга, математичної моделі розповсюдження тепла в будівельній конструкції і відповідних граничних умов, які їх пов'язують. Для розв'язання задач аналізу та синтезу необхідне відповідне математичне та інформаційне забезпечення. **Мета статті** - виклад розробленого математичного та інформаційного забезпечення, які дозволяють розв'язувати задачі аналізу та синтезу систем опалення з трубчастими газовими нагрівачами, розташованими у будівельних конструкціях. **Висновок.** Математичне забезпечення включає в себе розробку алгоритмів і програм для числового розв'язання задач аналізу та синтезу розглянутої системи опалення. Інформаційне забезпечення включає весь необхідний набір параметрів, що характеризують теплофізичні властивості матеріалів, які застосовуються в системі опалення, і параметрів, що характеризують теплообмін між теплоносієм і елементами системи опалення. Розроблено алгоритми розв'язання задач аналізу та синтезу системи опалення з трубчастими газовими нагрівачами, розташованими в будівельних конструкціях, засновані на еволюційному пошуку найбільш переважних рішень, і відповідне програмне забезпечення. Виконано експериментальне дослідження й отримано результати, що дозволяють розраховувати теплопередачу від газоповітряної суміші до граничної поверхні будівельної конструкції, що дозволить отримати повне інформаційне забезпечення для розв'язання задач аналізу та синтезу системи опалення. Розроблене математичне та програмне забезпечення дозволяє розв'язувати задачі аналізу та синтезу систем опалення з трубчастими газовими нагрівачами, розташованими в будівельних конструкціях. Трубчасті газові нагрівачі розташовані у будівельних конструкціях дозволяють з невеликими капітальними витратами забезпечити опалення приміщень. Для якісного проектування таких систем необхідно розв'язувати задачі аналізу (розрахунку) та синтезу (проектування та керування режимами).

Ключові слова: трубчасті нагрівачі; будівельні конструкції; математична модель; алгоритм еволюційного пошуку

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРУБЧАТЫХ ГАЗОВЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

ЧЕРНОМОРЕЦЬ Г. Я. ^{1*}, *асп.*,ПРОДОВ В. Ф. ², *д. т. н., проф.*

^{1*} Кафедра теплотехники и газоснабжения, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-17-22, e-mail: ChHYa@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-4964-5785

² Кафедра теплотехники и газоснабжения, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-17-22, e-mail: vfirodov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8772-9862

Аннотация. Постановка проблемы. Для проектирования и конструирования трубчатых газовых нагревателей в строительных конструкциях необходимо решить задачи анализа и синтеза такой системы отопления. Математическая модель данной системы состоит из: математической модели самого трубчатого газового нагревателя как гидравлической цепи, математической модели распространения тепла в строительной конструкции и соответствующих граничных условий, которые их связывают. Для решения задач анализа и синтеза необходимо соответствующее математическое и информационное обеспечение. **Цель работы** - изложение разработанного математического и информационного обеспечения, которое позволяет решать задачи

анализа и синтеза систем отопления с трубчатыми газовыми нагревателями, расположенными в строительных конструкциях. **Вывод.** Математическое обеспечение включает в себя разработку алгоритмов и программ для численного решения задач анализа и синтеза рассматриваемой системы отопления. Информационное обеспечение включает весь необходимый набор параметров, характеризующих теплофизические свойства материалов, применяемых в системе отопления, и параметров, характеризующих теплообмен между теплоносителем и элементами системы отопления. Разработаны алгоритмы решения задач анализа и синтеза системы отопления с трубчатыми газовыми нагревателями, расположенными в строительных конструкциях, основанные на эволюционном поиске наиболее предпочтительных решений, и соответствующее программное обеспечение. Выполнено экспериментальное исследование и получены результаты, позволяющие рассчитывать теплопередачу от газоздушной смеси до граничной поверхности строительной конструкции, что позволит получить полное информационное обеспечение для решения задач анализа и синтеза системы отопления. Разработанное математическое и программное обеспечение позволяет решать задачи анализа и синтеза систем отопления с трубчатыми газовыми нагревателями, расположенными в строительных конструкциях. Трубчатые газовые нагреватели, расположенные в строительных конструкциях, позволяют с небольшими капитальными затратами обеспечить отопление помещений. Для качественного проектирования таких систем необходимо решать задачи анализа (расчета) и синтеза (проектирование и управление режимами).

Ключевые слова: *трубчатые нагреватели; строительные конструкции; математическая модель; алгоритм эволюционного поиска*

MATHEMATICAL AND INFORMATION SUPPORT FOR CALCULATION AND DESIGN OF TUBE GAS HEATERS LOCATED IN STRUCTURES

CHORNOMORETS H. Y. ^{1*}, P. G.,
IRODOV V. F. ², Dr. Sc. (Tech.), Prof.

^{1*} Department of Heat Technique and Gas Supply, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, phon. +38 (0562)) 47-17-22, e-mail: ChHYa@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-4964-5785

² Department of Heat Technique and Gas Supply, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, phon. +38 (0562)) 47-17-22, e-mail: vfirodov@i.ua, ORCID ID: 0000-0001-8772-9862

Abstract. Raising of problem. For the design and construction of tube gas heaters in building structures to need solve the problems of analysis and synthesis of such heating system. The mathematical model of this system is consists of: mathematical model of the tube gas heater, mathematical model of heat distribution in the building structure and corresponding boundary conditions. To solve the tasks of analysis and synthesis must be appropriate mathematical and information support. **Purpose.** The purpose of this paper is to describe the developed mathematical and information support that solve the problems of analysis and synthesis of heating systems with gas tube heaters, located in building constructions. **Conclusion.** Mathematical support includes the development of algorithms and software for the numerical solution of problems analysis and synthesis heating system. Information support includes all the necessary parameters characterizing the thermal properties of materials which used in the heating system, and the parameters characterizing the heat exchange between the coolant and components of the heating system. It was developed algorithms for solving problems of analysis and synthesis heating system with tube gas heater located in structures to use evolutionary search algorithm and software. It was made experimental study and was obtained results allow to calculate the heat transfer from the gas-air mixture to the boundary surface of the building structure. This results and computation will provide full information support for solving problems of analysis and synthesis of the heating system. Was developed mathematical and software support, which allows to solve the problems of analysis and synthesis heating systems with gas tube heaters, located in building structures. Tube gas heaters located in the building structures allows with small capital expenditures to provide space heating. Is necessary to solve the problems of analysis (calculation) and synthesis (design and management regimes) for high-quality design of such systems.

Keywords: *tube heaters; building structures; mathematical model; evolutionary search algorithm*

Постановка проблеми. Трубчасті газові нагрівачі, розташовані у будівельних конструкціях – це автономна система як опалення, так і теплопостачання. Канали можуть розташовуватись у підлозі, стелі або стінах. Для розроблення та проектування цих нагрівачів необхідно мати їх інформаційне та математичне забезпечення.

Аналіз публікацій. Променисті трубчасті нагрівачі досить широко застосовуються у виробничих приміщеннях, торгових приміщеннях, на складах, у спортивних та виставкових залах тощо [2]. Порівняно з традиційними системами повітряного та водяного опалення використання таких нагрівачів дозволяє знизити споживання палива та

зменшити витрати на обігрів приміщень [1; 10].

Один із варіантів променевого опалення - це розміщення каналів трубчастих нагрівачів у суцільному середовищі, наприклад, у будівельній конструкції. На основі математичних моделей трубчастих газових нагрівачів [3; 4; 6; 19] у технічному рішенні [14] наведено математичну модель трубчастих нагрівачів у будівельній конструкції. У праці [11] описано вибір раціональних параметрів проектування такої системи, де у результаті еволюційного випадкового пошуку найбільш переважних рішень [7; 8] були визначені оптимальні товщини верхньої кришки трубчастого нагрівача, які забезпечують близьку до постійної величини температуру зовнішньої поверхні.

Розроблено розрахунок теплообміну між газоповітряною сумішшю в каналі будівельної конструкції трубчастого нагрівача і опалюваним простором [12]. У праці [13] аналітичним методом перевірено теплопередачу від газоповітряної суміші на поверхню будівельної конструкції каналу. Наведено методику експериментальних досліджень трубчастих нагрівачів у будівельних конструкціях [15]. Для підтвердження економічної доцільності використання трубчастих нагрівачів, розташованих у просторі будівельної конструкції, розроблено техніко-економічне порівняння даної системи з традиційною водяною системою опалення. Результати порівняння підтвердили переваги використання трубчастих нагрівачів у будівельних конструкціях [16].

У результаті проведених досліджень для розрахунків та проектування трубчастого нагрівача, розташованого у будівельній конструкції, виявилось недостатнім математичне та інформаційне забезпечення. Наприклад, наявність результатів експериментального дослідження даної системи, які б підтвердили проведені розрахунки.

Мета статті полягає в тому, щоб навести методи розрахунку та результати експериментальних досліджень трубчастих газових нагрівачів у будівельних конструкціях для їх проектування та подальшого дослідження.

Виклад основного матеріалу. Трубчастий нагрівач, розташований всередині будівельної конструкції, має просту конструкцію. Розміщення каналів газоповітряної суміші у будівельній конструкції підлоги (план та розріз каналу) наведено на рисунку 1.

Принцип роботи даного пристрою такий самий, як і трубчастого нагрівача, вільно розташованого в опалюваному просторі. Продукти згоряння палива з пальника надходять до каналів трубчастого нагрівача. Канали передають тепло зі своєї поверхні в будівельну конструкцію, а звідти в опалюване середовище.

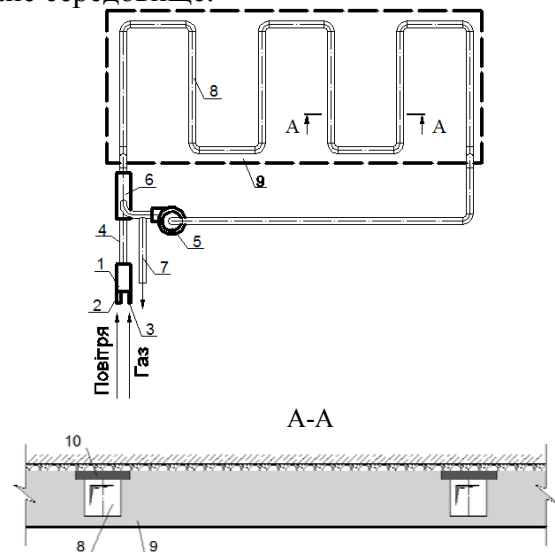


Рис. 1. Трубчастий газовий нагрівач, розміщений у підлозі /

Tube gas heater located in the floor:

- 1 - газовий пальник; 2 - патрубок подачі повітря;
- 3 - патрубок подачі газу; 4 - початкова ділянка лінійного нагрівача в теплоізоляції; 5 - витяжний вентилятор;
- 6 – ежектор; 7 - патрубок відводу газоповітряної суміші;
- 8 - канали газоповітряної суміші;
- 9 – конструкція підлоги; 10 - бетонна пластина.

Спираючись на [14], математичну модель гідравлічних і теплових режимів даної системи опалення можна навести у вигляді:

Рівняння збереження маси:

$$G = \rho w F = \text{const}, \quad (1)$$

де ρ – щільність газоповітряної суміші, кг/м^3 ; w – середня лінійна швидкість руху газоповітряної суміші всередині каналу, м/с ; F – площа поперечного перерізу каналу, м^2 .

Рівняння стану газоповітряної суміші у вигляді рівняння стану ідеального газу:

$$p = \rho R T, \quad (2)$$

де p, T – абсолютні тиск та температура газоповітряної суміші в даному перетині каналу, Па, К; R – газова постійна, залежна від складу газоповітряної суміші після повного згоряння горючого газу, Дж/кг К.

Рівняння руху газоповітряної суміші усередині випромінюючої труби:

$$dp = -A \cdot dz/D \cdot \rho \frac{w^2}{2}, \quad (3)$$

де dp – перепад тиску газоповітряної суміші у каналі на ділянці довжиною dz ; A – коефіцієнт тертя; D – внутрішній еквівалентний діаметр каналу, м.

Рівняння теплового балансу для каналу трубчастого нагрівача починаючи від перетину повного згоряння горючого газу до витяжного вентилятора.

Тепловий потік від газоповітряної суміші до внутрішньої стінки каналу, Вт:

$$dQ = k \cdot (T - T_{wi}) \cdot dS, \quad (4)$$

де: k – коефіцієнт теплопередачі теплоти від газоповітряної суміші на внутрішню поверхню будівельної конструкції, Вт/м²°С; T_{wi} – температура поверхні внутрішньої стінки будівельного каналу, К; dS – площа теплообмінної поверхні, м².

Рівняння розподілу тепла у будівельній конструкції наведено рівнянням теплопровідності з відповідними граничними умовами у вигляді:

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} = 0, \quad (5)$$

де: θ – температура всередині конструкції, К; x та y – лінійні координати у перетині.

Граничні умови для (5) мають вигляд:

$$k(T - T_{wi}) = -\lambda \left(\frac{\partial \theta}{\partial n} \right)_w \text{ при } 0 < x < l_w; 0 < y < h_w, \quad (6)$$

де: λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу будівельної конструкції, Вт/м К; $\left(\frac{\partial \theta}{\partial n} \right)_w$ – проекція градієнта температури за напрямком нормалі до стінки будівельної конструкції; l_w – ширина будівельної конструкції, м; h_w – висота будівельної конструкції, м.

Зміна теплової енергії потоку газоповітряної

суміші, що рухається:

$$d(\rho w F C_p T) = -dQ, \quad (7)$$

де: C_p – теплоємність газоповітряної суміші при постійному тиску, Дж/кг К.

Для інформаційного забезпечення необхідно визначити значення коефіцієнта теплопередачі k . Коефіцієнт теплопередачі був визначений у результаті експериментальних досліджень цієї системи опалення.

На рисунку 2 показано вигляд експериментальної установки.



Рис.2. Вигляд експериментальної установки / View of the experimental device

У конструкції розташований металевий нагрівач, над нагрівачем є верхня кришка у вигляді будівельної пластини, яка повинна забезпечувати близьку до постійної величини температуру зовнішньої поверхні нагрівача.

Фізичні величини, які визначають процес теплообміну між газоповітряною сумішшю в каналі будівельної конструкції і повітряним середовищем опалюваного приміщення, виступають: T – температура в каналі газоповітряної суміші; T_{wi} – температура знизу пластини; T_{we} – температура на поверхні пластини; $G_{нов}$ – витрата припливного повітря; G_n – витрата палива; w – середня лінійна швидкість руху газоповітряної суміші всередині каналу, м/с.

Визначення функціональної залежності між фізичними величинами, що описують процес теплообміну:

$$k = f(T, T_{wi}, T_{we}, S, Q) \quad (8)$$

Вказані фізичні величини пов'язані між собою певними співвідношеннями. Деякі із цих параметрів у даному процесі можуть бути змінними, інші – постійними.

За даними експериментальних досліджень розраховано середній коефіцієнт теплопередачі теплоти від газоповітряної сумі-

ші на внутрішню поверхню будівельної пластини, Вт/м²°С:

$$k = \frac{Q}{\Delta T S}, \quad (9)$$

де: S – площа теплообмінної поверхні каналу, м²; Q – середній тепловий потік від газоповітряної суміші в каналі будівельної конструкції на поверхню бетону, Вт; ΔT – середнє значення різниці температур газоповітряної суміші і внутрішньої поверхні будівельної пластини, °С.

Спираючись на [5; 9; 17; 18; 20], провели обробку результатів експериментального дослідження. При цьому виконувалитаке:

- оцінювання середнього значення:

$$X_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i; \quad (10)$$

- оцінювання стандартного відхилення:

$$S(X_{cp}) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (X_k - X_{cp})^2}{(n-1)}}; \quad (11)$$

- обчислення оцінки середнього квадратичного відхилення результату вимірювання:

$$S_a(X_{cp}) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (X_k - X_{cp})^2}{n \cdot (n-1)}}; \quad (12)$$

- обчислення двобічного довірчого інтервалу для середнього значення:

$$X_{cp} - \frac{t}{\sqrt{n}} S_a(X_{cp}) < m < X_{cp} + \frac{t}{\sqrt{n}} S_a(X_{cp}); \quad (13)$$

$$\Delta \partial = t \cdot S_a(X_{cp}). \quad (14)$$

За даними серії експериментальних досліджень розраховано середній коефіцієнт теплопередачі теплоти від газоповітряної суміші крізь стінку металевого каналу на внутрішню поверхню будівельної конструкції k , Вт/м²°С:

$$k = X_{cp} \pm \Delta \partial = 6,64 \pm 0,26, (P_0 = 0,95; n = 11).$$

Результати експериментального дослідження системи опалення з трубчастими газовими нагрівачами, розташованими у будівельній конструкції, показали, що з часом температура газоповітряної суміші в середині будівельного каналу зростає і разом із нею зростає температура на поверхні будівельної пластини, що підтверджує можливість використання даного технічного рішення на практиці. Розподіл температур показано на рисунку 3.

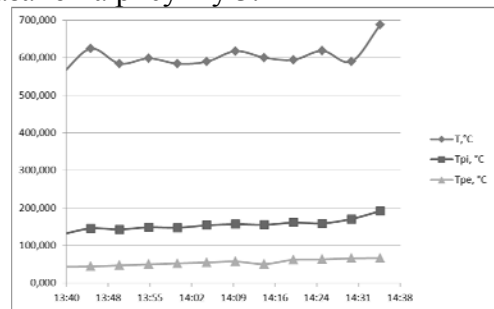


Рис.3. Графік зміни температур у процесі нагрівання Graphotemperature distribution

Висновок. Наведено математичну модель гідравлічного і теплового режимів газового трубчастого нагрівача у будівельній конструкції, яку показано у вигляді звичайних диференціальних рівнянь. Наведено результати експериментального дослідження даного трубчастого нагрівача. Рівномірний прогрів будівельної конструкції підтверджує можливість використання такої системи опалення для обігріву приміщень.

Застосування математичної моделі і результатів експериментального дослідження у розрахунках допоможе поліпшити якість проектних робіт і конструювання трубчастих нагрівачів, розташованих у будівельних конструкціях.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Богуславский Л. Д. Экономика теплогазоснабжения и вентиляции / Л. Д. Богуславский, А. А. Симонова, М. Ф. Митин. – Москва : Стройиздат, 1988. – 351 с.
2. Болотских Н. Н. Энергоэффективная система инфракрасного обогрева производственных помещений с большими внутренними площадями / Н. Н. Болотских // Науковий вісник будівництва : зб. наук. пр. / Харків. нац. ун-т буд-ва та архітектури. – Харків, 2012. – Вип. 69. – С. 361–371.
3. Многоконтурные трубчатые газовые нагреватели как средства повышения безопасности воздушно-лучистого отопления / К. В. Дудкин, Ю. В. Хацкевич, Л. В. Солод, Г. Я. Черноморец // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднпр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2011. – Вип. 62. – С. 161–165. – (Безопасность жизнедеятельности 2011).

4. Пристрій для газового опалення : пат. 63793 Україна (UA) : МПК F24D 10/00 / Дудкін К. В., Іродов В. Ф., Чорноморець Г. Я. (Україна) ; заявник та патентовласник Придніпровська державна академія будівництва та архітектури (Україна). – № 02070772 ; заявл. 25.02.2011 ; опубл. 25.10.2011, Бюл. № 20. – 4 с.
5. Обработка данных средствами Excel при планировании эксперимента / Н. М. Ершова, В. Н. Деревянко, Р. А. Тимченко, О. В. Шаповалова. – Днепропетровск : ПГАСА, 2012. – 350 с.
6. Іродов В. Ф. Математическое моделирование и расчет инфракрасного трубчатого газового обогревателя / В. Ф. Іродов, Л. В. Солод // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Придн. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2010. – Вып. 52, ч. 1. – С. 130–132.
7. Іродов В. Ф. О построении и сходимости алгоритмов самоорганизации случайного поиска / В. Ф. Іродов // Автоматика. – 1987. – № 4. – С. 34–43.
8. Іродов В. Ф. Эволюционные алгоритмы поиска оптимальных решений / В. Ф. Іродов, Ф. И. Стратан // Методы оптимизации при проектировании систем теплогасоснабжения / Ф. И. Стратан, В. Ф. Іродов ; отв. ред. М. Я. Розкин. – Кишинев, 1984. – С. 16–30.
9. Пінчук С. Й. Організація експерименту при моделюванні та оптимізації технічних систем / С. Й. Пінчук. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Дніпропетровськ : Дніпро-VAL, 2009. – 289 с.
10. Строй А. Ф. Техніко-економічне обґрунтування та визначення галузі застосування променевого газового опалення / А. Ф. Строй, Ю. К. Припотень // Збірник наукових праць. Серія : Галузеве машинобудування, будівництво / Полтав. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. – Полтава, 1999. – Вып. 4. – С. 113–121.
11. Чорноморець Г. Я. Выбор параметров проектирования трубчатых газовых нагревателей, расположенных в конструкции пола / Г. Я. Чорноморець, В. Ф. Іродов // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Придн. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2013. – Вып. 68. – С. 441–446. – (Создание высокотехнологических экокомплексов в Украине на основе концепции сбалансированного (устойчивого) развития).
12. Чорноморець Г. Я. О расчете теплообмена между газоздушной смесью в канале строительной конструкции трубчатого нагревателя и отапливаемым пространством / Г. Я. Чорноморець, В. Ф. Іродов // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Придн. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2013. – Вып. 70. – С. 238–243. – (Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве).
13. Чорноморець Г. Я. Доцільність використання трубчастих газових нагрівачів для опалення сільськогосподарських будівель / Г. Я. Чорноморець // Тенденции, наработки, инновации, практика в науке : сб. науч. докладов Междунар. науч.-практ. конференции, 29.04.2014-30.04.2014, Люблин / Вестник. Наука и практика. – Варшава, 2014. – Ч. 1. – С. 7–10.
14. Чорноморець Г. Я. Математичне моделювання трубчастих газових нагрівачів, розташованих у будівельних конструкціях / Г. Я. Чорноморець, В. Ф. Іродов // Науковий вісник будівництва : зб. наук. пр. / Харків. нац. ун-т буд-ва та архітектури. – Харків, 2012. – Вып. 68. – С. 395–399.
15. Чорноморець Г. Я. Методика експериментальних досліджень системи опалення з трубчастими газовими нагрівачами, розташованими у будівельних конструкціях / Г. Я. Чорноморець, В. Ф. Іродов // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Придн. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2014. – Вып. 75. – С. 256–60. – (Создание высокотехнологических экокомплексов в Украине на основе концепции сбалансированного (устойчивого) развития).
16. Чорноморець Г. Я. Техніко-економічне обґрунтування використання трубчастих нагрівачів розташованих у будівельних конструкціях / Г. Я. Чорноморець // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Придн. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2014. – Вып. 76. – С. 293–297. – (Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве).
17. Multilevel statistical models and the analysis of experimental data / J. E. Behm, D. Edmonds, J. Harmon, A. Ives // Ecology / Ecological society of America. – 2013. – Vol. 94, iss. 7. – P. 1479–1486.
18. Peters C. A. Statistics for analysis of experimental data / C. A. Peters // Environmental engineering processes laboratory manual. – Princeton, 2001. – P. 1–25. – Режим доступа: – http://www.princeton.edu/~cap/AEESP_Stachap_Peters.pdf.
19. Taler D. Mathematical modeling of tube heat exchangers with complex flow arrangement / D. Taler, M. Trojan, J. Taler // Chemical and process engineering / Institute of Chemistry and Organic Technology, Cracow University of Technology. – Cracow, 2011. – Vol. 32, iss. 1. – P. 7–19.
20. Vasishth S. An introduction to statistical data analysis : lecture notes / S. Vasishth. – New York, 2014. – 129 p. – Режим доступа: <http://www.ling.uni-potsdam.de/~vasishth/StatisticsNotesVasishth.pdf>.

