

Міністерство освіти і науки України
Одеська державна академія будівництва та архітектури
Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка
Національної академії наук України
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
University of West Attica
Університет «Sjever» (Хорватія)