REFERENCE

1. Boguslavskij L.D., Simonova A.A. and Mitin M.F. *Ekonomika teplogazosnabzheniya i ventilyatsii* [The economy of heat and ventilation]. Moskva: Strojizdat, 1988. 351 p. (in Russian).
2. Bolotskikh N.N. *Energoeffektivnaya sistema infrakrasnogo obogreva proizvodstvennykh pomeshchenij s bol'shimi vnutrennimi ploshchadyami* [Energy-efficient infrared heating of production facilities with large inner area]. *Naukovyi visnyk budivnytstva* [Scientific Bulletin of Construction]. Harkiv. nats. un-t bud-va ta arkhitektury. Harkiv, 2012, iss. 69, pp. 361–371. (in Russian).
3. Dudkin K.V., Hatskevich Yu.V., Solod L.V. and Chernomorets G.Ya. *Mnogokonturnye trubchatye gazovye nagrevateli kak sredstva povysheniya bezopasnosti vozdušno-luchistogo otopeniya* [Multiloop tube gas heaters as

- a means of improving the safety radiant heating]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Construction, materials science, mechanical engineering]. Pridneprov. gos. akad. str-va i arkhitektury, Dnepropetrovsk. 2011, iss. 62, pp. 161–165. (in Russian).
4. Dudkin K.V., Irodov V.F. and Chornomorets H.Ya. *Prystrii dlia hazovoho opalennia: pat. 63793 Ukraina (UA): MPK F24D 10/00* [Device for gas heating: pat. 63793 Ukraine (UA): PIC F24D 10/00]. 2011.
 5. Ershova N.M., Derevyanko V.N., Timchenko R.A. and Shapovalova O.V. *Obrabotka dannykh sredstvami Excel pri planirovanii eksperimenta* [Data processing means Excel while the planning of experiment]. Dnepropetrovsk: PGASA, 2012. 350 p. (in Ukrainian).
 6. Irodov V.F. and Solod L.V. *Matematicheskoe modelirovanie i raschet infrakrasnogo trubchatogo gazovogo obogrevatelya* [Mathematical modeling and calculation of tube infrared gas heater]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Construction, materials science, mechanical engineering]. Pridneprov. gos. akad. str-va i arkhitektury, Dnepropetrovsk. 2010, iss. 52(1), pp. 130–132. (in Russian).
 7. Irodov V.F. *O postroenii i skhodimosti algoritmov samoorganizatsii sluchajno poiska* [The construction and convergence of random search algorithms for self-organization]. *Avtomatika* [Automation]. 1987, no. 4, pp. 34–43. (in Russian).
 8. Irodov V.F., Stratan F.I. and Rozkin M.Ya. *Evolutsionnye algoritmy poiska optimal'nykh reshenij* [Evolutionary algorithms of search for optimal solutions]. *Metody optimizatsii pri proektirovanii sistem teplogazosnabzheniya* [Methods of optimizing for design of heating systems]. Kishinev, 1984, pp. 16–30. (in Russian).
 9. Pinchuk S.Y. *Orhanizatsiia eksperymentu pry modeliuванні ta optymizatsii tekhnichnykh system* [An experiment in modeling and optimization of technical systems]. Dnipropetrovsk: Dniipro-VAL, 2009, 289 p. (in Ukrainian).
 10. Stroi A.F. and Prypoten Yu.K. *Tekhniko-ekonomichne obgruntuvannia vykorystannia promenyvnykh system opalennia u vyrobnychyykh prymishchenniakh* [Feasibility study of using radiation heating systems in production facilities]. *Galuzeve mashynobuduvannia, budivnytstvo* [Mechanical engineering, construction]. Poltav. nats. tekhn. un-t im. Juriia Kondratiuka. Poltava, 1999, iss. 4, pp. 113–121. (in Russian).
 11. Chornomorets G. Ya. and Irodov V.F. *Vybor parametrov proektirovaniia trubchatykh gazovykh nagrevatelej, raspolozhennykh v konstruksii pola* [Parameters selection of design the tube gas heater located in the floor structure]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Construction, materials science, mechanical engineering]. Pridneprov. gos. akad. str-va i arkhitektury. Dnepropetrovsk, 2013, iss. 68, pp. 441–446. (in Russian).
 12. Chornomorets G.Ya. and Irodov V.F. *O rashchete teploobmena mezhdru gazovozdushnoj smes'yu v kanale stroitel'noj konstruksii trubchatogo nagrevatelya i otaplivaemym prostranstvom* [About calculation of heat transfer between gas-air mixture in channel of the tube heater building structure and the heated space]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Construction, materials science, mechanical engineering]. Pridneprov. gos. akad. str-va i arkhitektury. Dnepropetrovsk, 2013, iss. 70, pp. 238–243. (in Russian).
 13. Chornomorets H. Ya. *Dotsilnist vykorystannia trubchastykh hazovykh nahrivachiv dlia opalennia silskohospodarskykh budivel* [The feasibility of using tube gas heaters for heating agricultural buildings]. *Tendentsii, ziory danykh, innovati, praktika v nauke ch. 1.* [Trends, data sets, innovation and practice in science part 1]. Lublin, Varshava, 2014, pp. 7–10. (in Ukrainian).
 14. Chornomorets H.Ya. and Irodov V. F. *Matematychnye modeliuвання trubchastykh hazovykh nahrivachiv, roztashovanykh u budivnykh konstruksiiakh* [Mathematical modeling of tube gas heaters located in building structures]. *Naukovyj visnyk budivnytstva* [Scientific Bulletin of Construction]. Harkiv. nac. un-t bud-va ta arkhitektury. Harkiv, 2012, iss. 68, pp. 395–399. (in Ukrainian).
 15. Chornomorets H. Ya. and Irodov V.F. *Metodyka eksperimentalnykh doslidzhen systemy opalennia z trubchastymy hazovymy nahrivachamy, roztashovanymy u budivnykh konstruksiiakh* [Methods of experimental studies of tube heating with gas heater, located in building structures]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Construction, materials science, mechanical engineering]. Pridneprov. gos. akad. str-va i arkhitektury. Dnepropetrovsk, 2014, iss. 75, pp. 256 – 260. (in Ukrainian).
 16. Chornomorets H.Ya. *Tekhniko-ekonomichne obgruntuvannia vykorystannia trubchastykh nahrivachiv roztashovanykh u budivnykh konstruksiiakh* [Feasibility study for the use of tubular heaters located in building structures]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Construction, materials science, mechanical engineering]. Pridneprov. gos. akad. str-va i arkhitektury. Dnepropetrovsk, 2014, iss. 76, pp. 293–297. (in Ukrainian).
 17. Behm J.E., Edmonds D., Harmon J. and Ives A. *Multilevel statistical models and the analysis of experimental data. Ecology*. Ecological society of America, 2013, vol. 94, iss. 7, pp. 1479-1486.
 18. Peters C.A. *Statistics for Analysis of Experimental Data. Environmental Engineering Processes Laboratory Manual*. Princeton, 2001, pp. 1-25. Available at: http://www.princeton.edu/~cap/AEESP_Statchap_Peters.pdf.
 19. Taler D., Trojan M. and Taler J. *Mathematical modelling of tube heat exchangers with complex flow arrangement. Chemical and Process Engineering*. Institute of Chemistry and Organic Technology, Cracow University of Technology. Cracow, 2011, vol. 32, iss. 1, pp. 7-19.
 20. Vasisht S. *An introduction to statistical data analysis*. New York, 2014, 129 p. Available at: <http://www.ling.uni-potsdam.de/~vasisht/StatisticsNotesVasisht.pdf>.

Рецензент: д-р т. н., проф. В. М. Дерев'янюк

Надійшла до редколегії: 10.11.2015 р. Прийнята до друку: 15.11.2015 р.

УДК 528.482

ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ

ШУТИНА Г. С.¹, к. т. н.

¹Кафедра землевпорядкування, будівництва автодоріг та геодезії, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38(097)5184254, e-mail: anuta140@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-0665-3040

Анотація. Постановка проблеми. Отримання достовірних результатів геодезичного моніторингу залежить від низки факторів. Один з основних – надійність геодезичних пунктів, прийнятих як вихідні для створення геомоніторингової мережі. Відповідно до чинних нормативних документів щодо створення планових і висотних геодезичних мереж стійкість геодезичних пунктів повинна визначатися за результатами періодичного контролю їх координат. Як показує практика, цього недостатньо, оскільки опорні геодезичні пункти одночасно з об'єктом моніторингу піддаються зсуву. Тому оцінка вихідної надійності і систематичного контролю опорних пунктів геомоніторингової мережі – актуальне питання. **Мета дослідження** – підвищити надійність результатів геодезичного моніторингу на основі використання стабільних опорних геодезичних пунктів. Розробити ймовірнісні інтервали похибок визначення координат геодезичних пунктів різних класів, на основі яких можна судити про їх зміщення під час відбору стабільних геодезичних пунктів. **Висновок.** Шляхом відбору стабільних опорних геодезичних пунктів за інтервальними оцінками похибок визначення їх координат із заданим рівнем надійності та визначенням режиму їх контролю можна створити надійну геодезичну моніторингову мережу, використання якої, для геодезичного моніторингу інженерних об'єктів, дозволить отримати надійні, достовірні результати спостережень.

Ключові слова: надійність, геодезичний моніторинг, стабільні пункти, ймовірнісні інтервали

ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

ИШУТИНА А. С.¹, к. т. н.

¹Кафедра землеустройства, строительства автодорог и геодезии, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38(097)5184254, e-mail: anuta140@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-0665-3040

Аннотация. Постановка проблемы. Получение достоверных результатов геодезического мониторинга зависит от ряда факторов. Одним из основных является надежность геодезических пунктов, принятых в качестве исходных для создания геомониторинговой сети. Согласно действующим нормативным документам по созданию плановых и высотных геодезических сетей, устойчивость геодезических пунктов должна определяться по результатам периодического контроля их координат. Как показывает практика, этого недостаточно, т.к. опорные геодезические пункты одновременно с объектом мониторинга подвергаются смещению. Поэтому оценка исходной надежности и систематического контроля опорных пунктов геомониторинговой сети является актуальным вопросом. **Цель работы** – повысить надежность результатов геодезического мониторинга на основе использования стабильных опорных геодезических пунктов. Разработать вероятностные интервалы погрешностей определения координат геодезических пунктов различных классов, на основе которых можно судить об их смещении при отборе стабильных геодезических пунктов. **Вывод.** Путем отбора стабильных опорных геодезических пунктов по интервальным оценкам погрешностей определения их координат с заданным уровнем надежности и определением режима их контроля можно создать надежную геодезическую мониторинговую сеть, использование которой при геодезическом мониторинге инженерных объектов позволит получить надежные, достоверные результаты наблюдений.

Ключевые слова: надежность, геодезический мониторинг, стабильные пункты, вероятностные интервалы

THE TECHNOLOGY OF IMPROVING THE RELIABILITY OF GEODETIC MONITORING

ISHUTINA A. S.¹, Cand. Sc. (Tech.)

¹ Department of Land Management, Road-Building and Geodesy, State Higher Educational Establishment «Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, Tel. +38(097)5184254, e-mail: anuta140@bk.ru, ORCID ID: 0000-0002-0665-3040

Summary. Raising of problem. Reliable results of geodetic monitoring depends on several factors. One of the main factors is reliability of geodetic points taken as the source for the creation of geomonitoring network. According to the current normative documents for the creation of horizontal and vertical geodetic networks, the stability of the

geodetic points should be determined by the results of periodic monitoring of their coordinates. As practice shows this is not enough, because geodetic reference points simultaneously offset with the monitoring object. Therefore, the assessment of source reliability and systematic control of the base points of geomonitoring network are important. **Purpose.** To increase the reliability of results of geodetic monitoring which based on the use of stable reference geodetic points. To develop probabilistic intervals of errors of determination of coordinates of geodetic points of various classes based on which we can judge their offsets in the selection of a stable geodetic points. **Conclusion.** By sampling stable reference geodetic points on the interval estimates of the errors of the coordinates with a given level of reliability and defining the mode of their control, you can create a reliable geodetic monitoring network. Using this network for geodetic monitoring of engineering facilities will allow us to obtain reliable, valid observation results.

Keywords: *reliability, geodetic monitoring, stable points, probabilistic intervals*

Постановка проблеми. Геодезичний моніторинг є джерелом інформації про стан інженерних об'єктів, яка дозволяє встановити адекватну картину розвитку деформаційних процесів. Достовірність результатів геодезичного моніторингу залежить від багатьох факторів, серед яких можна виділити: точність приладів, кваліфікацію спостерігача, методику спостережень, а також надійність (стабільність) опорних пунктів геодезичної мережі. Практика показує, що останньому фактору приділяють недостатньо уваги, при цьому вважають, що вдалий вибір місць закладання геодезичних пунктів, а також матеріалів їх конструкцій гарантує їх довговічність та стабільність (незмінність положення). З часом під впливом комплексу факторів (техногенних та природних) відбувається зміщення опорних пунктів, що негативно впливає на всі подальші результати спостережень, особливо довгострокових, знижує їх достовірність та дає невірну інформацію про розвиток деформаційних процесів інженерних об'єктів. Отже, необхідне проведення періодичного контролю координат опорних геодезичних пунктів.

Аналіз публікацій. Існує багато публікацій, присвячених геодезичному моніторингу інженерних об'єктів, що розташовані на техногенно-навантажених територіях зі складними інженерно-геологічними умовами, несприятливими для будівництва. У праці [1] розглянуто можливість застосування супутникових технологій і геометричного нівелювання для геодезичного моніторингу техногенно-навантажених територій. У публікації [2] розглянуто створення геодезичного моніторингу екологічно та техногенно небезпечних об'єктів та організації спостережень за деформаційними процесами. Відомі праці закордонних учених, у яких описано досвід використання GPS для моніторингу осідання території нафтового

родовища біля Лонг-Біч (США) [3] та наведено приклад застосування технології GPS для моніторингу стану підвісних мостів Цинг Ма, Тінг Кау та Кап Шуї Мун в Гонконзі [4].

Застосування сучасних супутникових методів під час геомоніторингу, безумовно, дозволяє автоматизувати спостереження та обробку даних, досягти необхідної точності вимірювань завдяки оптимальному вибору режиму спостережень. Незважаючи на всі переваги цього методу, питання достовірності даних геомоніторингу залишається актуальним зв'язку з тим, що під впливом різних факторів (техногенних чи природних) відбуваються зміщення (нестабільність положення) опорних геодезичних пунктів. Із 2013 р. з'явилися публікації [5; 6], у яких досліджується надійність активних моніторингових геодезичних мереж Канівської та Дніпровської ГЕС через установлення математичної залежності між надійністю та геометричною формою побудови. Активні геомоніторингові мережі (АГМ) створюються, як правило, для моніторингу безпеки відповідальних споруд (ГЕС, АЕС тощо). Для геомоніторингу міських інженерних об'єктів використання АГМ не доцільне через велику собівартість.

Мета статті – розробити методику підвищення надійності геодезичного моніторингу шляхом відбору стабільних (надійних) геодезичних пунктів за результатами їх оцінювання, а також імовірнісні інтервали похибок визначення координат геодезичних пунктів із метою відбору стабільних геодезичних пунктів відповідного класу точності для заданого рівня надійності.

Виклад матеріалу. Геомоніторинг інженерних об'єктів пропонується здійснювати у декілька етапів. На першому етапі необхідно проводити геологічні та геоморфологічні дослідження території, а також ви-

конувати обстеження геодезичних пунктів для встановлення збереженості їх центрів та знаків згідно з діючим нормативним документом [7]. Якщо візуальним оглядом місцевості відшукати пункт не вдається, застосовують інструментально-геодезичні методи розшуку пункту.

На другому етапі визначають координати геодезичних пунктів супутниковими методами. Для визначення координат збережених пунктів застосовують статичний супутниковий метод із використанням двочастотних приймачів, які приймають С/А і Р коди та вимірюють псевдовіддалі до супутників кодовим та фазовим методами. Точність визначення векторів базових ліній залежить від кількості і геометричного розташування супутників, що одночасно спостерігаються з кожного пункту протягом сеансу спостережень, сприятливого періоду спостережень, залишкових впливів іоносферної і тропосферної рефракції, довжин базових ліній та технічних характеристик приймачів, що повинно забезпечити задану проектом точність. Основні вимоги до супутникових спостережень на пунктах Державної та місцевої геодезичних мереж наведені у [8].

Спостереження виконують двічі за короткий проміжок часу. Порівнюючи отримані координати з даними попереднього

циклу вимірювання, виявляють зміщення пунктів. Обирають необхідний рівень надійності залежно від категорії відповідальності об'єкта геомоніторингу за нормативним документом [9] та виконують інтервальне оцінювання отриманих зміщень геодезичних пунктів, виявивши, таким чином, ненадійні пункти.

Інтервальною називають оцінку, яка визначається двома числами – кінцями інтервалу, що покриває оцінюваний параметр. Інтервальною оцінкою математичного сподівання з надійністю γ нормально розподіленої кількісної ознаки X за вибірковою середнім \bar{x} при відомому середньому квадратичному відхиленні σ генеральної сукупності служить довірчий інтервал

$$\bar{x} - t \left(\frac{\sigma}{n^{0,5}} \right) < X < \bar{x} + t \left(\frac{\sigma}{n^{0,5}} \right), \quad (1)$$

де $t \left(\frac{\sigma}{n^{0,5}} \right) = \delta$ – точність оцінки,

n – обсяг вибірки,

σ – середнє квадратичне відхилення координат геодезичних пунктів,

t – значення аргументу функції Лапласа $\Phi(t)$, при якому $\Phi(t) = \frac{\gamma}{2}$,

γ – надійність.

Таблиця 1

Розподіл середніх квадратичних похибок за класами [7]

| Назва характеристики | клас | | | |
|------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Кількість пунктів (n) | 813 | 5586 | 10084 | 8174 |
| Середнє (\bar{x}), м | 0,003 | 0,020 | 0,032 | 0,032 |
| Середнє квадратичне відхилення (σ), м | 0,002 | 0,007 | 0,013 | 0,009 |

Таблиця 2

Імовірнісні інтервали похибок визначення координат геодезичних пунктів

| надійність \ клас мережі | 0,9 | 0,95 | 0,99 |
|--------------------------|--------------------------------------------|-------------|-------------|
| | інтервали похибок визначення координат, мм | | |
| 1 | 2,88–3,12 | 2,86–3,14 | 2,82–3,18 |
| 2 | 19,85–20,15 | 19,82–20,18 | 19,76–20,99 |
| 3 | 31,79–32,21 | 31,75–32,25 | 31,67–32,33 |
| 4 | 31,76–32,24 | 31,72–32,28 | 31,63–32,37 |

За даними таблиці 1 [10] розраховано довірчі інтервали похибок визначення координат геодезичних пунктів 1–4-го класів із заданою надійністю (табл. 2).

Відповідно до таблиці 2, якщо величина похибки визначення координат міститься в знайденому інтервалі, – пункт вважається стабільним, зміщення відсутнє; якщо вихо-

дить за межі імовірнісного інтервалу – відбувається зміщення пункту, тобто пункт вважається нестабільним.

Відбір стабільних геодезичних пунктів здійснюється відповідно до необхідного рівня надійності, який задають залежно від класу наслідків об'єкта геомоніторингу. Відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 [9]

виділяють три класи відповідальності (наслідків) будівель та споруд (СС3, СС2, СС1), для яких для відбору стабільних геодезичних пунктів локальної геомоніторингової мережі рекомендовано задати рівень надійності відповідно 0,99; 0,95 та 0,90.

На третьому етапі геомоніторингу обирають надійні опорні геодезичні пункти за результатами контролю їх координат та формують локальний геомоніторинговий полігон із жорсткою прив'язкою до обраних опорних пунктів геодезичної мережі. Далі виконують оцінку надійності створеної локальної геомоніторингової мережі шляхом визначення ймовірності незмінного положення геодезичних пунктів мережі за результатами періодичного контролю координат геодезичних пунктів. За необхідності підвищують надійність геомоніторингової мережі шляхом відновлення положення окремих «ненадійних» геодезичних пунктів. На четвертому етапі визначають ступінь техногенного навантаження ділянки території майбутніх робіт.

П'ятий етап включає вибір методу та періодичності виконання геодезичних спостережень за деформаціями інженерних об'єктів залежно від швидкості зміщень і точності вимірювань. Особливу увагу приділяють техногенно-перевантаженим ділянкам, на яких рекомендовано застосовувати комбіновані методи спостережень за деформаціями інженерних об'єктів та використувати запропоновану універсальну конс-

трукцію геодезичної марки [11], за допомогою якої можна визначати як планове, так і висотне положення об'єктів із застосуванням як сучасних супутникових методів, так і традиційних.

На шостому етапі геомоніторингу, виконують оцінку точності отриманих результатів, яка полягає у визначенні комплексу характеристик ($S_{сеп}$, ΔS_{ij} ; k ; f) та порівняння їх із гранично допустимими значеннями. Моделювання результатів геомоніторингу виконують із застосуванням математичних моделей та ГІС-технологій.

Висновки. Якість результатів геодезичних спостережень та їх достовірність залежать, головним чином, від точності вимірів і стійкості опорних геодезичних пунктів. Якщо врахувати, що сучасні технології геодезичних спостережень дозволяють звести до мінімуму вплив інструментальних помилок, то питання стійкості вихідних геодезичних пунктів міської планової і висотної мережі вимагає відповідних наукових досліджень як украй актуальне. Для отримання достовірної інформації про стан інженерних об'єктів необхідно проводити періодичний контроль координат вихідних геодезичних пунктів із метою виявлення ненадійних пунктів за інтервальною оцінкою похибок визначення їх координат. Використання стабільної геодезичної мережі дозволить підвищити надійність та достовірність даних геомоніторингу.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Янчук О. Є. Геодезичний моніторинг техногенно-навантажених територій : автореф. дис.... канд. техн. наук : 05.24.01 / Янчук Олександр Євгенович ; Нац. ун-т «Львівська політехніка». – Львів, 2011. – 18 с.
2. Чорнокінь В. Я. Інженерно-геодезичний моніторинг деформаційних процесів на екологічнобезпечних територіях та інженерних спорудах : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.04.01 / Чорнокінь Василь Якович ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури. – Київ, 2002. – 16 с.
3. Staying afloat GPS monitors oilfield subsidence / B. Remondi, C. Henderson, D. Rutledge, R. Koerner // GPS World. – 2002. – Vol. 13, № 10. – P. 12–18.
4. Wong K. Monitoring Hong Kong's bridges: Real-Time Kinematic spans the gap / K. Wong, K. Man, W. Chan // GPS World. – 2001. – Vol. 12, № 7. – P. 10–12.
5. Третяк К. Р. Розроблення методики до розрахунку надійності активних моніторингових геодезичних мереж / К. Р. Третяк, І. Р. Савчин // Вісник геодезії та картографії. – 2013. – № 1. – С. 5–10.
6. Третяк К. Р. До питання надійності активних моніторингових геодезичних мереж / К. Р. Третяк, І. Р. Савчин // Геодезія, картографія і аерофотознімання : міжвідом. наук.-техн. зб. / М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т "Львівська політехніка" ; відп. ред. К. Р. Третяк. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2013. – Вип. 77. – С. 122–126.
7. Інструкція з обстеження та оновлення пунктів Державної геодезичної мережі України : затв. Наказом № 23 від 29 лютого 2000 р. / Головне управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України. – Київ, 2000. – 28 с. – Режим доступу: http://gki.com.ua/files/uploads/documents/Norms/Ukrgeodesykart_norms/Inst_z_obstezh_DGM_23.pdf

8. Супутникові геодезичні спостереження на пунктах державної та міської геодезичних мереж м. Дніпропетровськ : інформ. звіт № 2 з НДР (проміж.) / Держ. служба геодезії, картографії та кадастру, Наук.-дослід. ін-т геодезії і картографії ; кер. роботи О. В. Кучер ; виконавець Висотенко Р. О. – Київ, 2011. – 100 с.
9. Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва : ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 / Мінрегіон України. – Уведене вперше. – Київ, 2013. – 37 с.
10. Кучер О.В. Внедрение государственной референсной системы координат Украины / О.В. Кучер // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. – 2012. – № 3(46). – С. 67–73.
11. Геодезичний знак : пат. 95035 Україна : МПК G01C 15/02 / Бегічев С. В., Ішутіна Г. С. (Україна) ; заявник і патентовласник Придніпр. держ. акад. буд-ва та архітектури. – № u201406691 ; заявл. 16.06.14 ; опубл. 10.12.14, Бюл. № 23. – 4 с.

REFERENCES

1. Janchuk O. Je. *Gheodezychnyj monitoringh tekhnoghenno-navantazhenykh terytorij: avtoref. dys. kand. tehn. nauk: 05.24.01* [Geodetic monitoring of technologically impacted territories. Author's abstract of Cand Sc. (Tech.) Dissert. 05.24.01]. Nats. un-t «L'vivs'ka politehnika», Lviv, 2011, 18 p. (in Russian).
2. Chornokinj V. Ja. *Inzhenerno-geodezychnyj monitoringh deformacijnyh procesiv na ekologonebezpečnykh terytorijah ta inzhenernykh sporudah: avtoref. dys. kand. tehn. nauk: 05.04.01* [Engineering and geodetic monitoring of deformation processes on environmentally unsafe territories and engineering structures. Author's abstract of Cand. Sc. (Tech.) Dissert.: 05.04.01]. Kyji'v. nats. un-t bud-va i arkhitektury, Kyiv, 2002, 16 p. (in Russian).
3. Remondi B., Henderson C., Rutledge D. and Koerner R. *Staying Afloat. GPS Monitors Oilfield Subsidence*. 2002, GPS World, vol. 13, no. 10, pp. 12-18.
4. Wong K., Man K., Chan W. *Monitoring Hong Kong's bridges: Real-Time Kinematic spans the gap*. 2001, GPS World, vol. 12, no 7, pp. 10-12.
5. Tretjak K.R. and Savchyn I.R. *Rozroblennja metodyky do rozrakhunku nadijnosti aktyvnykh monitoringhovykh gheodezychnykh merezh* [Development of methods of calculation of reliability of active geodetic monitoring networks]. *Visnyk gheodeziji ta kartoghrafiji* [Journal of Geodesy and Cartography]. 2013, no. 1, pp. 5-10. (in Ukraine).
6. Tretjak K.R. and Savchyn I.R. *Do pytannja nadijnosti aktyvnykh monitoringhovykh gheodezychnykh merezh* [To the issue of reliability of active geodetic monitoring networks]. *Gheodezija, kartoghrafija i aerofotoznmannja* [Geodesy, Cartography and Aerial Survey]. *M-vo osvity i nauky, molodi ta sportu Ukrai'ny*, [The Ministry of Education and Science, Youth and Sports of Ukraine]. Nats. un-t "L'vivs'ka politehnika", L'viv: Vyd-vo L'vivs'koi' politehniky, 2013, no. 77, pp. 122–126. (in Ukraine).
7. *Instrukcija z obstezhennja ta onovlennja punktiv Derzhavnoji gheodezychnoji merezhi Ukrajiny* [Manual of examination and update of points of State geodetic network of Ukraine]. *Holovne upravlinnja gheodeziji, kartoghrafiji ta kadastru pry Kabineti Ministriv Ukrajiny* [Main Department of Geodesy, Cartography and Cadastre at the Cabinet of Ministers of Ukraine]. Kyiv, 2000, 28 p. Available at: http://gki.com.ua/files/uploads/documents/Norms/Ukrgeodesykart_norms/Inst_z_obstezh_DGM_23.pdf (in Ukraine).
8. Kucher O.V. and Vysotenko R.O. *Sputnykovi gheodezychni sposterezhennja na punktakh derzhavnoji ta misjkoji gheodezychnykh merezh m. Dnipropetrovsjk* [Satellite geodetic observations at geodetic points of state and local geodetic networks of Dnepropetrovsk]. *Derzh. sluzhba geodezii', kartografii' ta kadastru, Nauk.-doslid. in-t geodezii' i kartografii'*. Kyiv, 2011, 100 p. (in Ukraine).
9. *Vyznachennia klasu naslidkiv (vidpovidalnosti) ta kategorii skladnosti obektiv budivnytstva: DCTU N B V.1.2-16:2013* [State standard of Ukraine N B V.1.2-16:2013. The definition of the class of consequences (responsibility) and category of complexity for construction objects]. Kyiv, 2013, 37 p. (in Ukraine).
10. Kucher O.V. *Vnedrenie gosudarstvennoy referentsnoy sistemy koordinat Ukrainy* [The implementation of the state reference frame coordinate system of Ukraine]. *Avtomatizirovannye tehnologii izyskanij i proektirovanija* [The automated technology of research and design]. 2012, no. 3(46), pp. 67-73. (in Russian).
11. Bjezhichev S.V. and Ishutina G.S. *Geodezychnyj znak: pat. 95035 Ukrai'na: MPK G01C 15/02* [Geodetic mark: pat. 95035 Ukraine: MPK G01C 15/02]. no. u201406691, 2014. (in Russian).

Рецензент: д-р т. н., проф. Ю. О. Кірічек

Надійшла до редколегії: 17.11.2015 р. Прийнята до друку: 20.11.2015 р.

УДК 69.06:658.012.2

СИСТЕМОЛОГИЯ В РАЗВИТИИ И УПРАВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ

ПАВЛОВ И. Д.¹, д. т. н., проф.,
 АРУТЮНЯН И. А.², к. т. н., доц.,
 ПАВЛОВ Ф. И.^{3*}, к. т. н., доц.,
 ТЕРЕХ М. Д.⁴, к. т. н., доц.

¹*Кафедра промышленного и гражданского строительства, Запорожская государственная инженерная академия, пр. Ленина, 226, 69006, Запорожье, Украина, тел. +38(095) 397 54 41, ORCID ID: 0000-0002-0412-6351

²*Кафедра промышленного и гражданского строительства, Запорожская государственная инженерная академия, пр. Ленина, 226, 69006, Запорожье, Украина, тел. +38(066) 900 78 28, эл. почта iiriaga@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-5049-3742

^{3*} Кафедра планирования и организации производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38(050) 275 17 35, эл. почта pavloved@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4442-9277

^{4*}Кафедра промышленного и гражданского строительства, Запорожская государственная инженерная академия, пр. Ленина, 226, 69006, Запорожье, Украина, тел. +38(067) 337 45 97, эл. почта m_terekh@bigmir.net, ORCID ID: 0000-0002-8725-5764

Аннотация. Постановка проблемы. Важным отличием нашей эпохи является НТР – высший этап НТП, скачок от одного состояния науки к другому. Пример этого процесса – бурное появление новых научных дисциплин, возникающих на стыках и ничейных зонах, создание «гибридных» научных направлений на основе многосторонних связей, появление новых методов и принципов исследования, дающих эффективные результаты. Все эти новшества – результат совместного действия двух внешне противоположных процессов: дифференциации или специализации (разделения) и интеграции, взаимосвязи (объединения) наук, процессов, которые свойственны НТР. Разделение наук сочетается со всё более усиливающимся процессом их интеграции, синтезом научных знаний, комплексным подходом, переносом методов и принципов исследования из одной области в другую, взаимопроникновением методов. **Цель работы** – исследование системологии как инструментария решения проблемы совместной работы элементов производственных систем с учетом межсистемных связей на базе принципов логистики. **Выводы.** Предложенный подход к моделированию развития и размещения производства имеет доступную форму, интегрирующую решение в комплексную модель, где просматривается единая логика, а главное, структурная и функциональная целостность. Узвязка разнохарактерных задач интеграции производства осуществлена путем согласования межсистемных связей пяти блоков: сырье – транспорт – производство продукции – транспорт – потребитель.

Ключевые слова: системология, системотехнические проблемы, экономико-математическая модель, логистика, логистические принципы, системы управления

СИСТЕМОЛОГІЯ В РОЗВИТКУ Й КЕРУВАННІ ВИРОБНИЧИМИ СИСТЕМАМИ

ПАВЛОВ І. Д.¹, д. т. н., проф.,
 АРУТЮНЯН І. А.², к. т. н., доц.,
 ПАВЛОВ Ф. І.^{3*}, к. т. н., доц.,
 ТЕРЕХ М. Д.⁴, к. т. н., доц.

¹*Кафедра промислового і цивільного будівництва, Запорізька державна інженерна академія, пр. Леніна, 226, 69006, Запоріжжя, Україна, тел. +38(095) 397 54 41, ORCID ID: 0000-0002-0412-6351

²*Кафедра промислового і цивільного будівництва, Запорізька державна інженерна академія, пр. Леніна, 226, 69006, Запоріжжя, Україна, тел. +38(066) 900 78 28, ел. пошта iiriaga@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-5049-3742

^{3*} Кафедра планування організації виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38(050) 275 17 35, ел. пошта pavloved@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4442-9277

^{4*}Кафедра промислового і цивільного будівництва, Запорізька державна інженерна академія, пр. Леніна, 226, 69006, Запоріжжя, Україна, тел. +38(067) 337 45 97, ел. пошта m_terekh@bigmir.net, ORCID ID: 0000-0002-8725-5764

Анотація. Постановка проблеми. Важлива відмінність нашої епохи – це НТР – вищий етап НТП, стрибок від одного стану науки до іншого. Прикладом цього процесу є бурхлива поява нових наукових дисциплін, що виникають на стиках і нічийних зонах, створення «гібридних» наукових напрямів на основі багатосторонніх зв'язків, поява нових методів і принципів дослідження, що дають ефективні результати. Усі ці нововведення – результат спільної дії двох зовні протилежних процесів: диференціації або спеціалізації (розділення) й інтеграції, взаємозв'язки (об'єднання) наук, процесів, які властиві НТР. Розділення наук поєднується з процесом їх інтеграції, що усе більше посилюється, синтезом наукових знань, комплексним підходом, перенесенням

методів і принципів дослідження з однієї області в іншу, взаємопроникненням методів. **Мета статті** – дослідження системології як інструментарію вирішення проблеми спільної роботи елементів виробничих систем з урахуванням міжсистемних зв'язків на базі принципів логістики. **Висновки.** Запропонований підхід до моделювання розвитку і розміщення виробництва має доступну форму, яка інтегрує рішення в комплексну модель, де видимою є єдина логіка, а головне, структурна і функціональна цілісність. Погодженість у різнохарактерних завдань інтеграції виробництва здійснено шляхом узгодження міжсистемних зв'язків п'яти блоків: сировина – транспорт – виробництво продукції – транспорт – споживач.

Ключові слова: системологія, системотехнічні проблеми, економіко-математична модель, логістика, логістичні принципи, системи управління

SYSTEMOLOGY IN DEVELOPMENT AND MANAGEMENT BY PRODUCTIVE SYSTEMS

PAVLOV I. D.¹, *Assoc. Prof. Dr. Ing.*,

ARUTYUNYAN I. A.², *Assoc. Prof.*,

PAVLOV F. I.^{3*}, *Assoc. Prof.*,

TEREKH M. D.⁴, *Assoc. Prof.*

^{1*}Chair of industrial and civil engineering, Zaporizhzhya State Engineering Academy, Lenin av., 226, 69006, Zaporizhzhya, Ukraine, tel. +38(095) 397 54 41, ORCID ID: 0000-0002-0412-6351

^{2*}Chair of industrial and civil engineering, Zaporizhzhya State Engineering Academy, Lenin av., 226, 69006, Zaporizhzhya, Ukraine, tel. +38(066) 900 78 28, e-mail iriara@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0002-5049-3742

^{3*}Chair of planning and organization of production, Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture, Chernyshevs'kogo St., 24a, 49600, Dnipropetrovs'k, Ukraine, tel. +38(050) 275 17 35, e-mail pavloved@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4442-9277

^{4*}Chair of industrial and civil engineering, Zaporizhzhya State Engineering Academy, Lenin av., 226, 69006, Zaporizhzhya, Ukraine, tel. +38(067) 337 45 97, e-mail m_terekh@bigmir.net, ORCID ID: 0000-0002-8725-5764

Summary. Raising of problem. Important difference of our epoch is Scientific-Technical Progress. The highest stage of STP is jump from one state of science to another. The example of this process is stirring appearance of new scientific disciplines arising up on joints and drawn zones, as well as creation of scientific «hybrid» directions on the basis of multilateral connections, and appearance of new methods and research principles that gives effective results. All these innovations are the result of the united action of two outwardly opposite processes: differentiations or specializations (divisions) and integrations, intercommunications (association) of sciences and processes that is specific to STP. The division of sciences combines with more increasing process of their integration, with synthesis of scientific knowledge, complex approach, with the transfer of methods and research principles from one area into another and with the interpenetration of methods. **Aim.** The research of systemology as a tool of problem solving of joint work of elements of the productive systems taking into account intersystem connections on the base of logistic principles. **Conclusions.** Offered approach to the modeling of development and placing of production has an accessible form that integrates solution in a complex model with common logic and view and with main structural and functional integrity. In this model the component parts are connected, concerted and are compose the single modeling system. The consolidation of diversified problems of integration of production is carried out by the concordance of intersystem connections of five blocks : raw material - transport – production - transport - consumer.

Keywords: systemology, system engineering problems, economic-maths model, logistic, logistic principles, management system

Постановка проблеми. Важним отличием нашей эпохи является научно-техническая революция (НТР) – высший этап научно-технического прогресса (НТП), скачок от одного состояния науки к другому. Примером этого процесса является активное появление новых научных дисциплин, возникающих на стыках и в ничейных зонах, создание «гибридных» научных направлений на основе многосторонних связей, появление новых методов и принципов исследования, дающих эффективные результаты (например, логистика).

Все эти новшества – результат совместного действия двух противоположных процессов: дифференциации или специализации (разделения) и интеграции, взаимосвязи (объединения) наук, процессов, которые свойственны НТР.

Разделение наук сочетается со всё более усиливающимся процессом их интеграции, синтезом научных знаний, комплексным подходом, переносом методов и принципов исследования из одной области в другую, взаимопроникновением методов.

Анализ проблемы. Интеграция свиде-

тельствует, что многие проблемы могут получить правильное толкование, если будут учитывать требования разных наук – общественных, технических, естественных. Для глубокого исследования проблем необходим синтез, интеграция выводов частных наук,

специалистов – инженеров, экономистов, социологов, философов, психологов. Здесь важно понимание смысла общности гносеологических и логических устоев вместо многообразия наук.

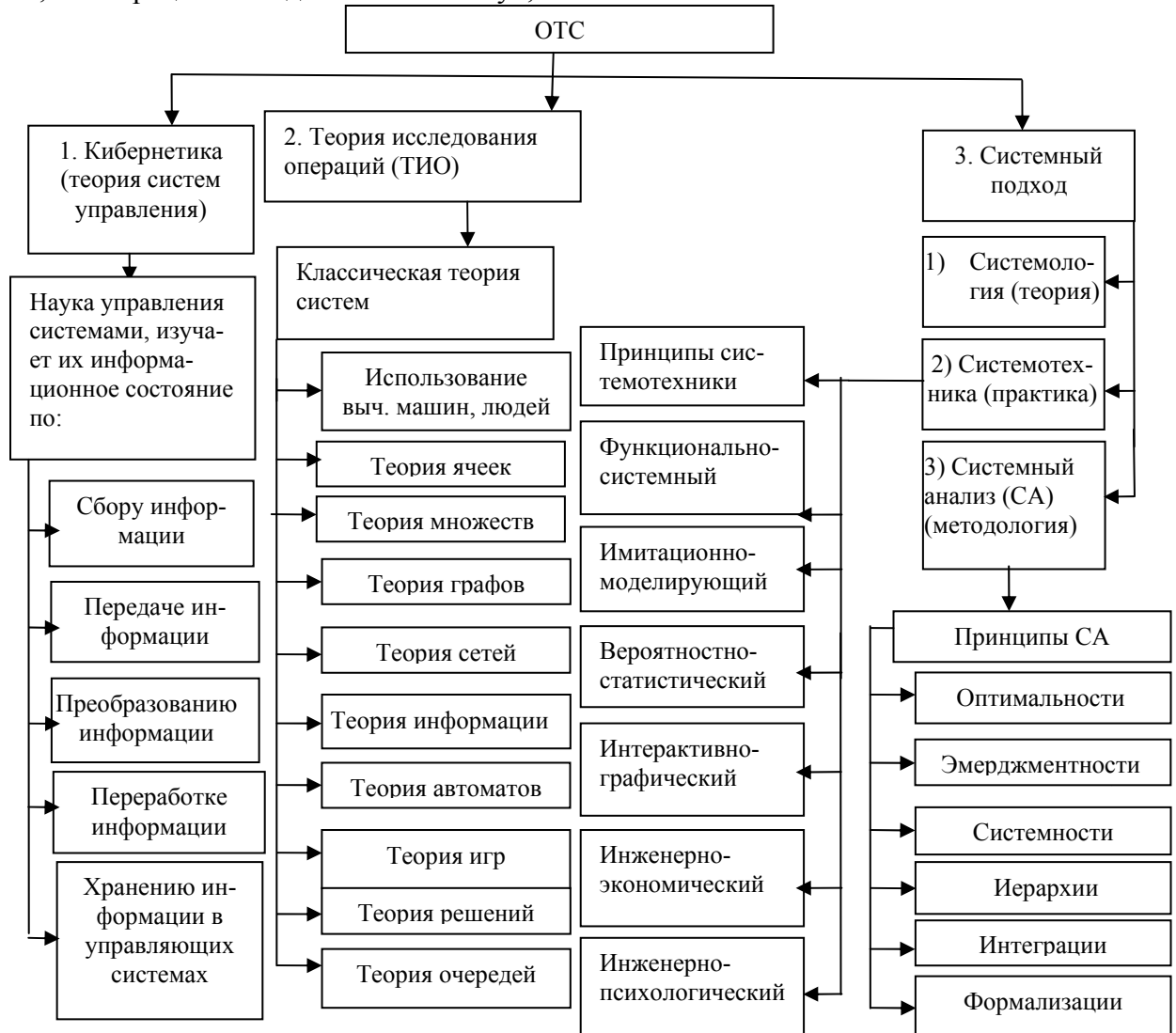


Рис. 1. Структура СТС (по Л.фон Берталанфи)

Для этого приведём особенности современного научного познания: дифференциация и интеграция в развитии науки, её широта и глубина; приобретение всё большей строгости и точности; современная наука развивается стремительно; рост опасности субъективизма в научных исследованиях; научные достижения становятся результатом коллективных усилий – индивидуальный (мануфактурный) период производства научной информации сменился на «машинный» период; исследование объектов и явлений ведется без предварительных разделений на части, а во взаимодействии всех

частей. Объекты изучают как целое, только мысленно выделяют те или иные его стороны [1– 3; 5; 6].

Таким образом, изучение объектов современности требует системного подхода и привлечения разнопрофильных специалистов. Движение за синтез знаний происходит как под знаком общей теории систем, так и под знаком идей прикладных дисциплин «системные исследования» [5].

Объектом системного исследования являются системы, состоящие из взаимосвязанных элементов, выступающих как единое целое, со всеми связями и свойствами. В

последние годы имеет место быстрое развитие понятия «система». Существует многообразие подходов к определению понятия «система», их известно более сорока толкований [5; 8].

Цель работы. Исследование системологии как инструментария решения проблемы совместной работы элементов производственных систем с учетом межсистемных связей на базе принципов логистики.

Основной материал. Организационно-технологическим, социально-экономическим системам, где существенную роль играет конечная цель функционирования системы, академик П. К. Анохин дал опре-

деление «как целенаправленная совокупность элементов» или как «комплекс избирательно вовлечённых элементов, взаимодействующих достижению заданного полезного результата, который принимается основным системообразующим фактором» [6 – 8].

Структура общей теории систем (ОТС), обобщённая на основе нашего анализа и оценки современной тенденции развития исследований системы, представлена на рисунке 1.

Логика системного анализа (СА) включает составляющие, приведённые на рисунке 2.



Рис. 2. Структура категорий логики СА

Основным вопросом логики научной проблемы являются её структура, предъявляемые требования для системного анализа и его интерпретация исследователем.

Структурный анализ функций, требующих реализации для качественного исследования проблемы [5], в соответствии с рисунком 2 (блок 1) включает:

1. Формирование проблемы (вопросание, констрадиктация, финитизация). Вопросание – выдвижение главного вопроса проблемы. Констрадиктация – фиксация противоречия, лежащего в основе проблемы. Финитизация – предположительное описание ожидаемого результата.

2. Построение проблемы. Стратифика-

ция, композиция, локализация, вариантификация: разбиение проблемы на составляющие, группирование и определение приоритета решения вопросов, а также ограничение поля исследования известного от неизвестного и возможности замены любого вопроса проблемы другим и поиск альтернатив.

3. Оценка проблемы (кодификация, инвентаризация, когнизация, уподобление и квалификация): выявление условий решения проблемы, включая методы, средства, приёмы, проверка возможностей и предпосылок, выявление степени проблемности, поиск аналогов решённой проблемы, т. е. отделение известного от неизвестного, отнесение проблемы к определённого типу.

4. Обоснование проблемы. Установление содержательных, ценностных и генетических связей проблемы с другими, доводы в пользу реальности проблемы, её постановки и решения, выдвижение возражений против проблемы, синтез результата, полученного на стадии активизации и компрометации.

5. Обозначение проблемы. Включает экспликацию, перекодировку, интимизацию понятий. Это разъяснение понятий, перевод проблемы на иной научный язык, подбор выражений, точно фиксирующих смысл проблемы.

Для перевода проблемы в практическую плоскость рассмотрим общие системные подходы, включающие не только основные принципы СА (см. рис.1, блок 3), но и идеи, которые имеют выход при совершенствовании управленческой практики, особенно при принятии значимых решений в сфере экономики [6; 8]:

1. Процесс принятия решений (ППР) начинается с определения конечных целей, которых хотят достигнуть (вектор целей). При ограниченных возможностях и средствах потребность в СА повышается. Здесь важной является процедура определения целей – выяснение их приоритетов и иерархии, соподчинённость, взаимосвязи.

2. К каждой значимой задаче следует подходить как к сложной системе, выявлять все взаимосвязи и последствия решения. Идея системы состоит в том, что изменения

в одном её элементе вызывают цепную реакцию изменений в других.

Расширение объёмов и усложнение взаимосвязей между элементами системы приводит к тому, что ряд крупных проблем не могут быть эффективно решены с помощью отдельных частных мер или систем отраслевого либо территориального управления. Это относится к проблемам, охватывающим смежные сферы (социальные, экономические, технические, политические и прочие).

3. При подготовке решения обязательны выявления возможных альтернатив, т. е. разных способов достижения целей, разных методов решения каждой задачи, анализ достоинств и недостатков каждого варианта, чтобы выбрать эффективный (оптимальный). Выбор осуществляют по основным критериям (экономической эффективности и др.).

4. Механизм управления должен быть подчинён цели и задачам, т.е. структура организации должна соответствовать цели, а не наоборот. Всё более типичной структурой управления становится программно-целевая, т.е. специально приспособленная для решения поставленных задач, способная создать организационное обеспечение для реализации решения. Оргструктуры стараются создавать гибкие, легко приспособляющиеся к специфике проекта (программы), способные совершенствоваться в процессе (см. связь в определении системы по П.К. Анохину [3; 7]).

5. Принцип «скользящего» планирования и финансирования состоит в том, что в рамках долгосрочной программы устанавливаются среднесрочные планы, которые каждый год сдвигают на год. Такой порядок составления планов и финансирования даёт ряд преимуществ. Предприятие знает свои перспективы на несколько лет вперёд. Другое преимущество – внесение корректив, связанных с изменениями.

При этом процессы управления разделяются на следующие элементы:

- выявление и обоснование конечных целей;
- сведение в единую систему различных

аспектов решения задачи, её взаимосвязи с другими задачами и последствия;

- поиск альтернативных путей решения задач, сравнение альтернатив, выбор оптимальных решений;

- создание структуры организации, обеспечивающей выполнение программы;

Между функцией и структурой системы существует взаимосвязь, как между категориями «содержание» и «форма». Изменение содержания (функции) влечёт за собой изменение формы (структуры). Сначала определяют функцию системы и в соответствии с этим устанавливают её структуру – способ функционирования системы и выражения её функции;

- разработка и принятие конкретных программ финансирования и осуществление расчёта.

Система процесса принятия решений по программе и распределения ресурсов имеет назначение ликвидировать разрыв между стратегическим и текущим планированием, а также увязать планирование с финансированием конкретных мероприятий. Практика такого подхода не везде оказалась успешной. Главная причина – недостаточная подготовка кадров.

Будучи долгосрочным фактором влияния, образование закладывает фундамент, генерирует развитие методологического подхода, который должен быть системным и обеспечивать рост производительных сил общества [3].

Решение проблем системы образования должно предшествовать решению всех остальных проблем без исключения. Система образования является наиболее инерционной системой и её перестройка потребует значительного времени для решения новых возникших задач: экономических (переход на коммерческое развитие вузовского предпринимательства и др.), кадровых (отток молодых научных кадров, старение профессуры, отсутствие специалистов по новым направлениям и др.), организационных (ликвидация слабых госвузов, открытие новых специальностей и др.).

Основой логистики является систем-

ность, что позволяет провести интеграцию производства с учётом межсистемных связей. Одним из векторов цели логистики является обеспечение «живучести», действительности предлагаемого управленческого решения, направленного на оптимизацию издержек и рационализацию процесса производства и сбыта. Для этого необходим подход, способный увязать в единую систему интеграции производства разнохарактерные задачи: сырьё – транспорт – производство продукции – перевозка – потребитель (рис. 3) [10; 11].

Общесистемный подход заключается в разработке модели, увязывающей разнохарактерные задачи, не противоречащие моделирующей, математической, информационной совместимости всех процессов, связанных с постановкой и решением задачи.

Задача организации производства на основе интеграции всех его участников требует определения эффективного варианта (стратегии) при учете различных критериев: условия поставки сырья (закупки), объёмы перевозок исходного сырья, переработка сырья и объёмы производства продукции, стоимость перевозки продукции, спрос на продукцию и цены сбыта. Исходные данные структурных задач имеют разнохарактерное измерение. Критерии решения отдельных задач имеют нестыковку. Такие задачи требуют согласования в единицах измерения материальных потоков производства и перевозки и рассматриваются как однопродуктовые, их размерности должны быть идентичны.

Данные задачи решаются отдельными методами оптимизации, но при этом отсутствует элемент системности. Критерии локальные и не дают общего знаменателя результата. Предлагаемая нами модель объединяет «ничейные зоны» и функциональные стыки, позволяет сформулировать задачу на основе математических требований с учётом вариантности исходных данных и их совместимости, даёт простор для многовариантного, нешаблонного, логического решения.

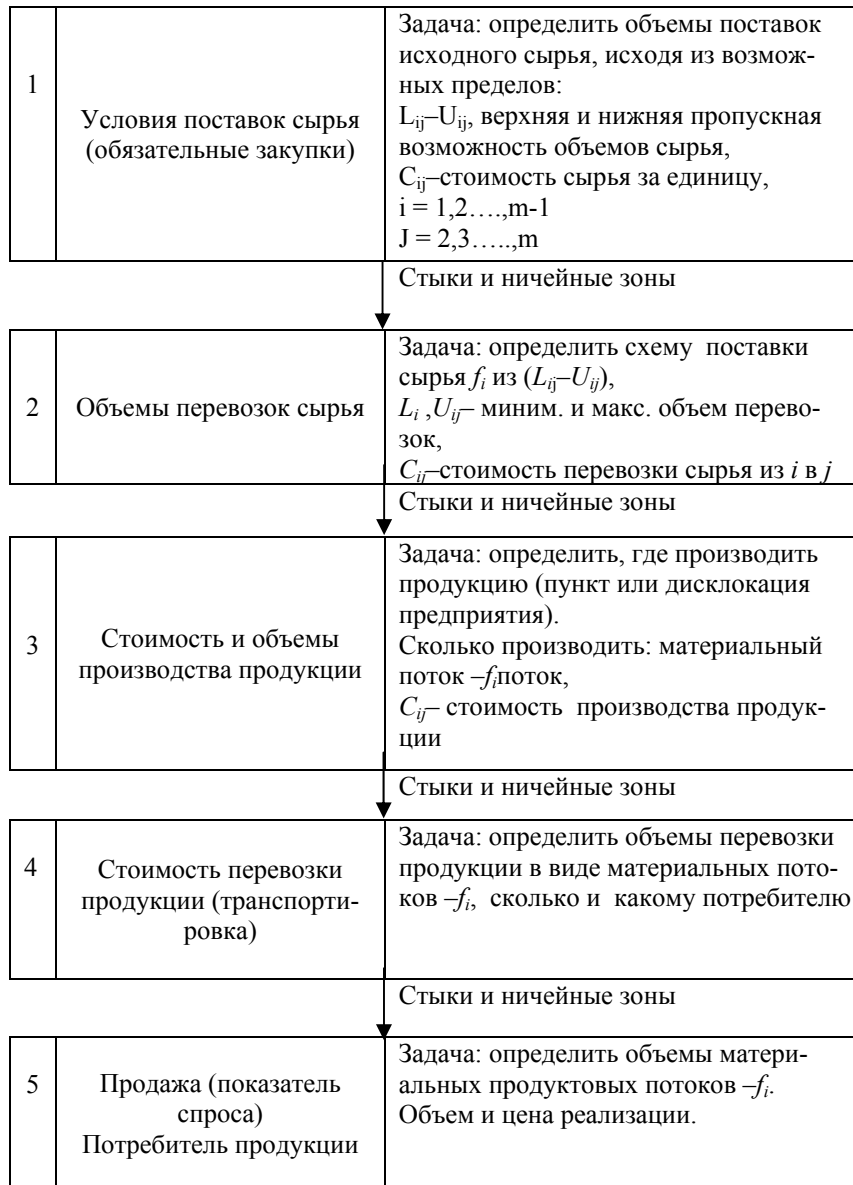


Рис. 3. Интеграция производства с учетом межсистемных связей

Общая модель производства и распределения имеет структуру хоть и не универсальную, но её элементы обладают аналогией, подобием и для формирования информационных массивов задач разной природы существуют специфические подходы со своим информационным состоянием.

Предлагаемая сетевая модель имеет элементы типизации, а информационные составляющие отличаются между собой для конкретных задач, что является затруднительным моментом при подготовке исходных массивов данных, требует владения и понимания производственных ситуаций.

Особенность предлагаемого подхода интеграции производства заключается в том,

что необходим синтезирующий критерий, определяющий эффективность организованного процесса. Модель komponуется по вертикали из составляющих производственных процессов, а по горизонтали учитываются временные разрезы алгоритма происходящих процессов: поставки сырья, транспортные условия, условия производства, варианты перевозки продукции, показатели спроса.

Вариантность всех процессов, входящих в модель, определяется свойствами операций (дуг $(i, j) \in A$), что позволяет выбрать смешанную оптимальную стратегию для всех производственных дуг.

Системный анализ (СА) незаменим при

выборе оптимального решения, справедливого, умного, точного, смелого, системного [7 – 9].

Оценка проблемы на основе предлагаемой модели теории графов [1; 4].

СА требует обязательного включения элементов:

- цель или ряд целей;
- альтернативные средства, с помощью которых может быть достигнута цель;
- затраты ресурсов, требуемых для каждой автономной системы;
- логическая и математическая модель, т. е. система связей между целями, окружающей средой и требованиями к ресурсам;
- критерии выбора предпочтительных альтернатив, сопоставление целей и средств.

Проведём анализ на основе изложенных элементов.

Цель модели – объединить и увязать разнохарактерные задачи так, чтобы оценка эффективности носила универсальный характер и была бы соизмеримой. В нашем случае процесс объединяет вопросы поставки, транспортировки, производства, перевозки, сбыта продукции. Таким образом, задача многохарактерная, многоплановая, системная, имеющая несколько стыков, образующих «ничейные зоны». Задача СА заключается в определении такого подхода, где бы модель включала противоречивые вопросы, а критерий «сглаживал» несовместимость. Предлагаемый подход на базе теории сетей способствует выработке решения на основе потоковых задач, дающих оптимальную стратегию с использованием метода синтеза и реализации принципа оптимальности СА. Необходимость синтетических методов вытекает из принципа эмерд-

жентности (У. Эшби) (рис. 1 блок 3). Этот принцип подчёркивает возможность несовпадения локальных оптимумов целей частей с глобальным оптимумом целей системы. Поэтому для достижения глобальных результатов следует принимать решения и вести разработки по совершенствованию систем не только на основе данных анализа, но и их синтеза.

Выводы. В современных условиях интеграции производства требуется использовать приемы и методы развития производственных систем, которые бы обеспечивали учет взаимосвязей функциональных подсистем, где на стыках и в «ничейных зонах» находятся проблемы строительного производства. Проблемы требуют нетрадиционных подходов к моделированию процессов и связей управления для нахождения единого знаменателя, где учитывается совместимость, сквозная информационная поддержка, единая моделирующая основа.

Используя системологический инструментарий решения проблемы совместной работы элементов производственных систем на базе принципов логистики, авторы предложили подход к моделированию развития и размещения производства на основе теории графов. Такой подход имеет доступную форму, интегрирующую решение в комплексную модель, где просматривается единая логика, а главное структурная и функциональная целостность. Увязка разнохарактерных задач интеграции производства осуществлена путем согласования межсистемных связей пяти блоков: сырьё – транспорт – производство продукции – транспорт – потребитель.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Алгоритмы и программы решения задач на графах и сетях / М. И. Нечепуренко, В. К. Попков, С. М. Майнагашев, С. Б. Кауль, В. А. Проскураков, В. А. Кохов, А. Б. Грызунов. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1990. – 515 с.
2. Гусаков А. А. Системотехника в строительстве / А. А. Гусаков ; предисловие Г. С. Поспелова. – Москва : Стройиздат, 1983. – 440 с.
3. Информационные модели функциональных систем / под общ. ред. К. В. Судакова, А. А. Гусакова. – Москва : Новое тысячелетие, 2004. – 304 с.
4. Йенсен П. Потокное программирование / Йенсен П., Барнес Д. ; пер с англ. Ю. Е. Малашенко ; под ред. И. А. Ушакова. – Москва : Радио и связь, 1984. – 392 с.
5. Організація та проектування логістичних систем / за ред. М. П. Денисенка, П. Р. Лековця, Л. І. Михайлової. – Київ : Центр учб. літ., 2010. – 336 с.

6. Пшинько А. Н. Повышение уровня системности экономики – основной путь выхода из кризиса / А. Н. Пшинько, В. В. Мямлин, С. В. Мямлин // Наука та прогресс транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – 2011. – Вип. 36. – С. 275–283.
7. Системотехника строительства : энцикл. словарь / А. А. Гусаков, Ю. М. Богомолов, А. И. Брехман, Г. А. Ваганян ; под ред. А. А. Гусакова. – 2-е изд., доп. и перераб. – Москва : Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2004. – 319 с.
8. Спицнадель В. Н. Основы системного анализа / В. Н. Спицнадель. – Санкт-Петербург : Бизнес-пресса, 2000. – 326 с.
9. Murphy P. R. Jr. Contemporary Logistics / Paul R. Murphy Jr., Donald F. Wood. – 9th edition. – New York : MacMillan, 2007. – 325 p.
10. Küpper, H. Planungsverfahren und Planungsinvestitionen als Instrumente des Controlling. Ergebnisse einer empirischen Erhebung über ihre Nutzung in der Industrie / Küpper Hans-Ulrich, Winckler Barbara, Zhang Suixin // Die Betriebswirtschaft. – 1990. – Vol. 50. – P. 435–458.
11. Moller Ch. Paradigms in Logistics : On the Need of a New Logistical Paradigm / Charles Møller, John Johansen // International Conference on Industrial Engineering and Production Management / ed. A. Artiba. – Mons, Belgium, 1993. – P. 383–392.

REFERENCES

1. Nechepurenko N.I., Popkov V.K., Majnagashev S.M., Kaul' S.B., Proskurjakov V.A., Kokhov V.A. and Gryzunov A.B. *Algoritmy i programmy resheniya zadach na grafakh i setyakh*. [Algorithms and programs of tasks solving on graphs and networks]. Novosibirsk: Nauka, Sib otd-nie, 1990, 515 p. (in Russian).
2. Gusakov A.A. *Sistemotekhnika v stroitel'stve* [Systems engineering in building]. Moskva: Strojizdat, 1983, 440 p. (in Russian).
3. Sudakov K.V. and Gusakov A.A., eds. *Informatsionnye modeli funktsional'nykh sistem* [Informative models of the functional systems]. Moskva: Novoe tysyacheletie, 2004, 304 p. (in Russian).
4. Yensen P. and Barnes D. *Potokovoe programmirovaniye* [Flow programming]. Moskva: Radio i svyaz', 1984, 392 p. (in Russian).
5. Denisenko M.P., Lekovets P.R. and Mikhailova L.I., eds. *Organizatsiia ta proektuvannia logistychnykh sistem* [Organization and planning of the logistic systems]. Kyiv: Tsentр uchb. lit., 2010, 336 p. (in Ukrainian).
6. Pshin'ko A.N., Myamlin V.V. and Myamlin S.V. *Povysheniye urovnya sistemnosti ekonomiki – osnovnoy put' vikhoda iz krizisa* [An level increase of the economy systematicity is a basic way of a crisis exit]. *Nauka ta progress transportu. Visnyk Dnipropetrovskogo natsionalnogo universytetu zaliznychnogo transportu im. akad. V. Lazaryana* [Science and Progress of transport. Bulletin of Dnipropetrovsk National university of Railway transport named after academician Lazaryan V.]. Dnipropetrovsk, 2011, no. 36, pp. 275–283. (in Russian).
7. Gusakov A.A., Bogomolov Yu.M., Brekhman A.I. and Vaganyan G.A. *Sistemotekhnika stroitel'stva. Entsiklopedicheskij slovar'* [Systems engineering of building. Encyclopedic dictionary]. Moskva: Izd-vo Assoc. stroit. vuzov, 2004, 319 p. (in Russian).
8. Spitsnadel' V.N. *Osnovy sistemnogo analiza* [Bases of the systems analysis]. Sankt-Petersburg: Buzness-pressa, 2000, 326 p. (in Russian).
9. Murphy P.R.Jr. and Wood D.F. *Contemporary Logistics*. New York: MacMillan, 2007, 325 p.
10. Küpper H., Winckler B. and Zhang S. *Planungsverfahren und Planungsinvestitionen als Instrumente des Controlling. Ergebnisse einer empirischen Erhebung über ihre Nutzung in der Industrie*. Die Betriebswirtschaft. 1990, vol. 50, pp. 435-458. (in German).
11. Moller C. and Johanser J. *Paradigms in Logistics: On the Need of a New Logistical Paradigm. International Conference on Industrial Engineering and Production Management*. Mons, Belgium, 1993, pp. 383–392.

Рецензент: д-р т. н., проф. Т. С. Кравчуновська

Надійшла до редколегії: 12.12.2015 р. Прийнята до друку: 17.12.2015 р.

УДК 657.922

РЫНОЧНАЯ СТОИМОСТЬ ОБЪЕКТА НЕДВИЖИМОСТИ В УСЛОВИЯХ СУЩЕСТВЕННОЙ ДЕВАЛЬВАЦИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ВАЛЮТЫ

ВОРОНИН В. А. *, д. т. н., проф.,

ЛЯНЦЕ Э. В. зав. инженерно-экономическим отделением

Технический колледж НУ «Львовская Политехника», ул. Пимоненко, 17, 790035, Львов, Украина, тел. +38 (032) 225-62-06, +38 (032) 225-62-08, e-mail: last_ocinka@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-3859-9912

Технический колледж НУ «Львовская Политехника», ул. Пимоненко, 17, 790035, Львов, Украина, тел. +38 (032) 225-62-06, +38 (032) 225-62-08, e-mail: last_ocinka@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-9155-7602

Аннотация. Постановка проблемы. Современное состояние рынка характеризуется наличием высоких темпов инфляции и существенной девальвации национальной валюты. На рынках со смешанными ценами влияние девальвации и инфляции носит наиболее сложный характер и, как правило, приводит к замедлению роста цен в гривнях и частичной дедолларизации рынка. В этой ситуации возникает проблема определения степени соответствия рыночных цен, номинированных в иностранной валюте, ценам, номинированным в национальной валюте. При этом необходимо, чтобы полученные в национальной валюте рыночные стоимости отражали состояние рынка недвижимости на дату оценки. **Цель статьи** – разработка методики, учитывающей особенности применения оценочных процедур при определении рыночной стоимости, номинированной в национальной валюте, в условиях высокого уровня инфляции и существенной девальвации. Исследование этой проблемы, особенно для рынков стран с развивающейся экономикой, является актуальной и важной задачей прикладного экономического анализа и, в частности, теории и практики оценки как части этого анализа. **Вывод.** Для достижения поставленной цели были развиты и использованы приемы и методы прикладного экономического анализа и, в частности, теории и практики оценки как части этого анализа. Удовлетворительное согласование полученных значений стоимости и арендных ставок, которые отвечают состоянию рынка недвижимости в условиях существенной девальвации национальной валюты, подтверждают положение о том, что коррекции на условия рынка ("торг" и "состояние рынка") необходимо проводить при определении, как рыночной стоимости объекта недвижимости, так и рыночных арендных ставок.

Ключевые слова: теория и практика оценки, прикладной экономический анализ, аналитика рынка недвижимости, двухвалютный рынок недвижимости, рыночная стоимость, инфляция и девальвация национальной валюты

РИНКОВА ВАРТІСТЬ ОБ'ЄКТА НЕРУХОМОСТІ В УМОВАХ СУТТЄВОЇ ДЕВАЛЬВАЦІЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ ВАЛЮТИ

ВОРОНИН В. О. *, д. т. н., проф.,

ЛЯНЦЕ Е. В. зав. інженерно-економічним відділенням

Технічний коледж НУ «Львівська Політехніка», вул. Пимоненка, 17, 790035, Львів, Україна, тел. +38 (032) 225-62-06, +38 (032) 225-62-08, e-mail: last_ocinka@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-3859-9912

Технічний коледж НУ «Львівська Політехніка», вул. Пимоненка, 17, 790035, Львів, Україна, тел. +38 (032) 225-62-06, +38 (032) 225-62-08, e-mail: last_ocinka@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-9155-7602

Анотація. Постановка проблеми. Сьогоднішній стан ринку характеризується наявністю високих темпів інфляції та істотної девальвації національної валюти. На ринках зі змішаними цінами вплив девальвації та інфляції має найскладніший характер і, як правило, зумовлює уповільнення зростання цін у гривнях і часткової дедолларизації ринку. У цій ситуації виникає проблема визначення ступеня відповідності ринкових цін, номінованих в іноземній валюті, цінам, що номіновані у національній валюті. При цьому необхідно, щоб отримані в національній валюті ринкові вартості відображали стан ринку нерухомості на дату оцінки. **Мета статті** – розроблення методики, яка враховує особливості застосування оціночних процедур для визначення ринкової вартості, номінованої у національній валюті в умовах високого рівня інфляції та істотної девальвації. Дослідження цієї проблеми, особливо для ринків країн з економікою, що розвивається, – актуальне і важливе завдання прикладного економічного аналізу і, зокрема, теорії та практики оцінювання як частини цього аналізу. **Висновок.** Для досягнення поставленої мети були розвинені і застосовані прийоми і методи прикладного економічного аналізу і, зокрема, теорії та практики оцінювання як частини цього аналізу. Задовільне узгодження отриманих значень ринкової вартості й орендних ставок, які відповідають стану ринку нерухомості в умовах істотної девальвації гривні, підтверджують положення про те, що корекції на умови ринку ("торг" і "стан ринку") необхідно проводити, визначаючи як ринкову вартість об'єкта нерухомості, так і ринкові орендні ставки.

Ключові слова: теорія і практика оцінювання, прикладний економічний аналіз, аналітика ринку нерухомості, двовалютний ринок нерухомості, ринкова вартість, інфляція і девальвація національної валюти

THE MARKET VALUE OF THE REAL ESTATE IN A SIGNIFICANT DEVALUATION OF THE NATIONAL CURRENCY

VORONIN V. A.*, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

LYANTSE E. V. *Head of Engineering and Economic Department*

Technical College of National University «Lvov Polytechnic», Pimonenko str., 17, 790035, Lviv, Ukraine, tel. +38 (032) 225-62-06, +38 (032) 225-62-08, e-mail: last_ocinka@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-3859-9912

Technical College of National University «Lvov Polytechnic», Pimonenko str., 17, 790035, Lviv, Ukraine, tel. +38 (032) 225-62-06, +38 (032) 225-62-08, e-mail: last_ocinka@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-9155-7602

Summary. Raising of problem. The current state of the real estate market is characterized by high inflation and a significant devaluation of national currency. In markets with mixed prices impact of devaluation and inflation against the foreign currency have most complex nature and usually leads to slower growth in prices in local currency and partial de-dollarization of the market. Provided that the value of the real estate market is denominated in local and foreign currency, it is necessary to solve the problem of correspondence between these prices. With this condition must be satisfied that the market prices in local currency correspond to the state of the real estate market on the valuation date.

Purpose. Development of the method, which should take into account the particular valuation procedures in determining the market value of the local currency in terms of the existence of high inflation and a significant devaluation. The study of this problem, especially for the markets of emerging economics, is an urgent and important task of applied economic analysis and, in particular, the theory and practice of evaluation as part of this analysis.

Conclusion. To achieve this goal have been developed and used techniques and methods of applied economic analysis and, in particular, the theory and practice of evaluation as part of this analysis. Satisfactory agreement obtained values and the market rent rate, which are responsible of the real estate market in a significant devaluation of local currency, confirm the position that the correction in market conditions ("discount on the offer price" and "market conditions") must be done in determining the market value so and the market rent rate.

Keywords: theory and practice of assessment, applied economic analysis, analysis of real estate market, mixed prices on the real estate market, the market value, inflation and local currency devaluation

Постановка проблеми. Известно, що ринок нерухомості як складна соціально-економічна система являється підсистемою, елементом системи більш високого рівня і, що дуже важливо, фінансових інструментів країни в цілому. Макроекономічні і макрофінансові показники за 2014 рік неутішительні і свідчать про те, що економіка країни знаходиться в глибокому кризисі. За період з лютого 2014 по квітень 2015 рр. темпи інфляції і девальвації гривні по відношенню до долара США різко зросли (01.14 рр. – 1,002; 7,993; 04.15 рр. – 1,721; 22,709 відповідно).

К сожалению, сегодняшнее состояние экономического кризиса последовало не за фазой возрастания рынка недвижимости в соответствии с циклами его развития, а за фазой падения (стадия рецессии).

Результаты системного многоуровневого анализа рынка недвижимости показывают, что, начиная с конца 2009 года и по настоящее время, рынок недвижимости находится в фазе падения, которая характеризу-

ється стадією тривалої рецесії, перешедшої в депресивну стабілізацію. В умовах, коли динаміка макроекономічних і фінансових показників (екзогенні по відношенню до ринку нерухомості фактори) негативна, динаміка макроекономічного показника стану ринку нерухомості (індекс ценового рівня вторинного ринку) не може бути позитивною по визначенню.

Известно, что основой ценообразования на рынке недвижимости является соотношение между такими микроэкономическими параметрами как «спрос» и «предложение», которые формируются под воздействием внутренних и внешних (экзогенных) факторов.

В условиях финансового и экономического кризиса наступает резкий дисбаланс между спросом и предложением. Платёжеспособность населения резко падает (спрос), хотя на вторичном рынке предложения практически могут оставаться неизменными. Этот дисбаланс может привести к стре-

мительному паденню цен на рынке недвижимости.

Динамика развития циклов, периодов и фаз складывается под воздействием многих внутренних и внешних факторов, способствующих росту цен или препятствующих ему. Так, например, уровень и поведение цен и арендных ставок в условиях кризиса в значительной степени определяются такими макрофинансовыми параметрами как темпы инфляции гривни и её девальвации относительно доллара. Характер влияния каждого из этих факторов существенно зависит от вида применяемых на рынке недвижимости цен – долларовые, в гривнях или смешанные.

Сегодняшнее состояние рынка характеризуется наличием высоких темпов инфляции и существенной девальвации гривни. За период с февраля 2014 по апрель 2015 г. темпы инфляции и девальвации гривни по отношению к доллару США резко возросли.

На рынках со смешанными ценами влияние девальвации и инфляции носит наиболее сложный характер и, как правило, приводит к замедлению роста цен в гривнях и частичной дедолларизации рынка.

В этой ситуации возникает проблема определения степени соответствия рыночных цен, номинированных в иностранной валюте, ценам, номинированным в национальной валюте, которые в, свою очередь, должны отражать состояние рынка недвижимости на дату оценки.

Анализ публикаций. Во время экономического кризиса и кризиса финансовых инструментов на первое место выходит специфическая для рынка недвижимости Украины закономерность, вытекающая из высокой степени долларизации экономики страны в целом и рынка недвижимости в частности. Анализ поведения и тенденции развития рынка недвижимости в кризисных условиях детально описаны в [3].

В работах [1 – 9] неоднократно акцентировалось, что практика оценочной деятельности должна основываться на результатах системного многоуровневого анализа рынка недвижимости, а полученная оценщиком результирующая стоимость должна отвечать

состоянию рынка недвижимости.

В работах [2; 9], посвященных методологии аналитики рынка недвижимости, большое внимание уделяется рассмотрению экономики рынка недвижимости в развивающейся рыночной экономике. Показано, что тенденции развития рынка недвижимости формируются под воздействием внутренних и внешних (экзогенных) факторов. В силу того, что рынок недвижимости является сложной многофакторной системой, механизм формирования тенденций является неоднозначной задачей и требует для своего решения сложных и трудоёмких аналитических исследований. Особенное внимание уделено вопросам ценообразования в исторически сложившихся условиях двухвалютности рынков недвижимости.

Рынок недвижимости Украины характеризовался ценами, номинированными в валюте (как правило, в долларах США). В этом случае темпы прироста валютных цен на рынке мало реагируют на инфляцию потребительских цен и малочувствительны к изменениям валютного курса (девальвация гривни относительно доллара), что подтверждается данными анализа рынка. Темпы прироста цен, номинированных в национальной валюте, ориентируются на темпы инфляции и, как правило, несколько отстают от последних (инерционность рынка).

На рынках со смешанными ценами влияние финансовых инструментов, экзогенных по отношению к рынку факторов, таких как девальвация и инфляция национальной валюты, носит наиболее сложный характер. Принимаем, что, в первом приближении, это влияние определяется коэффициентом соотношения между инфляцией и девальвацией. В зависимости от значения коэффициента это может привести либо к большей привязке цен на недвижимость к доллару (если темпы инфляции гривни превышают темпы роста курса доллара, то есть $k > 1$) либо при существенной девальвации курса гривни при продолжающейся инфляции ($k < 1$), происходит как замедление роста цен в гривнях, так и частичная дедолларизация рынка [9].

Цель и задачи. Данная статья посвяще-

на разработке особенностей методики применения оценочных процедур при определении рыночной стоимости, номинированной в национальной валюте, в условиях высокого уровня инфляции и существенной девальвации гривни. Исследование этой проблемы, особенно для рынков стран с развивающейся экономикой, является актуальной и важной задачей прикладного экономического анализа и, в частности, теории и практики оценки как части этого анализа.

Изложение основного материала. Сегодняшний рынок недвижимости Украины является частично дедолларизованным и его с полным основанием можно отнести к рынкам со смешанными ценами. Так, например, первичный рынок характеризуется ценами, номинированными в гривнях, а рынок аренды – смешанными ценами. Вторичный рынок практически полностью остается долларизованным. Для проведения оценочных процедур используются данные рынка предложений, который формируется в долларовой и гривневой номинации. Номинация в гривнях осуществляется прямым переводом валютной цены предложения в гривню по курсу НБУ на дату подачи объявления о продаже.

В оценочных процедурах при использовании рыночных подходов сложившаяся практика предусматривает следующий обобщенный алгоритм их проведения:

- оперируя данными рынка предложений, номинированного в долларах, оценщик определяет рыночную стоимость, выраженную в долларах США;

- затем, используя валютный курс на дату оценки, стоимость, полученную в долларах, оценщик переводит в национальную валюту;

- в выводе оценщика утверждается, что полученная таким образом стоимость в гривнях отвечает рыночной, то есть такой, которая должна соответствовать состоянию рынка на дату оценки.

Риторический вопрос: всегда ли полученная по приведенному алгоритму результирующая стоимость, выраженная в национальной валюте, соответствует состоянию рынка на дату оценки? Попробуем ответить

на этот вопрос, используя в качестве аргумента характер ценообразования и результаты анализа состояния рынка недвижимости в отличающихся экономических условиях.

Внутренние факторы – это факторы взаимодействия исследуемого сегмента рынка с другими сегментами (например, взаимовлияние ценовых уровней первичного и вторичного рынков недвижимости), факторы взаимного влияния различных процессов в одном и том же сегменте (например, объема предложения на уровень цен). То есть необходимо сопоставлять и изучать комплексно полученные при мониторинге динамические временные ряды отдельных показателей, выявляя степень их взаимозависимости и взаимовлияния.

Внешние факторы, формирующие тенденции развития рынка недвижимости, связаны с макроэкономическими показателями экономики и ее финансовыми инструментами. В силу того, что рынок недвижимости является сложной многофакторной системой, механизм формирования этой зависимости является неоднозначной задачей и требует для своего решения сложных и трудоёмких аналитических исследований [2; 9].

На качественном уровне основой ценообразования на рынке недвижимости в его макрономинации является вторичный рынок, состояние которого характеризуется таким макропараметром как кривая индекса ценового уровня в конкретном сегменте недвижимости. Кривая ценового уровня (временной финансовый ряд) формируется под воздействием сил «спроса» и «предложения» и отражает не только текущее состояние рынка, но и тенденцию его развития. Что касается платёжеспособного спроса, то он формируется в основном за счёт доходов домохозяйств, объёмов ипотечного кредитования и средств инвесторов, заинтересованных вкладывать их в недвижимость на приемлемых для них условиях, если таковые существуют.

Сегодняшнее состояние экономики и финансовых инструментов характеризуется резким падением платёжеспособного спроса, отсутствием ипотечного кредитования и снижением деловой активности рынка. То

есть сегодняшний рынок недвижимости – это рынок покупателя, который может диктовать условия, руководствуясь в основном необходимой ему потенциальной доходностью объекта (доктрина удовлетворения). А это означает, что продавец как участник рынка либо будет соглашаться на снижение цены, либо будет снимать объект с экспозиции (уходит с рынка).

Что касается «предложения», то оно в значительной степени определяется первичным рынком, как правило, номинированным в национальной валюте, поскольку он является более мобильным в реагировании на рыночные изменения, чем вторичный. То есть движение цен на рынке формируется в большей степени за счёт первичного рынка. А это означает, что уровни цен на первичном и вторичном рынках взаимосвязаны и

не могут существенно различаться.

Исторически сложилось так, что рынок недвижимости Украины характеризовался ценами, номинированными в валюте (как правило, в долларах США). В этом случае темпы прироста валютных цен на рынке мало реагируют на инфляцию потребительских цен и малочувствительны к изменениям валютного курса (девальвация гривни относительно доллара), что подтверждается данными анализа рынка.

Результаты проведённого нами анализа поквартального усредненного ценового уровня жилой недвижимости г. Львов за 2013–2014 гг., номинированного в валюте, представлены в таблице 1. Статистический анализ, подтверждающий репрезентативность используемой выборки, приведен в [2].

Таблица 1

Ценовой уровень удельной стоимости, номинированной в долларах

| Параметр | Удельная стоимость | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 01.13 | 03.13 | 06.13 | 09.13 | 12.13 | 03.14 | 06.14 | 09.14 | 01.13 |
| Период исследования | 03.13 | 06.13 | 09.13 | 12.13 | 03.14 | 06.14 | 09.14 | 12.14 | 12.14 |
| Среднее значение показателя за указанный период, дол. США | 1 077 | 1 068 | 1 065 | 1 062 | 1 061 | 1 062 | 1 063 | 1 062 | 1 065 |
| Абсолютный прирост за указанный период, дол. США | -10 | -8 | -3 | -2 | 0 | 2 | -1 | -1 | -24 |
| Коэффициент роста за указанный период | 0,9906 | 0,9922 | 0,9977 | 0,9984 | 1,0000 | 1,0015 | 0,9989 | 0,9989 | 0,9783 |
| Темп роста за указанный период, % | 99,1 | 99,2 | 99,8 | 99,8 | 100,0 | 100,2 | 99,9 | 99,9 | 97,8 |
| Темп прироста за указанный период, % | -0,9 | -0,8 | -0,2 | -0,2 | 0,0 | 0,2 | -0,1 | -0,1 | -2,2 |
| Длительность периода, мес. | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 24 |

Как видно из данных таблицы 1, за весь анализируемый период темпы прироста ценового уровня характеризуются незначительными отрицательными значениями (депрессивная стабилизация) с тенденцией к их возрастанию. То есть подтверждается характерная особенность рынка, номинированного в валюте – темпы прироста валютных цен на рынке недвижимости слабо реагируют на инфляцию потребительских цен и малочувствительны к изменениям валютного курса (девальвация гривни относительно доллара).

Цены, номинированные в гривнях, темпы их прироста ориентируются на темпы инфляции и, как правило, несколько отстают от последних (инерционность рынка).

На рынках со смешанными ценами, в зависимости от соотношения между девальвацией и инфляцией (k), наблюдается либо

большая привязка цен на недвижимость к доллару ($k > 1$), либо при ($k < 1$) происходит как замедление роста цен в гривнях, так и частичная дедолларизация рынка.

Таким образом, при ценах, номинированных в долларах и гривнях, стоимость, номинированная в гривнях, должна, в первом приближении, зависеть от соотношения индексов темпов инфляции к темпам девальвации гривни.

В таблице 2 представлены результаты анализа временных рядов индексов инфляции и девальвации гривни (среднемесячные значения по данным НБУ за период 2013–2015 гг.), их соотношение, а также динамика временных рядов усредненной удельной стоимости, номинированной в гривнях. С одной стороны, это временной ряд удельной стоимости, значение которой

получено прямим переводом по курсу НБУ цены, номинированной в долларах, в гривню и скорректированной только «на торг». С другой стороны, стоимости, скорректированные «на торг» и «состояние рынка (*k*)». То есть в первом случае при проведении первой группы коррекций по ценообразую-

щим факторам, которые являются экзогенными по отношению к объекту оценки, не вводилась коррекция на состояние рынка. Сравнительная динамика ценовых уровней временного ряда стоимости в национальной валюте представлена на рисунке.

Таблица 2

Динамика изменения рыночной стоимости, номинированной в гривнях

2013 г.

| Период | 12.12 | 01.13 | 02.13 | 03.13 | 04.13 | 05.13 | 06.13 | 07.13 | 08.13 | 09.13 | 10.13 | 11.13 | 12.13 |
|--------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Стоимость предложения в дол. США за 1 кв. м | 1085 | 1074 | 1074 | 1074 | 1067 | 1066 | 1066 | 1066 | 1065 | 1064 | 1063 | 1060 | 1062 |
| Коррекция на торг, % | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Вероятная цена продажи, дол. США | 976 | 967 | 967 | 967 | 960 | 960 | 959 | 959 | 959 | 957 | 957 | 954 | 956 |
| Цепной индекс инфляции, грн | 1,000 | 1,002 | 0,999 | 1,000 | 1,000 | 1,001 | 1,000 | 0,999 | 0,993 | 1,000 | 1,004 | 1,002 | 1,005 |
| Кумулятивный индекс инфляции, грн | 1,000 | 1,002 | 1,001 | 1,001 | 1,001 | 1,002 | 1,002 | 1,001 | 0,994 | 0,994 | 0,998 | 1,000 | 1,005 |
| Курс НБУ, грн/дол. США | 7,993 | 7,993 | 7,993 | 7,993 | 7,993 | 7,993 | 7,993 | 7,993 | 7,993 | 7,993 | 7,993 | 7,993 | 7,993 |
| Цепной индекс курса, дол. США | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Кумулятивный индекс курса, дол. США | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Коррекция на состояние рынка (<i>k</i>) | 1,000 | 1,002 | 1,001 | 1,001 | 1,001 | 1,002 | 1,002 | 1,001 | 0,994 | 0,994 | 0,998 | 1,000 | 1,005 |
| Стоимость в грн, эквивалентная курсу дол. США на дату оценки | 7 802 | 7 728 | 7 725 | 7 729 | 7 676 | 7 671 | 7 668 | 7 668 | 7 664 | 7 650 | 7 647 | 7 626 | 7 639 |
| Стоимость, скорректированная на состояние рынка в грн | 7 802 | 7 743 | 7 733 | 7 737 | 7 683 | 7 686 | 7 684 | 7 676 | 7 618 | 7 605 | 7 632 | 7 626 | 7 676 |

2014 г.

| Период | 01.14 | 02.14 | 03.14 | 04.14 | 05.14 | 06.14 | 07.14 | 08.14 | 09.14 | 10.14 | 11.14 | 12.14 |
|-------------------------------------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Стоимость предложения в дол. США за 1 кв.м | 1060 | 1061 | 1062 | 1062 | 1063 | 1063 | 1063 | 1063 | 1062 | 1062 | 1061 | 1061 |
| Коррекция на торг, % | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Вероятная цена продажи, дол. США | 954 | 955 | 956 | 956 | 956 | 957 | 957 | 957 | 956 | 956 | 955 | 955 |
| Цепной индекс инфляции, грн | 1,002 | 1,006 | 1,022 | 1,033 | 1,038 | 1,010 | 1,004 | 1,008 | 1,029 | 1,024 | 1,019 | 1,030 |
| Кумулятивный индекс инфляции, грн | 1,007 | 1,013 | 1,035 | 1,069 | 1,110 | 1,121 | 1,126 | 1,135 | 1,168 | 1,196 | 1,218 | 1,255 |
| Курс НБУ (грн/дол. США) | 7,993 | 8,699 | 9,926 | 11,64 | 11,68 | 11,81 | 11,77 | 12,97 | 13,01 | 12,95 | 14,81 | 15,62 |
| Цепной индекс курса, дол. США | 1,000 | 1,088 | 1,141 | 1,172 | 1,004 | 1,011 | 0,996 | 1,102 | 1,002 | 0,996 | 1,143 | 1,055 |
| Кумулятивный индекс курса, дол. США | 1,000 | 1,088 | 1,242 | 1,456 | 1,461 | 1,478 | 1,472 | 1,623 | 1,627 | 1,620 | 1,853 | 1,954 |
| Коррекция на состояние рынка (<i>k</i>) | 1,007 | 0,931 | 0,834 | 0,735 | 0,760 | 0,759 | 0,765 | 0,699 | 0,718 | 0,738 | 0,658 | 0,642 |
| Стоимость в грн, эквивалентная курсу дол. США | 7 624 | 8 307 | 9 485 | 11 122 | 11 165 | 11 304 | 11 259 | 12 416 | 12 434 | 12 375 | 14 142 | 14 913 |
| Стоимость, скорректированная на состояние рынка в грн | 7 677 | 7 732 | 7 908 | 8 172 | 8 485 | 8 577 | 8 608 | 8 679 | 8 922 | 9 132 | 9 301 | 9 579 |

2015 г.

| Период | 01.15 | 02.15 | 03.15 | 04.15 | 05.15 |
|--------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Стоимость предложения в дол. США за 1 кв.м | 1060 | 1056 | 1054 | 1052 | 1050 |
| Коррекция на торг, % | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Вероятная цена продажи, дол. США | 954 | 950 | 949 | 947 | 945 |
| Цепной индекс инфляции, грн | 1,031 | 1,053 | 1,108 | 1,140 | 1,022 |
| Кумулятивный индекс инфляции, грн | 15,784 | 24,251 | 23,080 | 22,650 | 20,96 |
| Курс НБУ (грн/дол. США) | 1,010 | 1,536 | 0,952 | 0,981 | 0,925 |
| Цепной индекс курса, дол. США | 1,294 | 1,362 | 1,509 | 1,721 | 1,759 |
| Кумулятивный индекс курса, дол. США | 1,975 | 3,034 | 2,888 | 2,834 | 2,622 |
| Коррекция на состояние рынка (<i>k</i>) | 0,655 | 0,449 | 0,523 | 0,607 | 0,671 |
| Стоимость в грн, эквивалентная курсу дол. США | 15 058 | 23 048 | 21 894 | 21 445 | 19 807 |
| Стоимость, скорректированная на состояние рынка в грн. | 9 866 | 10 349 | 11 445 | 13 023 | 13 284 |

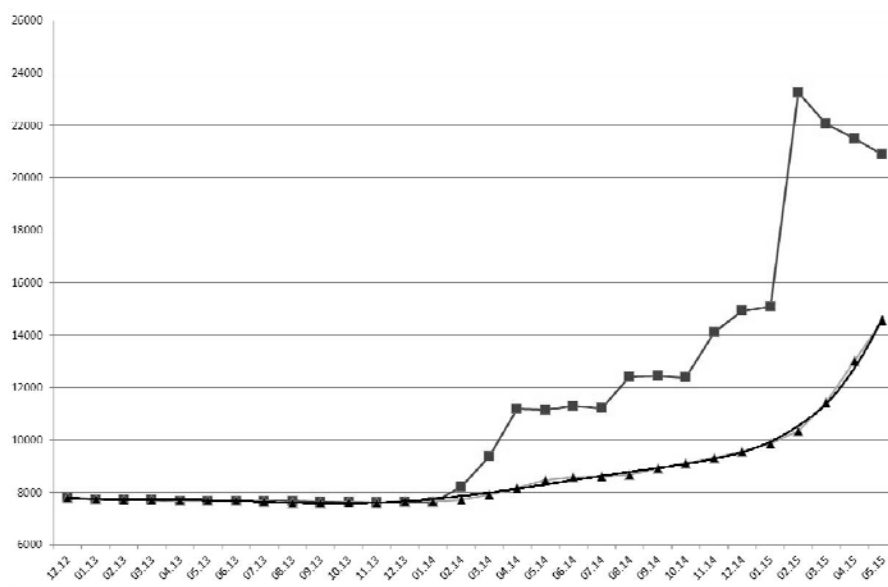


Рис. Кривые динамики временного ряда стоимости в национальной валюте, полученные прямым переводом по курсу НБУ (кривая —■—), и стоимости, скорректированной на состояние рынка (кривая —▲—)

Как видно из хода кривых, приведённых на рисунке, динамика временных рядов стоимости характеризуется двумя стадиями. Первая – период с 01.2013 по 01.2014 г., в котором состояние рынка характеризуется соотношением индекса инфляции к индексу девальвации гривни (k), близким к единице (девальвация меньше 10 %).

В этом случае прямой перевод стоимости, полученной в валюте в стоимость, номинированную в гривнях, может считаться правомерным и в какой-то степени обоснованным. Вторая стадия – период с 02.2014 по 05.2015 г., в котором состояние рынка характеризуется соотношением индекса инфляции к индексу девальвации гривни, меньшим единицы (девальвация больше 10 %). В этом случае прямой перевод стоимости, полученной в валюте в стоимость, номинированную в гривнях, приводит к результатам, которые не отражают состояние рынка недвижимости в условиях существенной девальвации национальной валюты, исходя из следующих критериев.

Сегодняшний первичный рынок жилой недвижимости г. Львов, в отличие от вторичного, номинирован в гривнях и предлагает квартиры в новостройках в ценовом диапазоне от 6 500 грн/ м² на окраине города до 12 000 грн/ м² в центральной части.

Если сравнивать стоимость в гривнях,

полученную, с одной стороны, прямым переводом долларовых цен по курсу НБУ на дату оценки, а, с другой стороны, стоимость, дополнительно скорректированную «на состояние рынка», можно прийти к следующему выводу. Скорректированный «на состояние рынка» уровень цен вторичного рынка удовлетворительно согласовывается с ценовым уровнем первичного рынка (6 500–12 000 грн/м²).

В то же время, стоимость в гривнях, полученная без учёта коррекции на состояние рынка, в два раза превышает рыночную стоимость объекта на первичном рынке. Исходя из принципа замещения, рыночная мотивация инвестора такова, что он не заплатит за приобретение имущества сумму, большую минимальной цены имущества, с такой же полезностью, как то, которое продаётся на рынке. То есть квартира, отнесенная к типу социального жилья, не может стоить дороже квартиры в рыночно-ориентированном вновь построенном доме.

К тому же, следует учесть тот факт, что цены на рынке недвижимости не могут изменяться скачкообразно (рост–падение) от месяца к месяцу, следуя за изменениями курса валюты (рис.). Учитывая инерционность рынка, тенденции к возрастанию либо падению цен продолжают как минимум несколько месяцев или даже лет.

Все это свидетельствует о том, что полученные прямым переводом по курсу доллара стоимости не соответствуют текущему состоянию рынка недвижимости в условиях девальвации гривни.

Ещё одним подтверждением правомерности и необходимости проведения коррекции «на состояние рынка» может служить удовлетворительное соответствие среднегодового уровня повышения цен вторичного рынка в 1,14 раза (табл. 2: 2014 г. – 8 747 грн, 2013 г. – 7 675 грн) коэффициенту БМР – 1,19 (Письмо Минрегионбуда от 27.01.2015 г. № 7/15-787).

Рынок аренды жилой недвижимости в течение 2014 года в условиях возрастающей девальвации гривни все больше переходил в гривневую номинацию. Так, в декабре 2014 года ценовой уровень аренды жилой недвижимости, номинированной в гривнях, даёт средневзвешенную величину аренды 62 грн/м², что эквивалентно 3,92 дол. США при среднемсячном курсе НБУ 15,81 грн/дол. Как показал анализ ценового уровня аренды в долларовой номинации, средневзвешенная арендная ставка равнялась 5,39 дол. США. При корректировании этой стоимости на условия рынка получаем величину арендной ставки $5,39 * 0,654 = 3,53$ дол. США.

Выводы. Удовлетворительное согласование полученных значений стоимости и арендных ставок, которые отвечают состоянию рынка недвижимости в условиях существенной девальвации гривни, подтверждает положение о том, что коррекции на условия

рынка («торг» и «состояние рынка») необходимо проводить при определении, как рыночной стоимости объекта недвижимости, так и рыночных арендных ставок.

Анализ динамики изменения кривых временных рядов стоимости показал следующее:

- если состояние рынка недвижимости характеризуется соотношением индекса инфляции к индексу девальвации гривни, близким к единице (девальвация меньше 10 %), то прямой перевод стоимости, полученной в валюте, в стоимость, номинированную в гривнях, может считаться правомерным и в какой-то степени обоснованным (2011–2013 гг.);

- при увеличении девальвации гривни (более 10 %) для перевода стоимости, номинированной в долларах США, в стоимость, номинированную в гривнях, необходимо вводить дополнительную коррекцию на состояние рынка, находящегося в условиях существенной девальвации гривни.

В данном случае для выполнения коррекции вполне приемлемым представляется использовать отношение кумулятивных индексов инфляции и девальвации гривни, отсчитываемых от момента времени, когда динамика указанных индексов начала существенно различаться.

Таким образом, при девальвации гривни (более 10 %) прямой перевод рыночной стоимости, номинированной в долларах, в национальную валюту будет некорректным, а полученная результирующая стоимость не будет отражать реальное состояние рынка.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Артеменков А. И. Неоклассические и постнеоклассические перспективы в теории оценки стоимости / Артеменков А. И., Михайлец В. Б. – Режим доступа: www.labrate.ru/articles/artemenkov_mihalec_fsonedlyapso-2008.
2. Воронін В. О. Аналітика ринку нерухомості: методологія та принципи сучасної оцінки : монографія / В. О. Воронін, Е. В. Лянце, М. М. Мамчин. – Львів : Магнолія 2006, 2014. – 304 с.
3. Воронин В. А. Особенности оценки при изменении экономических условий / В. А. Воронин // Практика оценки имущества. – 2010. – № 1 : Доходная и коммерческая недвижимость. – С. 138–179.
4. Грибовский С. В. Математические методы оценки стоимости недвижимого имущества / С. В. Грибовский, С. А. Сивец ; под ред. С. В. Грибовского, М. А. Федотовой. – Москва : Финансы и статистика, 2008. – 368 с.
5. Киннард В. Новое мышление в теории оценки недвижимого имущества / В. Киннард // Вопросы оценки. – 2008. – № 1. – С. 2–9. – Режим доступа: http://srogo.ru/upload/iblock/330/vo_1_08.pdf.
6. Пирсон А. Набор знаний, необходимых оценщикам / А. Пирсон // Вопросы оценки. – 2008. – № 4. – С. 2–9. – Режим доступа: http://srogo.ru/upload/iblock/e9d/vo_4_08.pdf.
7. Оценка недвижимого имущества: от стоимости к ценности : пер. с англ. / [С. Сейс, Д. Смит, Р. Купер, П. Венмор-Роуланд]. – Москва : [б. и.], 2009. – 503 с.

8. Стерник Г. М. Анализ рынка недвижимости для профессионалов / Г. М. Стерник, С. Г. Стерник. – Москва : Экономика, 2009. – 606 с.
9. Ratcliff R. U. Modern real estate valuation: theory and application / Richard U. Ratcliff. – Arlington : Democrat Press, 1965. – 195 p.
10. Wendt P. F. Critical Analysis and recent developments in Appraisal Theory / P. F. Wendt // The Appraisal Journal. – 1969. – October. – P. 485–500.

REFERENCES

1. Artemenkov A.I. and Mihajlec V.B. *Neoklassicheskie i postneoklassicheskie perspektivy v teorii ocenki stoimosti* [Neoclassical and postneoclassical prospects in valuation theory]. Available at: www.labrate.ru/articles/artemenkov_mihailec_fsonedlyapso-2008. (in Russian).
2. Voronin V.O., Lyantse E.V. and Mamchyn M.M. *Analitika rynku nerukhomosti: metodolohiya ta pryntsyipy suchasnoyi otsinky* [Real Estate Market Analysis: Methodology and principles of modern assessment]. L'viv: Mahnoliya 2006, 2014, 304 p. (in Ukrainian).
3. Voronin V.A. *Osobennosti ocenki pri izmenenii jekonomicheskikh uslovij* [Assessment specifics while economic conditions changing]. *Praktika ocenki imushhestva* [Practice of property evaluation]. 2010, no. 1, pp. 138–179. (in Russian).
4. Gribovskij S.V. and Sivec S.A. *Matematicheskie metody ocenki stoimosti nedvizhimogo imushhestva* [Mathematical methods of real estate evaluation]. Moskva: Finansy i statistika, 2008, 368 p. (in Russian).
5. Kinnard V. *Novoe myshlenie v teorii ocenki nedvizhimogo imushhestva* [The new thinking in the theory of real estate evaluation]. *Voprosy ocenki* [Questions of evaluation]. 2008, no 1, pp. 2–9. (in Russian).
6. Pirson A. *Nabor znanij, neobhodimyh ocinshhikam* [Knowledge set of appraisers required]. *Voprosy ocenki* [Questions of evaluation]. 2008, no 4, pp. 2–9. (in Russian).
7. Sejs S., Smit D., Kuper P. and Venmor-Rouland P. *Ocenka nedvizhimogo imushhestva: ot stoimosti k cennosti* [Evaluation of real estate: from the value to the cost]. Moskva: s.n., 2009, 503 p. (in Russian).
8. Sternik G.M. and Sternik S.G. *Analiz rynku nedvizhimosti dlja professionalov* [Real estate market analysis for professionals]. Moskva: Ekonomika, 2009, 606 p.
9. Ratcliff R.U. *Modern real estate valuation: theory and application*. Arlington: Democrat Press, 1965, 195p.
10. Wendt P.F. *Critical Analysis and recent developments in Appraisal Theory. The Appraisal Journal*. 1969, October, pp. 485-500.

Рецензент: д-р т. н., проф. Ю. О. Кірічек

Надійшла до редакції: 20.11.2015 р. Прийнята до друку: 27.11.2015 р.

УДК 681.513:691.216

ЕКСТРЕМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ ПРОДУКТИВНІСТЮ ПОМЕЛУ ВАПНЯКУ У ДВОКАМЕРНОМУ КУЛЬОВОМУ МЛИНІ

УЖЕЛОВСЬКИЙ В. О.^{1*}, к. т. н., доц.,

РУДЕНКО О. А.^{2*}, маг.

¹ Кафедра автоматики та електротехніки, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 372-06-82, e-mail: uzhelovsky2015@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2908-3116

² Кафедра автоматики та електротехніки, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 46-93-19, e-mail: olenka.rudenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7131-6964

Анотація. Постановка проблеми. Продуктивність кульових млинів – важливий технологічний параметр. Оптимізація завантаження млина допоможе отримати максимальну ефективність помелу вапняку. **Аналіз літератури.** У наукових працях із питань керування технологічним процесом помелу у кульових млинах, зокрема, Б. В. Алексєєва, А. А. Максименко, Е. В. Утеуша, Д. Д. Бапата, А. Д. Камінського, доведено, що оцінка ефективності управління помелом вапняку у кульовому млині є багатокритеріальною і повинна передбачати досягнення максимально можливої продуктивності і необхідної тонкості помелу при мінімальних витратах електроенергії. Суттєвий фактор впливу на продуктивність млина – це рівень завантаження вапняком. **Мета дослідження** – підвищення продуктивності двокамерного кульового млина шляхом підтримання оптимального рівня завантаження барабана вапняком. **Висновки.** 1. У пакеті Matlab розроблено і досліджено імітаційну модель системи екстремального керування продуктивністю кульового млина шляхом оптимізації рівня заповнення барабана вапняком. 2. На стадії проектних робіт імітаційна модель дозволяє виконувати дослідження впливу різних факторів на продуктивність роботи млина та обчислювати попередні значення параметрів налагоджування екстремального регулятора з метою отримання бажаного перехідного процесу із заданою точністю.

Ключові слова: імітаційне моделювання, вапняк, рівень заповнення, продуктивність, екстремальне регулювання

ЭКСТРЕМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ПОМОЛА ИЗВЕСТНЯКА В ДВУХКАМЕРНОЙ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ

УЖЕЛОВСЬКИЙ В. А.^{1*}, к. т. н., доц.,

РУДЕНКО Е. А.^{2*}, маг.

¹ Кафедра автоматики и электротехники, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепрпетровск, Украина, тел. +38 (056) 372-06-82, e-mail: uzhelovsky2015@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2908-3116

² Кафедра автоматики и электротехники, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепрпетровск, Украина, тел. +38 (0562) 46-93-19, e-mail: olenka.rudenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7131-6964

Аннотация. Постановка проблемы. Производительность шаровых мельниц – важный технологический параметр. Оптимизация загрузки мельницы поможет получить максимальную эффективность помола известняка. **Анализ литературы.** В научных работах по вопросам управления технологическим процессом помола в шаровых мельницах, в частности, Б. В. Алексеева, А. А. Максименко, Э. В. Утеуша, Д. Д. Бапата, А. Д. Каминского, доказано, что оценка эффективности управления помолом известняка в шаровой мельнице является многокритериальной и должна предусматривать достижение максимально возможной производительности и необходимой тонкости помола при минимальных затратах электроэнергии. Существенным фактором влияния на производительность мельницы является уровень загрузки известняком. **Цель исследования** – повышение производительности двухкамерной шаровой мельницы путем поддержания оптимального уровня загрузки барабана известняком. **Выводы.** 1. В пакете Matlab разработана и исследована имитационная модель системы экстремального управления производительностью шаровой мельницы путем оптимизации уровня заполнения барабана известняком. 2. На стадии проектных работ имитационная модель позволяет выполнять исследования влияния различных факторов на производительность работы мельницы и определять предыдущие значения параметров налаживания экстремального регулятора с целью получения желаемого переходного процесса с заданной точностью.

Ключевые слова: имитационное моделирование, известняк, уровень заполнения, производительность, экстремальное регулирование

EXTREME MANAGEMENT OF PERFORMANCE GRINDING OF LIMESTONE INTO TWO-CHAMBER BALL MILLS

UZHELOVSKY V. A. ^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,

RUDENKO E. A. ^{2*}, *Master*

¹Department of automation and electrical engineering, the state university «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», St. Chernyshevsky, 24-a, 49600, Dnipropetrovsk, Ukraine, phone +38 (056) 372-06-82, e-mail: uzhelovsky2015@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-2908-3116

²Department of automation and electrical engineering, the state university «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», St. Chernyshevsky, 24-a, 49600, Dnipropetrovsk, Ukraine, phone +38 (0562) 46-93-19, e-mail: olenka.rudenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7131-6964

Summary. Problem statement. The productivity of ball mills is an important process parameter. Optimization of loading of the mill will get the maximum efficiency of grinding limestone. **Analysis of the present research.** In the scientific work on the process control of grinding in ball mills, particularly interesting are the work of Alekseev B. V., Maksimenko A. A., Uteush E. V., Bapat D. D., Kaminsky A. D. It is proved that the assessment of management effectiveness limestone grinding in a ball mill is a multiobjective and must provide to achieve the highest possible performance and the required fineness of electricity at the lowest cost. A significant factor affecting the performance of the mill is utilization level of limestone. **Purpose.** Performance of two-chamber ball mill increased by maintaining an optimal level of loading of the drum limestone. **Conclusions.** 1. In Matlab package developed and investigated simulation model of extreme performance management of a ball mill by optimizing the filling level of the drum limestone. 2. Simulation model allows you to study the influence of various factors on the performance of the mill and determine the previous settings establish extreme regulator to obtain the desired transition process with a given accuracy at the stage of design work.

Keywords: *imitating modeling, limestone, fill level, performance, extreme regulation*

Постановка проблеми. В умовах ринкових відносин та розвитку промисловості будівельних матеріалів різко зростає попит на продукцію підприємств із виробництва цементу. Великого значення набувають питання поліпшення якості вапняку і зниження його собівартості, необхідності збільшення надійності, продуктивності і терміну експлуатації технологічних агрегатів. Найбільш перспективний напрям вирішення цих питань – це створення і впровадження на цементних підприємствах АСУ (автоматизованих систем управління).

Помел різних видів матеріалів – основна технологічна операція в різних галузях промисловості: виробництві будівельних матеріалів, гірничорудній, харчовій, фармацевтичній та ін. При значних обсягах помелу продукту класу «мінус 100 мкм» у багатьох галузях базовими помольними агрегатами є трубні кульові млини.

Одним із факторів, що стримують поширення цих млинів, є їх низький ККД [2; 3; 4; 5; 12], який коливається в межах 0,5–2%. Тому необхідно приділяти увагу питанням підвищення ефективності роботи кульових млинів.

Аналіз літератури. У наукових працях із питань керування технологічним процесом

помелу у кульових млинах стверджується, що оцінка ефективності керування помелом багатокритеріальна і повинна передбачати досягнення максимальної продуктивності за необхідної тонкості помелу та мінімальних витрат електроенергії [6]. До використання систем керування узгодження даних критеріїв визначалося системою цінностей та переваг осіб, що приймали рішення: операторів, фахівців-технологів, інженерів виробничого відділу підприємства.

Для збільшення продуктивності помелу слід молотні тіла (найчастіше це – кулі) замінювати кульпебсами, які мають відношення довжини до діаметра близько 2 [1]. Також указано, що тонкість помелу матеріалу і, відповідно, продуктивність млина залежить від твердості розмелюваного матеріалу. Розмельність вапняку дорівнює 1,2–1,8 порівняно з розмельністю клінкеру, яка приймається за одиницю.

Актуальним є створення систем автоматичного регулювання, які реагують на основне збурення (навантаження) і його похідні в часі. Сучасні можливості дозволяють створити системи, які поєднують у собі регулювання за відхиленням і регулювання за збуренням [13].

Отже, на продуктивність помелу вапня-

ку впливають багато різних факторів. Один з основних – рівень завантаження млина вапняком.

Залежність продуктивності млина від рівня його завантаження розглянута в [11] і підтверджує складну екстремальну залежність показників.

Мета дослідження. Підвищення продуктивності двокамерного кульового млина шляхом підтримання оптимального рівня завантаження барабана вапняком.

Виклад матеріалу. В науковій роботі у

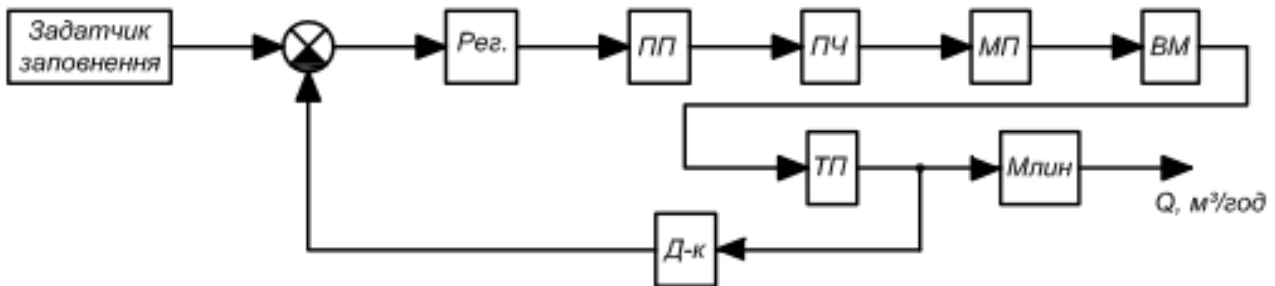


Рис. 1. Загальна структурна схема САР за контуром заповнення: Рег-р – ПІД-регулятор; ПП – попередній підсилювач; ПЧ – перетворювач частоти; МП – магнітний пускач; ВМ – виконавчий механізм; ТП – тарілчастий живильник; Д-к – датчик заповнення (електроакустичний пристрій)

Контур регулювання заповнення (рис.2) включає передатні функції елементів системи: блок завдання заповнення (Constant), ПІД-контролер (PIDController), попередній підсилювач (Gain, Gain3, Gain4), перетво-

пакеті Matlab для досягнення поставленої мети розроблено і досліджено імітаційну модель системи екстремального керування продуктивністю кульового млина шляхом підтримки оптимального рівня заповнення барабана вапняком. З метою отримання максимальної продуктивності було розроблено структурну схему, в якій враховано елементи контуру заповнення, що взаємодіють, та відображається процес, який відбувається у контурі (рис.1).

рювач частоти (Gain1), виконавчий механізм (TransferFcn), тарілчастий живильник (TransferFcn1, TransportDelay), млин (TransferFcn2), датчик заповнення (Gain2) [7; 9; 10].

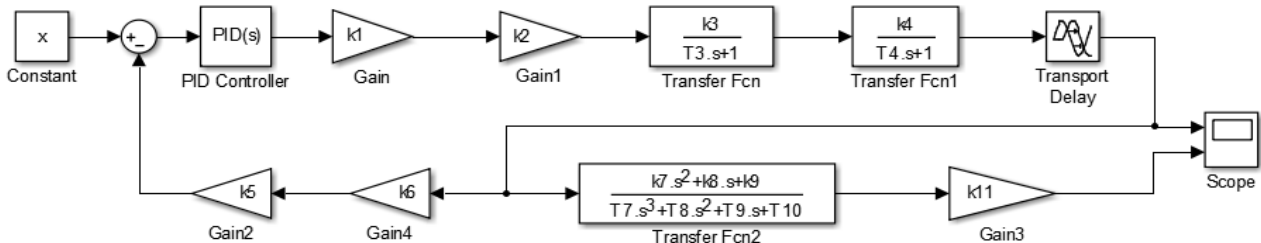


Рис. 2. Структурна схема САР за контуром регулювання

Підтримка оптимальної продуктивності із заданою якістю помелу вапняку досягається за допомогою екстремального регулювання (шляхом знаходження екстремуму статичної характеристики залежності про-

дуктивності млина від заповнення його барабана вапняком) [11]. Знайдемо рівняння лінії тренду $y = f(x)$, яке з точністю $R^2 = 0,9944$ відображає вищезначену залежність (рис.3):

$$y = 0,00002x^3 - 0,0024x^2 + 0,0872x + 0,0092 \quad (1)$$

За допомогою блоку Fcn реалізуємо рівняння (1) у пакеті Matlab, знайдемо похідні та отримаємо модель екстремального регулятора. Визначення похідної здійснюється

за допомогою блоку ділення Product – похідна із сигналу на початку рівняння ділиться на похідну із сигналу виходу блоку Fcn (рис. 4.).

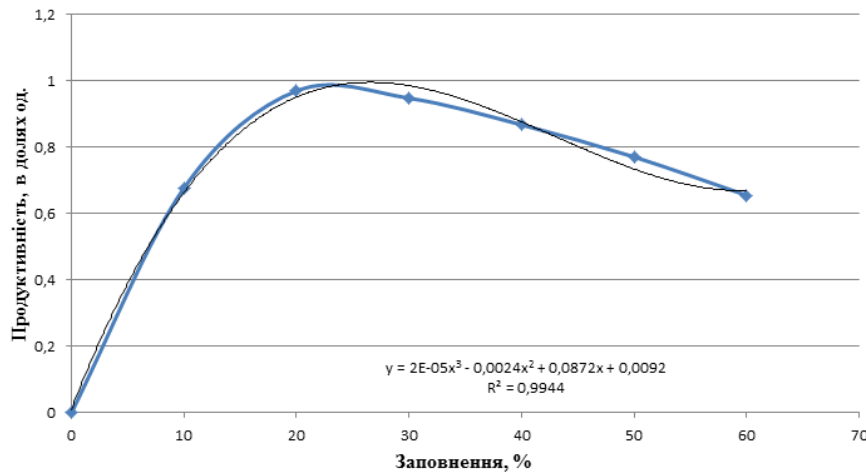


Рис. 3. Графік залежності продуктивності млина від його заповнення вапняком

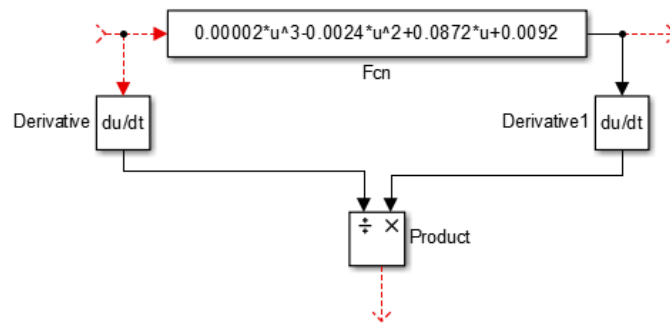


Рис. 4. Модель екстремального регулятора

З метою уникнення ділення на 0 додаємо до першої похідної поправний коефіцієнт. Результат похідної сумується з поправним коефіцієнтом (Constant 1) і подається у контур регулювання заповнення. Виконавчий механізм регулює завантаження вапняку, підтримуючи таким чином оптимальну продуктивність млина.

За допомогою функції PidTuner у блоку PID Controller можна розрахувати оптима-

льні значення коефіцієнтів контролера з ПІД-законом регулювання. Результати розрахунку наведено на рисунку 6. Після підставлення налагоджувальних коефіцієнтів отримано аперіодичний перехідний процес із перерегулюванням 6,67% (заповнення барабана вапняком відповідає параметру S, м³) та аперіодичний процес без перерегулювання (продуктивність відповідає параметру Q, м³/год.) (рис. 7).

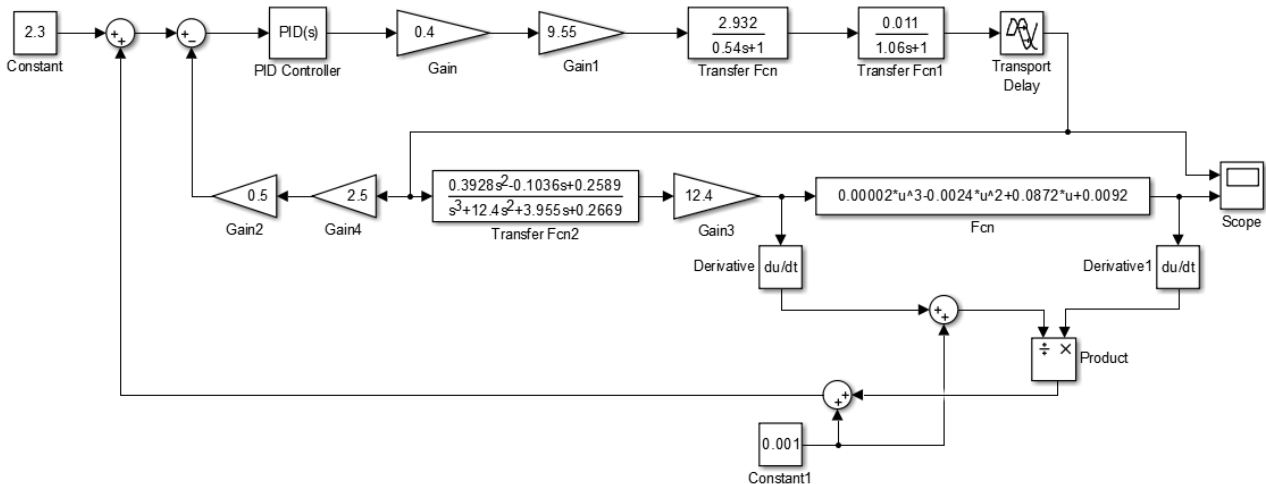


Рис. 5. Структурна схема екстремального керування заповнення вапняком кульового млина з підтримкою оптимальної продуктивності

| Controller Parameters | | |
|-----------------------|--------|--------|
| | Tuned | Block |
| P | 1.6817 | 1.6817 |
| I | 2.157 | 2.157 |
| D | 0 | 0 |
| N | 100 | 100 |

| Performance and Robustness | | |
|----------------------------|----------------------|----------------------|
| | Tuned | Block |
| Rise time | 3.4 seconds | 3.4 seconds |
| Settling time | 11.2 seconds | 11.2 seconds |
| Overshoot | 6.67 % | 6.67 % |
| Peak | 1.07 | 1.07 |
| Gain margin | 12.6 dB @ 1.07 rad/s | 12.6 dB @ 1.07 rad/s |
| Phase margin | 60 deg @ 0.322 rad/s | 60 deg @ 0.322 rad/s |
| Closed-loop stability | Stable | Stable |

Рис. 6. Коефіцієнти PID Controller

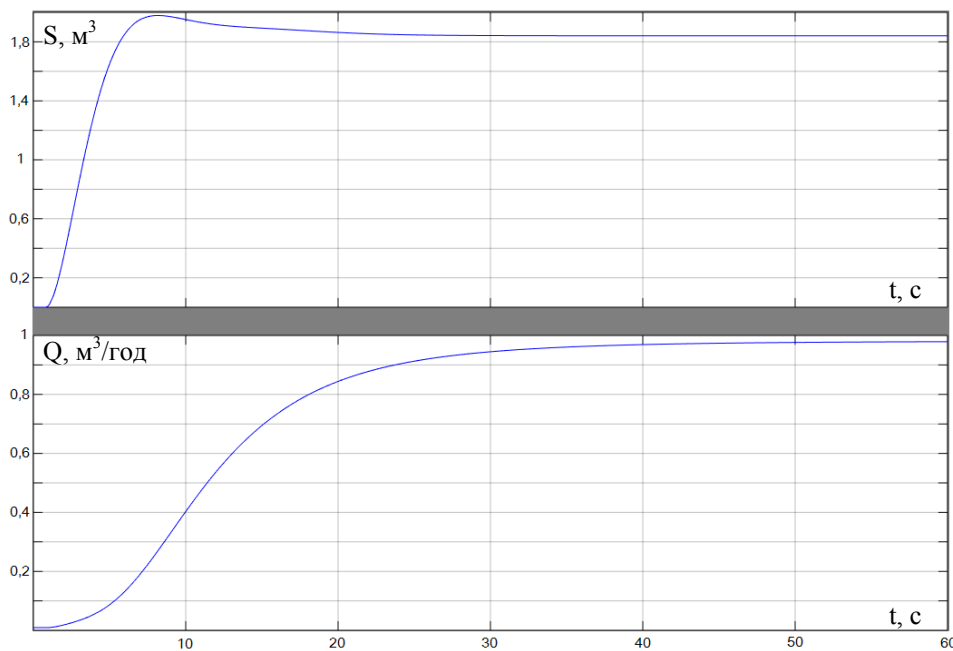


Рис. 7. Отримані перехідні процеси заповнення барабана S та щодо продуктивності Q

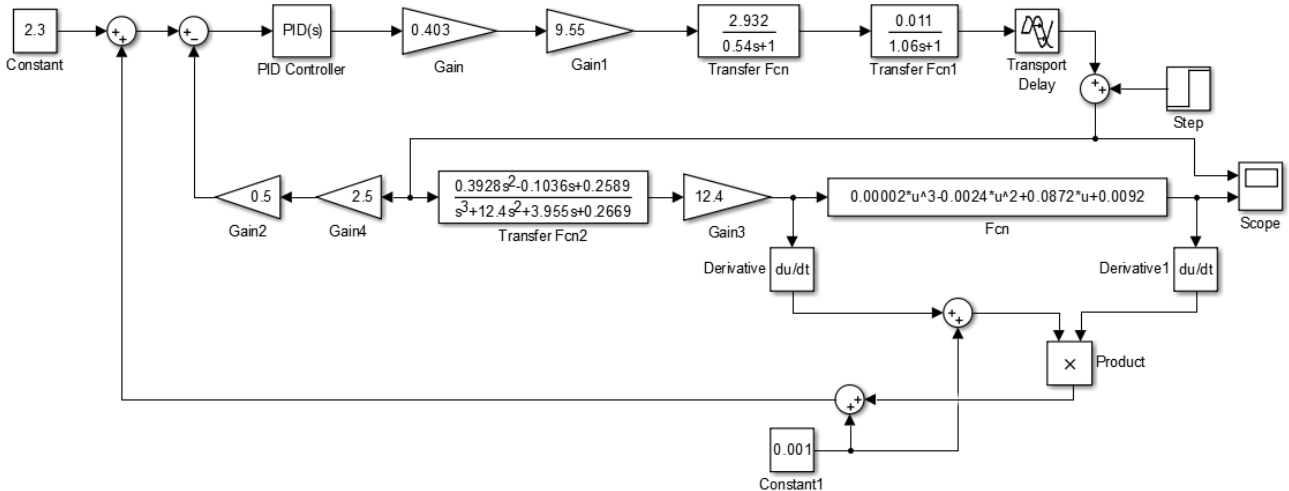


Рис. 8. Структурна схема екстремального керування заповнення вапняком кульового млина з підтримкою оптимальної продуктивності з включенням вузла зовнішніх збурень

На роботу САР впливають не лише сигнали керування, а також збурювальні дії, що безпосередньо можуть порушити роботу системи. Необхідно, щоб система при будь-яких збуреннях, що надходять іззовні, підтримувала значення заданих параметрів. У зв'язку з цим як збурювальну дію у сис-

тему було введено блок Step, який імітував зовнішній вплив (рис. 8).

Отримано перехідні процеси, що відображають роботу САР, в якій за рахунок уведення блоку екстремального керування підтримуються всі задані параметри (рис. 9).

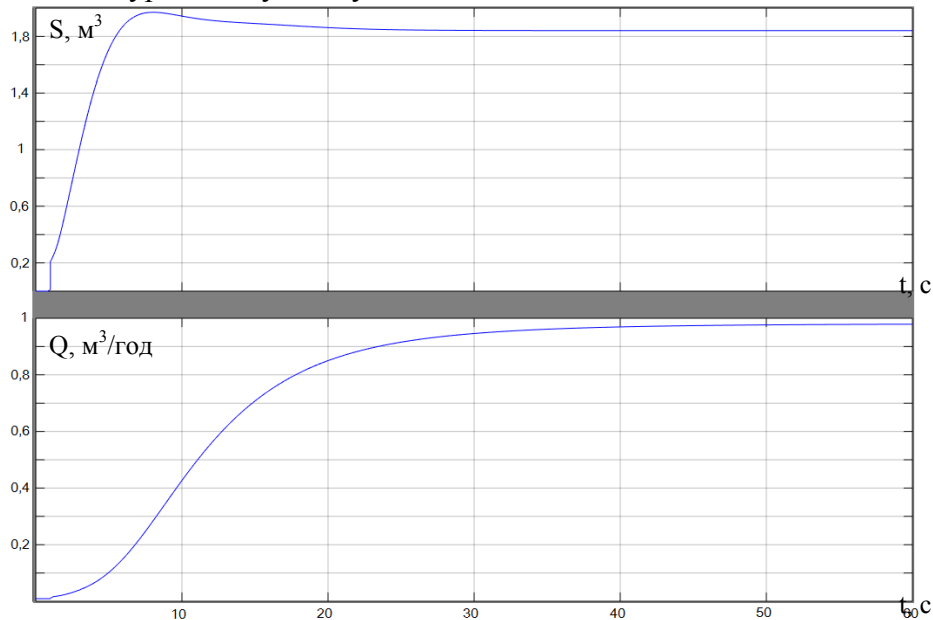


Рис. 9. Перехідні процеси САР за впливу зовнішніх збурень

Висновки. 1. У пакеті Matlab розроблено і досліджено імітаційну модель системи екстремального керування продуктивністю кульового млина шляхом оптимізації рівня заповнення барабана вапняком.

2. На стадії проектних робіт імітаційна модель дозволяє виконувати дослідження

впливу різноманітних факторів на продуктивність роботи млина та визначати попередні значення параметрів налагоджування екстремального регулятора з метою отримання бажаного перехідного процесу із заданою точністю.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Алексеев Б. В. Технология производства цемента / Б. В. Алексеев. – Москва : Высш. школа, 1980. – 266 с.
2. Андреев Е. Наиболее выгодное число оборотов шаровой мельницы / Е. Андреев // Горный журнал. – 1954. – № 10. – С. 44–49.
3. Бапат Д. Д. Повышение качества цемента с использованием современных процессов помола / Д. Д. Бапат // Цемент и его применение. – 1999. – № 2. – С. 8–10.
4. Берк Г. Опыт эксплуатации первой мельницы LM 56.3+3 в Турции / Г. Берк, Х. А. Фишер, К. Х.-Вайбадт // Цемент. Известь. Гипс. – 2008. – № 1. – С. 36–40.
5. Каминский А. Д. Некоторые вопросы теории помола в многотрубных мельницах / А. Д. Каминский, А. А. Каминский // Цемент. – 1980. – № 7. – С. 8–10.
6. Максименко А. А. Советующая система с нечеткой логикой по управлению мельницей помола клинкера : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : 05.13.07 / А. А. Максименко. – Белгород, 2000. – 32 с.
7. Машины и аппараты химических производств / [Доманский И. В., Исаков В. П., Островский Г. М., Решанов А. С., Соколов В. Н.] ; под общ. ред. В. Н. Соколова. – Ленинград : Машиностроение, 1982. – 384 с.
8. Нові вимоги щодо оформлення списку літератури // Бюлетень ВАК України. – 2009. – № 5. – Режим доступу: http://lib.ru.if.ua/file/bibl_opis.pdf.
9. Попович М. Г. Теорія автоматичного керування / М. Попович, О. Ковальчук. – Київ : Либідь, 1997. – 544 с.
10. Расчет исполнительных, корректирующих и преобразовательных элементов автоматических систем : справ. пособие / [Чинаев П. И., Чумаков Н. М., Жданов А. П., Панов В. И., Сивов Н. С., Судлочевский А. И., Чугунов И. И.] ; под общ. ред. Н. М. Чумакова. – Киев : Техніка, 1971. – 308 с.

11. Справочник по обогащению руд : в 4 т. / гл. ред. О. С. Богданов. – Москва : Недра, 1982-1984. – Т. 1 : Подготовительные процессы. – 1982. – 367 с.
12. Ужов В. Н. Очистка промышленных газов электрофильтрами / В. Н. Ужов – Москва : Химия, 1967. – 344 с.
13. Утеуш Э. В. Основы автоматизации измельчения материалов в шаровых мельницах. / Э. В. Утеуш, З. В. Утеуш. – Москва : Химия, 1968. – 156 с.

REFERENCE

1. Alekseev B.V. *Tekhnologiya proizvodstva tsementa* [Technology of cement production]. Moskva: Vysh. shkola, 1980, 266 p. (in Russian).
2. Andreev E. *Naivyygodneshee chislo oborotov sharovoy melnitsy* [The most profitable rotation number of ball mills]. *Gornyy zhurnal* [Mining journal]. 1954, no. 10, pp. 44-49. (in Russian).
3. Bapat D.D. *Povyshenie kachestva tsementa s ispol'zovaniem sovremennykh protsessov pomola* [Improving the cement quality using modern milling processes]. *Tsement i ego primenenie* [Cement and its implication]. 1999, no. 2, pp. 8-10. (in Russian).
4. Berk G., Fischer H.A. and Vajbadt K.H. *Opyt ekspluatatsii pervoy melnitsy LM 56.3 + 3 v Turtsii* [Operating experience of the first mill LM 56.3 + 3 in Turkey]. *Tsiment. Izvest'. Gips* [Cement. Limestone. Gyps]. 2008, no. 1, pp. 36-40. (in Russian).
5. Kaminskij A.D. and Kaminskij A.A. *Nekotorye voprosy teorii pomola v mnogotrubnykh melnitsakh* [Some questions in the theory of grinding in multiple-tube mills]. *Tsiment* [Cement]. 1980, no. 7, pp. 8-10. (in Russian).
6. Maksimenko A.A. *Sootvestvuyushchaya sistema s nechetkoj logikoj po upravleniyu melnitsej pomola klinkera: avtoref. dis. na soisk. step. kand. tekhn. nauk 05.13.07* [Proper system with fuzzy logic in mill operation of clinker grinding: authors abstract of Cand. Sc. (Tech.) Dissert. 05.13.07]. Belgorod, 2000, 32 p. (in Russian).
7. Domanskij I.V., Isakov V.P., Ostrovskij G.M., Reshanov A.S. and Sokolov V.N. *Mashiny i apparaty himicheskikh proizvodstv* [Machines and apparatus of chemical industry]. Leningrad: Mashinostroenie, 1982, 384 p. (in Russian).
8. VAK Ukrai.ny. *Novi vymogy shchodo oformlennia spysku literatury* [New requirements for bibliography registration]. *Bjuleten VAK Ukraini* [Bulletin of High Attestation Commission of Ukraine]. 2009, no. 5. Available at: http://lib.pu.if.ua/file/bibl_opis.pdf. (in Ukrainian).
9. Popovich M.G. and Kovalchuk O. *Teoriia avtomatichnogo keruvannia* [Theory of automatic regulation]. Kyiv: Lybid, 1997, 544 p. (in Ukrainian).
10. Chinaev P.I., Chumakov N.M., Zhdanov A.P., Panov V.I., Sivov N. S., Sud-Zlochevsky A.I and Chugunov I.I. *Raschet ispolnitelnykh, korrrektiruyushchikh i preobrazovatelnykh elementov avtomaticheskikh sistem* [Calculation of the executive, corrective and conversion elements of automatic systems]. Kiev: Tehnika, 1971, 308 p. (in Russian).
11. Bogdanov O.S. *Spravochnik po obogashcheniyu rud: v 4 t.* [Manual in ore-dressing: in 4 volumes]. T. 1: *Podgotovitelnye processy* [T. 1. Preparative processes]. Moskva.: Nedra, 1982, 367 p. (in Russian).
12. Uzhov V.N. *Ochistka promyshlennykh gazov elektrofil'trami* [Cleaning of industrial gases with electrostatics]. Moskva: Himiya, 1967, 344 p. (in Russian).
13. Uteush E.V. and Uteush Z.V. *Osnovy avtomatizatsii izmel'cheniya materialov v sharovykh melnitsah* [Fundamentals of automation of materials grinding in ball mills]. Moskva: Himiya, 1968, 156 p. (in Russian).

Рецензент: д-р т. н., проф. В. Г. Заренбін

Надійшла до редколегії: 17.08.2015 р. Прийнята до друку: 20.09.2015 р.

УДК 666.972.16

ЛЕГКИЕ БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ГРАНШЛАКА

НЕТЕСА Н. И. ^{1*} д. т. н., проф.,ПАЛАНЧУК Д. В. ^{2*} к. т. н.

^{1*} Кафедра строительного производства и геодезии, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В.Лазаряна, 49010, Днепропетровск, ул ак. Лазаряна, 2, тел. +38(067)195-50-27, ORCID ID 0000-0003-1730-7642

^{2*} Кафедра строительного производства и геодезии, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В.Лазаряна, 49010, Днепропетровск, ул ак. Лазаряна, 2, тел. +38(067)560-18-38, stroitel-p_dnepr@mail.ru

Аннотация. Постановка проблемы. Бетоны невысокой прочности целесообразно получать с использованием местных вторичных ресурсов для их утилизации и снижения экологической нагрузки на окружающую среду. Но при этом важно проектировать такие составы бетонов с пониженным расходом цемента. Известно, что коэффициент эффективности использования цемента в тяжелых бетонах класса В10 и менее составляет примерно 0,5, что почти в 2 раза меньше, чем в бетонах класса В15 и выше. Еще ниже коэффициент эффективности использования цемента в легких бетонах низкой прочности. Поэтому важно найти закономерности определения составов легких бетонов на основе местных вторичных продуктов промышленности с повышенной эффективностью использования цемента в них. **Цель работы** – на основе анализа проведенных ранее результатов исследований, в том числе с применением методов математического планирования экспериментов, определить составы бетонов, которые могут обеспечить требования к подстилающим слоям пола, предел прочности, при сжатии которых должен соответствовать классу В5. При этом важно обеспечить требуемую прочность при минимальном расходе цемента, который является наиболее дорогой и энергоемкой составляющей бетона. **Выводы.** Анализом представленных результатов испытания контрольных образцов бетона в 28-суточном возрасте установлены следующие закономерности. Требуемый предел прочности бетона на сжатие 7,0 МПа можно получить в исследуемом диапазоне при использовании в составах в качестве наполнителя, как золы уноса Приднeпровской ГРЭС, так и хвостов обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа. Для гарантированного обеспечения требуемой нормативной прочности бетона в подстилающих слоях пола целесообразно использовать такой номинальный состав на кубометр бетонной смеси: цемента 160 кг, граншлака завода имени Петровского 675 кг, золы уноса Приднeпровской ГРЭС 390 кг, песка 400 кг, воды 230 литров. Таким образом, при обеспечении рационального зернового состава компонентов можно получить легкие бетоны заданной прочности на основе граншлака завода имени Петровского, используя в качестве наполнителей хвосты обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа или золы уноса Приднeпровской ГРЭС. Для обеспечения требуемой прочности легкого бетона класса В5 на основе местных вторичных продуктов промышленности достаточно 150 кг цемента на кубометр бетонной смеси.

Ключевые слова: легкий бетон, вторичные продукты промышленности, прочность, плотность, стеновой материал, цемент, эффективность

ЛЕГКІ БЕТОНИ НА ОСНОВІ ГРАНШЛАКУ

НЕТЕСА М. І. ^{1*} д. т. н., проф.,ПАЛАНЧУК Д. В. ^{2*} к. т. н.

^{1*} Кафедра будівельного виробництва та геодезії, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна, 49010, Дніпропетровськ, вул ак. Лазаряна, 2, тел. +38(067)195-50-27, ORCID ID 0000-0003-1730-7642

^{2*} Кафедра будівельного виробництва та геодезії, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна, 49010, Дніпропетровськ, вул ак. Лазаряна, 2, тел. +38(067)560-18-38, stroitel-p_dnepr@mail.ru

Анотація. Постановка проблеми. Бетони невисокої міцності доцільно отримувати з використанням місцевих вторинних ресурсів для їх утилізації та зниження екологічного навантаження на навколишнє середовище. Але при цьому важливо проектувати такі склади бетонів зі зниженою витратою цементу. Відомо, що коефіцієнт ефективності використання цементу у важких бетонах класу В10 і менше становить приблизно 0,5, що майже вдвічі менше, ніж у бетонах класу В15 і вище. Ще нижчий коефіцієнт ефективності використання цементу в легких бетонах низької міцності. Тому важливо знайти закономірності визначення складів легких бетонів на основі місцевих вторинних продуктів промисловості з підвищеною ефективністю використання цементу в них. **Мета роботи** – на основі аналізу проведених раніше результатів досліджень, у тому числі із застосуванням методів математичного планування експериментів, визначити склади бетонів, які можуть забезпечити вимоги до підстилкових шарів підлоги, межа міцності при стиску яких повинна відповідати класу В5. При цьому важливо забезпечити необхідну міцність при мінімальній витраті цементу, який є найбільш дорогою і енергоємною складовою бетону. **Висновки.** Аналізом наведених результатів випробування контрольних зразків бетону в 28-добовому віці встановлені такі закономірності. Необхідну межу міцності

бетону на стиск 7,0 МПа можна отримати в досліджуваному діапазоні за умови використання у складах як наповнювача як золи виносу Придніпровської ГРЕС, так і хвостів збагачення залізних руд Криворізького ПГЗК. Для гарантованого забезпечення необхідної нормативної міцності бетону в підстилкових шарах підлоги доцільно використовувати такий номінальний склад на кубометр бетонної суміші: цементу 160 кг, граншлаку заводу імені Петровського 675 кг, золи виносу Придніпровської ГРЕС 390 кг, піску 400 кг, води 230 літрів. Таким чином, за умови забезпечення раціонального зернового складу компонентів можна отримати легкі бетони заданої міцності на основі граншлаку заводу імені Петровського, використовуючи як наповнювачі хвости збагачення залізних руд Криворізького ПГЗК або золи виносу Придніпровської ГРЕС. Для забезпечення необхідної міцності легкого бетону класу В5 на основі місцевих вторинних продуктів промисловості досить 150 кг цементу на кубометр бетонної суміші.

Ключові слова: *легкий бетон, вторинні продукти промисловості, міцність, щільність, стіновий матеріал, цемент, ефективність*

LIGHTWEIGHT CONCRETE BASED GRANSHLAK

NETESA M. I. ^{1*}*Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

PALANCHUK D. V. ^{2*}*Ph.D.*

^{1*} Department of construction industry and geodesy, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, 49010, Dnepropetrovsk, st ak. Lazarian, 2 tel. +38(067)195-50-27, ORCID ID 0000-0003-1730-7642

^{2*} Department of construction industry and geodesy, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, 49010, Dnepropetrovsk, st ak. Lazarian, 2 tel. +38(067)560-18-38, stroitel-p_dnepr@mail.ru

Summary. Raising of problem. Concrete advisable to obtain a low strength with local secondary resources for recycling and reduce the environmental burden on the environment. But it is important to design such concrete compositions with a reduced flow of cement. It is known that the coefficient of efficiency of use of cement in the concrete of the heavy and B10 is less than about 0.5, which is almost two times smaller than in class B15 concrete and above. Even lower coefficient of efficiency in light concrete cement low strength. Therefore, it is important to find patterns determining the composition of lightweight concrete based on local-products industry with more efficient use of cement in them. **Purpose.** Based on the analysis of earlier research results, including with the use of methods of mathematical planning of experiments to determine the concrete contents, which can provide the requirements for the underlying layers of the floor, the compressive strength of which should correspond to the class B5. It is important to provide the required strength at minimum flow of the cement, which is the most expensive and energy-intensive part of concrete. **Conclusion.** Analysis of the test results of control samples of concrete in 28-day-old, the following laws. The required tensile strength of concrete compressive strength of 7.0 MPa can be obtained in the test range when used in formulations as a filler as the Dnieper hydroelectric power station fly ash and tailings Krivoy Rog iron ore YuGOK. To ensure providing the required characteristic strength of the concrete in the underlying layers of the floor is advisable to use a nominal composition per cubic meter of concrete: cement 160 kg granshlaka Plant named after Petrovsky, 675 kg of fly ash Dnieper HPP 390 kg, 400 kg of sand, 230 liters of water. Thus, while ensuring rational grain composition components can obtain the desired strength lightweight concrete based granshlaka plant Petrovsky, using as fillers tailings Krivoy Rog iron ore YuGOK or fly ash Dnieper TPP. In order to ensure the required strength lightweight concrete class B5 based on local-products industry enough cement to 150 kg per cubic meter of concrete.

Keywords: *lightweight concrete secondary products industry, strength, density, wall material, cement*

Постановка проблеми. Бетони невисокої прочності необхідні в конструкціях зданий и сооружений в больших объемах. Например, для перегородок в жилых и общественных зданиях, подстилающих слоях полов необходимы штучные изделия с прочностью до 10 МПа, но как можно меньшей средней плотностью для снижения нагрузок на перекрытие. Кроме того, такие бетоны с низкой средней плотностью имеют хорошие звукоизоляционные свойства, что также весьма важно. Эти бетоны целесообразно получать с использованием местных вторичных ресурсов для их утилизации и снижения экологической нагрузки на окру-

жающую среду. Но при этом важно проектировать такие составы бетонов с пониженным расходом цемента. Эта проблема до сих пор не решена. Известно, что коэффициент эффективности использования цемента в тяжелых бетонах класса В10 и менее составляет примерно 0,5, что почти в 2 раза меньше, чем в бетонах класса В15 и выше. Еще ниже коэффициент эффективности использования цемента в легких бетонах низкой прочности. Поэтому важно найти закономерности определения составов легких бетонов на основе местных вторичных продуктов промышленности с повышенной эффективностью использования цемента в них.

Анализ публикаций по проблеме.

Проблемам утилизации в бетонах вторичных продуктов промышленности, особенно зол уноса тепловых электростанций, и эффективного использования цемента в таких бетонах посвящено много работ [1; 2; 5–8; 10–13]. Это одна из важнейших проблем бетоноведения. Важно определить необходимое количество каждой составляющей для обеспечения требуемых физико-механических характеристик при минимально необходимом количестве цемента. Исследователями предложено множество вариантов решения этой задачи.

Нами в основу определения составов бетонов, в том числе с вторичными компонентами местной промышленности, положен принцип обеспечения рационального зернового состава компонентов, при реализации которого существенно повышается эффективность использования цемента [3; 4].

Цель статьи. На основе анализа проведенных ранее результатов исследований, в том числе с применением методов математического планирования экспериментов, определить составы бетонов, которые могут обеспечить требования п. 5.4 СНиП 2.03.13-88 [9] к подстилающим слоям пола, а также некоторым стеновым штучным изделиям. В частности, в этих нормах для обеспечения нормированного теплоусвоения пола рекомендуется использовать легкий бетон стя-

жек, предел прочности, при сжатии которого должен соответствовать классу В5. При этом важно обеспечить требуемую прочность при минимальном расходе цемента, который является наиболее дорогой и энергоемкой составляющей бетона.

Основной материал исследований.

Легкий бетон стяжки, выполняемой для обеспечения нормированного теплоусвоения пола, по пределу прочности бетона на сжатие должен соответствовать классу В5. Следовательно, с учетом коэффициента вариации 0,135 и масштабного коэффициента для приведения прочности бетона в образцах с размером стороны куба 100 мм к прочности бетона в образце базового размера 150 мм, который в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-90 (табл. 5) равен 0,95, такой бетон должен иметь средний предел прочности на сжатие около 7,0 МПа.

Экспериментальные исследования по оптимизации составов и свойств бетонов проводили с применением методов математического планирования экспериментов. Все эксперименты проведены по ортогональному плану с тремя переменными. В качестве варьируемых факторов приняты расход применяемого цемента (Ц), воды (В) и добавки ПЛКП-2 (Д). Кодовые и натуральные значения варьируемых факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Кодовые и натуральные значения варьируемых факторов

| Код | Натуральные значения | | |
|-----|-------------------------|------------------------|------------------------|
| | Ц, кг (X ₁) | В, л (X ₂) | Д, % (X ₃) |
| -1 | 150 | 210 | 0,5 |
| 0 | 250 | 230 | 1,0 |
| +1 | 350 | 250 | 1,5 |

Расход цемента принят в килограммах, воды в литрах на кубометр бетона, а расход добавки ПЛКП-2 – в процентах от массы цемента. При изменении расхода цемента изменялся и расход золы уноса Приднeпровской ГРЭС так, чтобы сумма этих компонентов оставалась постоянной и равной 550 кг. А в отдельных экспериментах вместо золы уноса использовали в качестве наполнителя хвосты обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа. Таким образом, поддерживался рациональный зерновой состав компонентов бетонной смеси. Цемент

использовался активностью 39,8 МПа. Приняты постоянными расход на кубометр бетона: граншлака 675 кг, песка 400 кг.

На рисунке 1а представлены номограммы зависимости прочности бетона от варьируемых факторов при использовании в качестве наполнителя золы уноса Приднeпровской ГРЭС, а на рисунке 1б – хвостов обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа. На рисунке 2 представлены номограммы зависимости коэффициента эффективности использования цемента в бетоне 28-суточного возраста от тех же варьируемых

факторов.

Эффективность использования цемента стандартной активности во всем диапазоне исследований предела прочности бетона на сжатие в 28-суточном возрасте наибольшая при минимальном расходе воды, который в исследованиях составлял 210 литров на кубометр бетонной смеси. Удобоукладываемость бетонной смеси всех исследуемых составов, определяемая по осадке стандартного конуса, при изменении расхода воды в исследуемом диапазоне изменялась несущественно.

Кроме того, визуальными наблюдениями установлено, что бетонная смесь доста-

точно легко и быстро уплотнялась при воздействии стандартной вибрации при любом расходе воды в изменяемом диапазоне. Эта особенность бетонных смесей, вероятно, связана с тем, что в исследованиях использовались вторичные ресурсы с развитой пористой поверхностью. Поэтому водопотребность смесей значительно больше, чем тяжелых бетонов на песке и щебне. Но после достижения расхода воды на кубометр бетонной смеси свыше 200 литров она сохраняет достаточно хорошую удобоукладываемость при изменении расхода воды в пределах 50 литров.

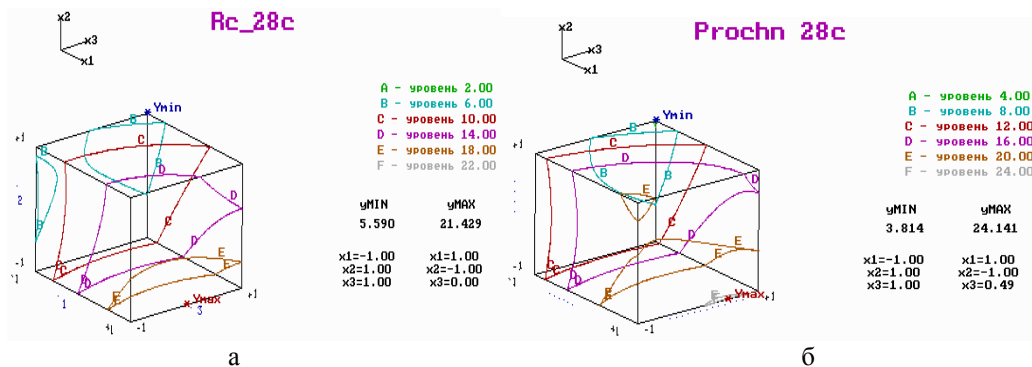


Рис. 1. Номограммы зависимости прочности бетона в 28-суточном возрасте от варьируемых факторов при использовании в качестве наполнителя: а – золы уноса Приднeпровской ГРЭС; б – хвостов обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа

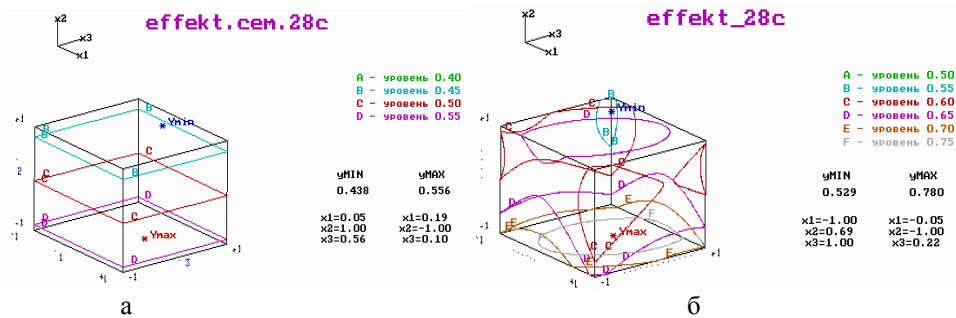


Рис. 2. Номограммы зависимости коэффициента эффективности использования цемента в бетоне 28-суточного возраста от варьируемых факторов при использовании в качестве наполнителя: а – золы уноса Приднeпровской ГРЭС; б – хвостов обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа

Учитывая, что в производственных условиях при укладке подстилающих слоев полов бетонная смесь легкого бетона укладывается тонким (4–8 см) слоем с использованием для уплотнения и заглаживания поверхности виброреек с частотой вибрации не ниже 50 Гц, целесообразно использовать бетонную смесь с расходом воды около 210 литров на кубометр бетонной смеси.

Расход применяемой пластифицирующей добавки менее существенно влияет на эффективность использования цемента. Но поскольку он несколько выше при ее расходе около 1% от массы цемента, то целесообразно использовать этот расход пластифицирующей добавки.

Эффективность использования цемента, как правило, возрастает по мере увеличения

его расхода на кубометр бетонной смеси. Но это увеличение несущественно. Кроме того, предел прочности затвердевшего бетона на сжатие наиболее существенно зависит от расхода цемента. Поэтому определять требуемые составы бетонов для конкретных условий необходимо из условий минимально необходимого расхода цемента для обеспечения требуемого предела прочности бетона на сжатие.

Диапазон поиска рациональных составов легкого бетона стяжки, выполняемой для обеспечения нормированного теплоусвоения пола в соответствии с требованиями п. 5.4 СНиП 2.03.13-88, который должен иметь средний предел прочности на сжатие 7,0 МПа, при использовании цемента активностью около 40,0 МПа, определим, воспользовавшись представленными на рисунках 1 и 2 зависимостями. При использовании в качестве заполнителя только граншлака завода имени Петровского и песка без керамзитового гравия, а в качестве добавки-наполнителя золы уноса Приднестровской ГРЭС, предел прочности на сжатие 7,0 МПа можно получить при минимальном в исследуемом диапазоне расходе цемента 150 кг на кубометр бетонной смеси при расходе воды – 210 литров на кубометр бетонной смеси и пластифицирующей добавки ПЛКП-2 от 0,5 до 1,5% от массы цемента (см. рис. 1а).

Как следует из представленных на этом рисунке зависимостей, предел прочности бетона на сжатие увеличивается при снижении расхода воды незначительно и остается примерно такой, как требуется для наших целей. Поэтому очевидно, что требуемый для наших целей предел прочности на сжатие 7,0 МПа можно получить при расходе воды от 210 до 230 литров, при котором обеспечивается достаточная удобоукладываемость бетонной смеси, и около 150 кг цемента на кубометр бетонной смеси. Для уточнения состава нижнюю границу расхода цемента можно принять около 140 кг на кубометр бетонной смеси.

Для получения этой же прочности при использовании в качестве добавки-наполнителя хвостов обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа расход цемента

требуется меньше минимального в исследуемом диапазоне расходе цемента 150 кг на кубометр бетонной смеси (см. рис. 1б). Расход воды требуется в диапазоне от 210 до 250 литров на кубометр бетонной смеси и пластифицирующей добавки ПЛКП-2 от 0,5 до 1,0% от массы цемента. Как следует из представленных на этом рисунке зависимостей, прочность бетона увеличивается при снижении расхода воды незначительно и остается примерно такой, как требуется для наших целей.

Поэтому очевидно, что требуемый для наших целей предел прочности бетона на сжатие 7,0 МПа можно получить при расходе воды от 210 до 250 литров, при котором обеспечивается достаточная удобоукладываемость бетонной смеси, и около 150 кг цемента на кубометр бетонной смеси. Для уточнения состава нижнюю границу расхода цемента можно принять около 130 кг на кубометр бетонной смеси. А уточнить минимально необходимый расход цемента для получения требуемого предела прочности бетона на сжатие необходимо в процессе проведения дополнительных исследований.

Учитывая вышеприведенный анализ результатов обработки экспериментальных исследований, выполненных с применением методов математического планирования экспериментов, определим составы для поиска и уточнения рациональных, которые можно использовать при устройстве подстилающих слоев пола для обеспечения нормированного теплоусвоения в соответствии с требованиями п. 5.4 СНиП 2.03.13-88. Этот бетон должен иметь средний предел прочности на сжатие 7,0 МПа, при использовании цемента активностью около 40,0 МПа. Эти составы и результаты определения предела прочности на сжатие контрольных образцов бетона в 28-суточном возрасте представлены в таблице 2 с использованием в качестве добавки-наполнителя золы уноса Приднестровской ГРЭС и хвостов обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа.

Анализом представленных в таблице 2 результатов испытания контрольных образцов бетона в 28-суточном возрасте установлены следующие закономерности. Требуе-

мый предел прочности бетона на сжатие 7,0 МПа можно получить в исследуемом диапазоне при использовании в составах в качестве наполнителя как золы уноса Приднепровской ГРЭС, так и хвостов обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа.

В процессе приготовления и укладки бетонных смесей на строительной площадке может изменяться влажность компонентов, трудно обеспечить точную дозировку ком-

понентов, могут влиять некоторые другие производственные факторы. Поэтому для гарантированного обеспечения требуемой нормативной прочности бетона в подстилающих слоях пола для обеспечения нормированного теплоусвоения в соответствии с требованиями п. 5.4 СНиП 2.03.13-88 целесообразно принять составы №2 и 5 из таблице 2.

Таблица 2

Составы и результаты их испытаний с использованием граншлака завода имени Петровского, золы уноса Приднепровской ГРЭС, хвостов обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа, цемента П/Б-Ш-400, активностью 40,5 МПа и добавки местного производства ПЛКП-2 (Д,% от массы цемента)

| № состава | Расход материалов на м ³ , кг | | | | | | | Уд-укл. ОК, см | Плотн., кг/м ³ | Предел прочн., R ₆ ²⁸ , МПа | 10 R ₆ ²⁸ /Ц |
|-----------|------------------------------------------|--------|-----------|------|-----|-----|-----|----------------|---------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------|
| | Ц | Хвосты | Граншлак. | Зола | П | В | Д,% | | | | |
| 1 | 130 | 420 | 675 | - | 400 | 230 | 1,0 | 1,5 | 1,75 | 7,7 | 0,59 |
| 2 | 150 | 400 | 675 | - | 400 | 230 | 1,0 | 1,0 | 1,73 | 8,9 | 0,59 |
| 3 | 170 | 380 | 675 | - | 400 | 230 | 1,0 | 1,0 | 1,76 | 10,2 | 0,6 |
| 4 | 140 | - | 675 | 410 | 400 | 230 | 1,0 | 1,5 | 1,78 | 7,3 | 0,52 |
| 5 | 160 | - | 675 | 390 | 400 | 230 | 1,0 | 1,5 | 1,77 | 8,2 | 0,51 |
| 6 | 180 | - | 675 | 370 | 400 | 230 | 1,0 | 1,0 | 1,72 | 8,9 | 0,49 |

Следовательно, при использовании в качестве добавки-наполнителя золы уноса Приднепровской ГРЭС целесообразно использовать такой номинальный состав на кубометр бетонной смеси: цемента 160 кг, граншлака завода имени Петровского 675 кг, золы уноса Приднепровской ГРЭС 390 кг, песка 400 кг, воды 230 литров. А при использовании в качестве добавки-наполнителя хвостов обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа целесообразно использовать такой номинальный состав на кубометр бетонной смеси: цемента 150 кг, граншлака завода имени Петровского 675 кг, хвостов обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа 400 кг, песка 400 кг, воды 230 литров. В производственных

условиях эти составы необходимо корректировать в зависимости от влажности используемых компонентов.

Выводы. 1. При обеспечении рационального зернового состава компонентов можно получить легкие бетоны заданной прочности на основе граншлака завода имени Петровского, используя в качестве наполнителей хвосты обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа или золы уноса Приднепровской ГРЭС.

2. Для обеспечения требуемой прочности легкого бетона класса В5 на основе местных вторичных продуктов промышленности достаточно 150 кг цемента на кубометр бетонной смеси.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Волженский А. В. Применение зол и шлаков в производстве строительных материалов / А. В. Волженский, И. Л. Иванов, Б. Н. Виноградов. – Москва : Стройиздат, 1984. – 216 с.
2. Иванов И. А. Легкие бетоны с применением зол электростанций / И. А. Иванов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1986. – 136 с.
3. Нетеса Н. И. Проектирование составов легких бетонов со вторичными ресурсами Днепровского региона / Н. И. Нетеса, Д. В. Паланчук // Наука та прогресс транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2010. – Вип. 33. – С. 180–184.
4. Нетеса Н. И. Легкие бетоны на основе граншлака завода им. Петровского / Н. И. Нетеса, Д. В. Паланчук // Наука та прогресс транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2010. – Вип. 35. – С. 156–161.
5. Панасюк В. А. Изменение основных физических характеристик бетона во времени / В. А. Панасюк, С. В. Сильченко, Н. О. Загорчменная // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. пр. – Одеса, 2013. – Вип. 51. – С. 203–207.

6. Панасюк В. А. Усталостная стойкость зрелого бетона в условиях многократного увлажнения-высушивания / В. А. Панасюк // Тенденции формирования науки нового времени : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конференции, 27-28 февраля 2013 г. / отв. ред. А. А. Сукиасян. – Уфа, 2014. – Ч. 4. – С. 183–187.
7. Панасюк В. А. Стойкость зрелых бетонов в условиях многократного замораживания и оттаивания / В. А. Панасюк, С. В. Сильченко, Н. О. Закорчменная // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. пр. – Одеса, 2014. – Вип. 53. – С. 274–278.
8. Пунагін В. Н. Проективання складів гідротехнічного бетону / В. Н. Пунагін, О. М. Пшінько, Н. М. Руденко. – Дніпропетровськ : Арт-Прес, 1998. – 192 с.
9. Полы : СНиП 2.03.13-88 / Гос. строит. комитет СССР. – Взамен СНиП II-В.8-71 ; введ. 1989-01-01. – Москва : Госстрой СССР, 1989. – 15 с.
10. Castel A. Bond strength between blended slag and Class F fly ash geopolymer concrete with steel reinforcement / Arnaud Castel, Stephen J. Foster // Cement and Concrete Research. – 2015. – Vol. 72. – June. – P. 48–53.
11. Feng N.-Q. High-strength and flowing concrete with a zeolitic mineral admixture / Feng Nai-Qian, Li Gui-Zhi, Zang Xuan-Wu // Cement, Concrete and Aggregates. – 1990. – Vol. 12, iss. 2. – P. 61–69.
12. Hydrophobic concrete using waste paper sludge ash / Hong S. Wong, Robert Barakat, Abdulla Alhilali, Mohamed Saleh, Christopher R. Cheeseman // Cement and Concrete Research. – 2015. – Vol. 70. – April. – P. 9–20.
13. Development lengths of high-strength self-consolidating concrete beams / Royce W. Floyd, Edmundo D. Ruiz, Nam H. Do, Blake W. Staton, and W. Micah Hale // PCI journal. – 2011. – Vol. 56, iss. 1. – P. 36–53.

REFERENCES

1. Volzhenskij A.V., Ivanov I.L. and Vinogradov B.N. *Primenenie zol i shlakov v proizvodstve stroitel'nykh materialov* [Application of ashes and slags in the building materials production]. Moskva: Stroyizdat, 1984, 216 p. (in Russian).
2. Ivanov I.A. *Legkie betony s primeneniem zol elektrostansij* [Easy concretes with the ashes use of power stations]. Moskva: Stroyizdat, 1986, 136 p. (in Russian).
3. Netesa N.I. and Palanchuk D.V. *Proektirovanie sostavov legkikh betonov so vtorichnymi resursami Dneprovskogo regiona* [Planning of easy concretes compositions with the secondary resources of the Dnepropetrovsk region]. *Nauka ta progress transport. Visnyk Dnipropetrovskogo natsionalnogo universytetu zaliznychnogo transportu imeni akademika V.Lazarjana* [Science and progress of transports. Bulletin of the Dnepropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan]. Dnipropetrovsk, 2010, pp. 180-184. (in Russian).
4. Netesa N.I. and Palanchuk D.V. *Legkie betony na osnove granshlaka zavoda im. Petrovskogo* [Easy concretes based on granite slag of Petrovskii plant]. *Nauka ta progress transport. Visnyk Dnipropetrovskogo natsionalnogo universytetu zaliznychnogo transportu imeni akademika V.Lazarjana* [Science and progress of transports. Bulletin of the Dnepropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan]. Dnipropetrovsk, 2010, iss. 33, pp. 156-161. (in Russian).
5. Panasyuk V.A., Silchenko S.V. and Zakorchemnaya N.O. *Izmenenie osnovnykh fizicheskikh kharakteristik betona vo vremeni* [Changing the basic physical characteristics of concrete in time]. *Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arhitektury* [Bulletin of the Odessa State Academy of Construction and Architecture]. Odessa, 2013, iss. 51, pp. 203-207. (in Russian).
6. Panasyuk V.A. *Ustalostnaya stojkost' zrelogo betona v usloviyakh mnogokratnogo uvlazhneniya-vysushivaniya* [Fatigue resistance of mature concrete under repeated wetting – drying]. *Tendentsii formirovaniya nauki novogo vremeni* [Trends in the formation of modern science]. Ufa, 2014, iss. 4, pp. 183-187. (in Russian).
7. Panasyuk V.A., Silchenko S.V. and Zakorchemnaya N.O. *Stojkost' zrelykh betonov v usloviyakh mnogokratnogo zamorazhivaniya i ottaivaniya* [Mature concrete resistance under repeated freezing and thawing]. *Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arhitektury* [Bulletin of the Odessa State Academy of Construction and Architecture]. Odessa, iss. 53, 2014, pp. 274-278. (in Russian).
8. Punagin V.N., Pshinko O.M. and Rudenko N.M. *Proektuvannia skladiv gidrotekhnichnogo betonu* [Planning of hydrotechnical concrete syllables]. Dnipropetrovsk: Art-Pres, 1998, 192 p. (in Ukrainian)
9. Gos. stroit. komitet SSSR. *Poly: SNiP 2.03.13-88* [Floors: State Building Code 2.03.13-88]. Moskva: Gosstroy USSR, 1989, 15 p. (in Russian).
10. Castel A. and Foster S.J *Bond strength between blended slag and Class F fly ash geopolymer concrete with steel reinforcement. Cement and Concrete Research.* 2015, vol. 72, pp. 48–53.
11. Feng Nai-Qian, Li Gui-Zhi and Zang Xuan-Wu. *High-strength and flowing concrete with a zeolitic mineral admixture. Cement, Concrete and Aggregates.* 1990, vol. 12, iss. 2, pp. 61-69.
12. Hong S.W., Barakat R., Alhilali A., Saleh M. and Cheeseman C.R. *Hydrophobic concrete using waste paper sludge ash. Cement and Concrete Research.* 2015, vol. 70, April 2015, pp. 9–20.
13. Royce W.F., Ruiz E.D, Do N.H, Blake W. Staton B.W. and Hale W.M. *Development lengths of high-strength self-consolidating concrete beams. PCI journal.* 2011, vol. 56, iss. 1, pp. 36-53.

Рецензент: д-р т. н., проф. С. А. Щербак

Надійшла до редколегії: 7.10.2015 р. Прийнята до друку: 17.10.2015 р.

АРХІТЕКТУРА

УДК 728.536:625.712.14

ОСОБЛИВОСТІ ЗВЕДЕННЯ ШВИДКОСПОРУДЖУВАНИХ
МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ ІЗ БЛОК-МОДУЛІВ В УКРАЇНІДЬЯЧЕНКО Л. Ю.^{1*}, к. т. н., доц.,ДЬЯЧЕНКО О. С.^{2*}, асп.,МАЛАШЕНКО А. С.³, студ.

^{1*} Кафедра планування та організації виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел.+38 (056)756-33-65, e-mail:olya_d1@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4499-2278

^{2*} Кафедра архітектури, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 756-33-32, e-mail:arh_dyachenko@ukr.net, ORCID ID:0000-0002-2591-3277

³ Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, e-mail:olya.riznichenko2011@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0001-9169-6602

Анотація. Постановка проблеми. На будівельному ринку України з'являються нові матеріали, сучасні технології, що дозволяють у більшості випадків значно скоротити час зведення високоякісних будівель. Індустріальне малоповерхове будівництво набирає свої оберти у зв'язку з низкою проблем, що виникли в Україні: розвитком будівництва в замських зонах; необхідністю зведення будівель в зонах бойових дій в найкоротші строки і мінімальною вартістю; зведення постів дорожньо-патрульних служб. **Мета статті** – аналіз застосування швидкоспоруджуваних модульних систем, технології будівництва із блок-модулів індустріального виготовлення, які забезпечують скорочення трудовитрат і строків виконання будівельних робіт із метою розвитку будівництва малоповерхових будівель в Україні. **Висновок.** Проведено аналіз будівництва малоповерхових будівель із блок-модулів, на основі якого можна визначити ряд переваг над капітальним будівництвом: надшвидкий монтаж-демонтаж конструкцій та темпи будівництва; універсальність блок-модулів і можливість перепрофілювання, розширення модульної будівлі; економічна вигода.

Ключові слова: будівництво, малоповерхові будівлі, блок-модуль, модульна будівля, швидкоспоруджувані будівлі

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА БЫСТРОВЗВОДИМЫХ
МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ ИЗ БЛОК-МОДУЛЕЙ В УКРАИНЕДЬЯЧЕНКО Л. Ю.^{1*}, к. т. н., доц.,ДЬЯЧЕНКО О. С.^{2*}, асп.,МАЛАШЕНКО А. С.³, студ.

^{1*} Кафедра планирования и организации производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056)756-33-65, e-mail: olya_d1@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4499-2278

^{2*} Кафедра архитектуры, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056)756-33-32, e-mail:arh_dyachenko@ukr.net, ORCID ID:0000-0002-2591-3277

³ Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, e-mail:olya.riznichenko2011@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0001-9169-6602

Аннотация. Постановка проблемы. На строительном рынке Украины появляются новые материалы, современные технологии, позволяющие в большинстве случаев значительно сократить время возведения высококачественных зданий. Индустиальное малоэтажное строительство набирает свои обороты в связи с рядом проблем, возникших в Украине: развитием строительства в загородных зонах; необходимостью возведения зданий в зонах боевых действий в кратчайшие сроки и минимальной стоимости; возведения постов дорожно-патрульных служб. **Цель статьи** – анализ применения быстровозводимых модульных систем, технологии строительства из блок-модулей индустиального изготовления, обеспечивающих сокращение трудовых затрат и сроков выполнения строительных работ с целью развития строительства малоэтажных зданий в Украине. **Вывод.** Проведен анализ строительства малоэтажных зданий из блок-модулей, на основе которого можно определить ряд преимуществ над капитальным строительством: сверхбыстрый монтаж-демонтаж конструкций и темпы строительства; универсальность блок-модулей и возможность перепрофилирования, расширение модульного здания; экономическая выгода.

Ключевые слова: строительство, малоэтажные здания, блок-модуль, модульное здание, быстровозводимые здания

BASIC FEATURES OF PREFABRICATED CONSTRUCTION LOW-RISE BUILDINGS OF THE BLOCK-MODULES IN UKRAINE

DYACHENKO L. Y.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Ass.Prof.*,

DYACHENKO O. S.^{2*}, *Asist.*,

MALASHENKO A. S.³, *stud.*

^{1*} Department of Planning and Organization of Production, State Higher Education Establishment «Pridneprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38 (056)756-33-65, e-mail: olya_d1@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4499-2278

^{2*} Department of Architecture, State Higher Education Establishment «Pridneprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-32, e-mail: arh_dyachenko@ukr.net, ORCID ID:0000-0002-2591-3277

³ State Higher Education Establishment «Pridneprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, e-mail: olya.riznichenko2011@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0001-9169-6602

Summary. Raising of problem. In the construction market of Ukraine, there appear new materials and technology, which allow significant reduce the time of construction saving high quality of the buildings. Industrial low-rise construction is raising in connection with a number of problems that have arisen in Ukraine: development of construction in suburban areas; the need for the construction in areas of combat operations in the shortest possible time and at minimum cost; of construction information of traffic police officers posts. **The purpose of the article is** analysis of the use of prefabricated modular systems, construction technology of the block-modules of industrial manufacturing, ensuring the reduction of labor costs and timing of construction works in order to promote the construction of low-rise buildings in Ukraine. **Conclusion.** The analysis of the construction of low-rise buildings of the block-modules was accomplished on the basis of which we can determine a number of advantages at the capital construction: extra-fast assembly-disassembly of structures and the pace of construction; universal nature of block-modules and the possibility of conversion and expansion of modular buildings; economic benefits.

Keywords: construction, low-rise building, block-modules, modular building, prefabricated buildings

Постановка проблеми. Індустріальне малоповерхове будівництво набирає свої оберти у зв'язку з низкою проблем, що виникли в Україні: розвитком будівництва в замських зонах, необхідністю зведення будівель у зонах бойових дій в найкоротші строки і мінімальною вартістю, зведення постів дорожньо-патрульних служб.

Також на даний час дуже мало будується готелів і мотелів з недорогими номерами, які володіють всім необхідним сервісом для коротких зупинок мандрівників або транзитних пасажирів в аеропортах і на вокзалах.

У зв'язку з цим в Україні актуальне зведення швидкоспоруджуваних малоповерхових будівель із блок-модулів контейнерного типу.

Для зведення малоповерхових будівель із блок-модулів не потрібно безлічі проектної документації та погоджень на встановлення таких будівель, оскільки вони будуть кваліфікуватися як тимчасові і контейнерного типу, але з функціональним наповненням, відповідним капітальним будовам.

Всі вищезазначені актуальні проблемні питання можливо буде успішно вирішити шляхом буді-

вництва повнозбірних будівель високої заводської готовності модульного типу з поліпшеними теплотехнічними й експлуатаційними характеристиками

Мета статті – аналіз застосування швидкоспоруджуваних модульних систем, технології будівництва із блоків-модулів індустріального виготовлення, які забезпечують скорочення трудовитрат і строків виконання будівельних робіт із метою розвитку зведення малоповерхових будівель в Україні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Переваги зведення швидкоспоруджуваних малоповерхових будівель із блоків-модулів перед будівництвом капітальних споруд очевидні. Головним чином, приваблює можливість створювати практично будь-які приміщення, швидкий монтаж у будь-який час року, їх мобільність при відносно низьких цінах.

Унікальна технологія модульного будівництва була розроблена в США понад півстоліття тому і від тоді постійно вдосконалюється і оптимізується, забезпечуючи ефективність і економічність будівництва.

У Сполучених Штатах Америки, за офіційною статистикою, обсяги модульного будівництва за останні 10 років зросли більше ніж удвічі. Головні причини цього – висока швидкість і економічність модульного виробництва.

Будівництво малоповерхових будівель із застосуванням модульної технології активно ведеться в Канаді (в тому числі і за Полярним колом), в Європі (особливо в Скандинавських країнах) і на інших континентах.

На відміну від старих методів, основна частина процесу модульного будівництва відбувається не просто неба, а в заводських умовах, у приміщенні, захищеному від впливу несприятливих кліматичних умов.

У нашій країні технологія модульного будівництва може широко застосовуватися для будівництва доступного житла в містах і сільській місцевості, для оперативного зведення зручних і недорогих будинків для переселенців, у місцях катастроф, для будівництва вахтових селищ, військових казарм тощо. Використовуючи універсальні конструкції, можна будувати комерційні та промислові об'єкти: мотелі, магазини, ресторани, офіси, склади, ангари та ін.

Задля досягнення означеної мети виконано такі завдання:

1. Досліджено закордонний та вітчизняний досвід застосування швидкосторуджуваних модульних систем.

2. Проведено пошук найбільш раціональних конструктивно-технологічних рішень, оснований на застосуванні швидкосторуджуваних блок-модулів повної заводської готовності.

3. Проаналізовано характеристики швидкосторуджуваних малоповерхових будівель із блок-модулів.

Виклад основного матеріалу. З огляду на актуальність проблеми досліджено застосування унікальної технології будівництва – технології швидкосторуджуваного модульного будівництва із блок-модулів контейнерного типу.

Швидкосторуджувані модульні готелі, мотелі та інші малоповерхові будівлі будуються зі збірних конструкцій і складаються з блок-модулів (або блок-контейнерів), які

служать базовим модулем для зведення всіх видів будівель (рис. 1 – 3).

Блок-модулі — це універсальні конструкції з міцного металевого каркаса та огорожувальних елементів, які мають закритий внутрішній простір невеликої площі, придатний для використання в побуті і промисловості [3].



Рис. 1. Швидкозведений модульний готель на 33 номери



Рис. 2. Офісна будівля з блок-модулів контейнерного типу



Рис. 3. Житловий будинок із блок-модулів

Відмінні особливості малоповерхових будівель, зведених за технологією модульного будівництва з блок-модулів для швидкосторуджання готової будівлі [1; 2; 5; 8–11]:

1. Міцний металевий каркас і стіни із сендвіч-панелей з готовим внутрішнім та зовнішнім оздобленням швидкоспоруджуваних будівель дозволяє монтувати модульну малоповерхову будівлю до трьох поверхів.

2. Відсутність необхідності в стаціонарних фундаментах. Будівля може бути встановлена на будь-яку рівну площадку.

3. Невеликі габарити і вага блок-модуля в зібраному стані, що дозволяють перевозити кілька модулів звичайним вантажним автотранспортом.

4. Монтаж модульних швидкоспоруджуваних будівель і конструкцій може проводитись із мінімальним рівнем технічних навичок.

5. Можливість перенесення модульної будівлі без повного демонтажу (розбирання на окремі блок-модулі).

6. Зміна внутрішнього планування з додаванням або видаленням перегородок, вікон, дверей та іншого функціонального оснащення.

7. Необмежені можливості зовнішнього і внутрішнього оформлення.

8. Різні варіанти утеплення дозволяють експлуатувати мобільні будівлі навіть в умовах Крайньої Півночі.

Експлуатація універсальних блок-модулів швидкоспоруджуваних будівель можлива в широкому діапазоні температур (від -45 до $+45^{\circ}\text{C}$), практично в будь-яких кліматичних умовах. Температурні межі визначаються товщиною теплоізоляційного шару.

Розміри блок-модулів у різних виробників відрізняються, однак, у будь-якому випадку, для зручності транспортування блоки-контейнери виконуються в габаритах залізничного транспорту.

Стандартна довжина модуля 6–7 м, ширина – 2,5–3 м, висота – 2,5–3 м.

На бажання замовника завжди можливе виготовлення модулів нестандартних розмірів.

Вартість модульного будинку визначається виходячи з вартості одного квадратного метра та наявності додаткового

обладнання і багато в чому залежить від матеріалів, які застосовувалися.

Основнийносійний елемент блок-модуля – прямокутний високоміцний каркас, зазвичай зварений з металевих профілів. Він має вертикальні стійки й горизонтальні прогони для кріплення зовнішньої і внутрішньої обшивки, для встановлення вікон, дверей і внутрішніх перегородок. Металеві елементи каркаса для підвищення довговічності і надійності обробляються антикорозійним покриттям, а дерев'яні частини каркаса – вогнезахисною речовиною.

Огороджувальні конструкції або стіни блок-модулів можуть бути зроблені із збірних конструкцій, що виконуються прямо на готовому каркасі, чи з виготовлених на заводі сендвіч-панелей. Вибір утеплювача залежить від потреб і можливостей замовника.

Основні елементи утеплення та оздоблення стін – якісні та екологічно чисті будівельні матеріали: утеплювач (мінераловатна плита та пінополістирол), оздоблення (гіпсокартонні, OSB плити та супердифузійні мембрани), сендвіч-панелі (для будівництва промислових об'єктів) [10].

Зовнішня обробка стін може бути найрізноманітнішою — від фарбування спеціальним лаком чи фарбою до декоративних панелей з імітацією деревини, каменю або іншого матеріалу.

Для внутрішньої обробки швидкозведеної будівлі може використовуватися будь-який матеріал, призначений для цих цілей. На покриття підлоги – дошки, лінолеум, керамічна плитка, ламінат тощо, стелі можуть бути підвісні, рейкові або накладні. Стіни обшиваються вагонкою, панелями МДФ, рейкою ПВХ, можна використовувати гіпсокартон, обклеювати шпалерами.

Удвоверхових модульних будівлях устанавлюються сходи.

Для комфортного життя і роботи в модульних будівлях блок-модулі обладнуються всіма інженерними комунікаціями: електрикою, водопроводом, каналізацією та вентиляцією. Це може відбуватися або в заводських умовах у процесі виготовлення

блок-контейнерів, або безпосередньо на місці встановлення в момент складання. Як джерела опалення найчастіше використовуються масляні обігрівачі.

За комфортністю і наявністю необхідного обладнання модульні будівлі практично не відрізняються від звичайних капітальних будов.

Висновки. Основні переваги модульних малоповерхових будівель такі:

1. Малоповерхові будівлі, зведені за технологією швидко споруджуваного модульного будівництва з блоків-модулів контейнерного типу, за необхідності швидко складаються і не вимагають масштабних будівельних робіт.

2. Модульні конструкції можуть бути встановлені практично на будь-якій поверхні: на бетонних плитах, щелепному покритті або безпосередньо на ґрунті.

3. Можливість зміни поверховості та розширення швидкоспоруджуваної модульної малоповерхової будівлі у змінних умовах.

4. За необхідності швидкозведена малоповерхова будівля може бути перенесена на нове місце, що дозволяє заощадити час і фінанси інвесторів.

5. Експлуатація універсальних блокомодулів швидкоспоруджуваних будівель можлива в широкому діапазоні температур (від -45 до +45⁰С), практично в будь-яких кліматичних умовах. Температурні межі визначаються товщиною теплоізоляційного шару.

6. Зведення вищезазначених малоповерхових будівель із блок-модулів наразі вигідне інвесторам і підприємцям завдяки:

- створенню малобюджетних малоповерхових будівель і зон відпочинку;
- мінімальним термінам монтажу;
- універсальності блок-модулів і можливості перепрофілювання, розширення модульної будівлі;
- можливості перенесення будівель на інший майданчик і навіть в інший регіон із мінімальними витратами.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Адам Ф.-М. Совершенствование технологии строительства модульных быстровозводимых малоэтажных зданий (на примере фирмы "БУК" Германия) : автореф. дис. на соискание учен. степ. канд. техн. наук : спец. 05.23.08 „Технология и орг. стр-ва" / Адам Франк-Михаэль ; [С.-Петербур. гос. архитектур.-строит. ун-т.]. – Санкт-Петербург, 2001. – 21 с. : ил.
2. Адам Ф.-М. Техническая диагностика и мониторинг при строительстве и эксплуатации быстровозводимых модульных зданий с учетом критериев безопасности и качества : автореф. дис. на соискание учен. степ. д-ра техн. наук : спец. 05.23.08 „Технология и орг. стр-ва" / Адам Франк-Михаэль ; [С.-Петербур. гос. архитектур.-строит. ун-т.]. – Санкт-Петербург, 2005. – 33 с. : ил.
3. Адам Ф.-М. Совершенствование технологии сооружения быстровозводимых блок-модульных зданий / Адам Ф.-М. // Монтажные и специальные работы в строительстве. – 2005. – № 7. – С. 15–16.
4. Теория и практика использования быстровозводимых зданий / [Асаул А. Н., Казаков Ю. Н., Быков В. Л., Князь И. П., Ерофеев П. Ю.]. – Санкт-Петербург : Гуманистика, 2004. – 472 с.
5. Технология возведения полносборных зданий / А. А. Афанасьев, С. Г. Арутюнов, И. А. Афонин, Ю. А. Вильман, Е. А. Король, Г. К. Соколов, А. М. Тауенис. – Москва : Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2000. – 361 с. : ил.
6. Дорошенко Д. Каркасный дом по канадской технологии / Денис Дорошенко. – Санкт-Петербург : Питер, 2011. – 208 с. – (Современный домострой).
7. Самойлов В. С. Строительство каркасного дома / Самойлов В. С., Левадный В. С. – Москва : Аделант, 2009. – 352 с.
8. Бадьин Г. М. Современные технологии строительства и реконструкции зданий / Бадьин Г. М., Сычев С. А. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2013. – 288 с.
9. Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення. ДБН В.2.2-9-2009 / М-во регіон. розвитку, буд-ва та житлово-комунал. госп-ва України. – [Чинні з 2010–07–01]. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 47 с. – (Державні будівельні норми України).
10. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2006 / М-во регіон. розвитку, буд-ва та житлово-комунал. госп-ва України. – [На заміну СНиП II-3-79 ; чинні від 2007–04–01]. – Київ, 2006. – 65 с. – (Державні будівельні норми України).
11. Теплова ізоляція будівель : зміна №1 до ДБН В.2.6-31:2006 від 1 липня 2013 року / М-во регіон. розвитку, буд-ва та житлово-комунал. госп-ва України. – Режим доступу:

http://www.niisk.com/files/teplova_izoljacija_budivel_ost_19_04_2013.pdf.

12. Anderson M. Prefab prototypes: Site-specific design for offsite construction / Anderson M., Anderson P. – New York : Princeton Architectural Press, 2007. – 64 p.
13. Knaack U. Prefabricated systems: Principles of construction / Knaack U., Chung-Klatte Sh., Hasselbach R. – Berlin : Walter De Gruyter, 2012. – 133 p.

REFERENCES

1. Adam F.M. *Sovershenstvovanie tehnologii stroitelstva modulnyh bystrovozvodimyh maloetaznyh zdaniy: na primere firmy "BUK" Germaniy* [The improving building technology of modular low-rise buildings: on example of the company "BUK" Germany] *Avtoref. dis. na soisk. uchen. step. k.t.n. Spec. 05.23.08* [Author's abstract of Cand. Sc. (Tech.) Dissert. 05.23.08]. Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, 2001, 21 p. (in Russian).
2. Adam F.M. *Tekhnicheskaya diagnostika i monitoring pri stroitelstve i ekspluatatsii bystrovozvodimyh modulnyh zdaniy s uchetom kriteriev bezopasnosti i kachestva* [Technical diagnostics and monitoring while construction and operation of prefabricated modular buildings accordingly the criteria of safety and quality] *Avtoref. dis. na soisk. uchen. step. d-ra tehn. nauk specialnost 05.23.08. Tehnologiya i org. str-va* [Author's abstract of Dr. Sc. (Tech.) Dissert. Technology and Organisation of construction]. Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, 2005, 33 p. (in Russian).
3. Adam F.M. *Sovershenstvovanie tehnologii sooruzheniya bystrovozvodimyh blok-modulnyh zdaniy* [Improving the construction technology of prefabricated block modular buildings]. *Montazhnye i specialnye raboty v stroitelstve* [Installation and special works in construction]. 2005, no. 7, pp. 15 – 16. (in Russian).
4. Asaul A.N., Kazakov Yu.N., Bykov V.L., Knyaz I.P. and Erofeev P.Yu. *Teoriya i praktika ispolzovaniya bystrovozvodimyh zdaniy* [Theory and practice of the prefabricated buildings use]. Sankt-Peterburg: Gumanistika, 2004, 472 p. (in Russian).
5. Afanasev A.A., Arutyunov S.G., Afonin I.A., Vilman Yu.A., Korol E.A., Sokolov G.K. and Tauenis A.M. *Tekhnologiya vozvedeniya polnosbornykh zdaniy* [The technology of prefabricated buildings construction]. Moskva: Izd-vo Assoc. stroit. vuzov, 2000, 361 p. (in Russian).
6. Doroshenko D. *Karkasnyy dom po kanadskoy tehnologii* [The frame house on the Canadian technology]. Sankt-Peterburg: Piter, 2011, 208 p. (in Russian).
7. Samoylov V.S and Levadnyy V.S. *Stroitelstvo karkasnogo doma* [Construction of the frame house]. Moskva: Adelant, 2009, 352 p. (in Russian).
8. Badin G.M. and Sychev S.A. *Sovremennyye tehnologii stroitelstva i rekonstrukcii zdaniy* [The modern technology of buildings construction and reconstruction]. Sankt-Peterburg: BHV-Peterburg, 2013, 288 p. (in Russian).
9. *Budynky i sporudy. Hromads'ki budynky ta sporudy. Osnovni polozennja. DBN V.2.2-9-2009*. [Housing and Construction. Civil Housing and Construction. Main Regulations. State Building Code V.2.2-9-2009.]. On 2010-07-01, Kyjiv: Minrehionbud Ukrainy, 2009, 47 p. (in Ukrainian).
10. *Konstrukciji budynkiv i sporud. Teplova izoljacija budivel': DBN V.2.6-31:2006* [Housing and Construction Structures. Thermal Isulation of Buildings: Building code V.2.6-31:2006]. *Ministerstvo rehional'noho rozvytku, budivnyctva ta zhylovo-komunal'noho hospodarstva Ukrainy* [Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Municipal Services of Ukraine]. *Na zaminu SNyP II-3-79 ; chynni vid 2007-04-01* [On change of State Building Code II-3-79, on 2007-04-01]. Kyjiv, 2006, 65 p. (in Ukrainian).
11. *Teplova izoljacija budivel'. Zmina №1 do DBN V.2.6-31:2006 vid 1 lypnja 2013 roku* [Thermal Isulation of Buildings. Change №1 to State Building Code V.2.6-31:2006 on 2013-07-01]. Available at: http://www.niisk.com/files/teplova_izoljacija_budivel_ost_19_04_2013.pdf (in Ukrainian).
12. Anderson M. and Anderson P. *Prefab prototypes: Site-specific design for offsite construction*. New York: Princeton Architectural Press, 2007, 64 p.
13. Knaack U., Chung-Klatte Sh. and Hasselbach R. *Prefabricated systems: Principles of construction*. Berlin: Walter De Gruyter, 2012, 133 p.

Рецензент: к. т. н., проф. О. В. Челноков

Надійшла до редколегії: 07.10.2015 р. Прийнята до друку: 17.10.2015 р.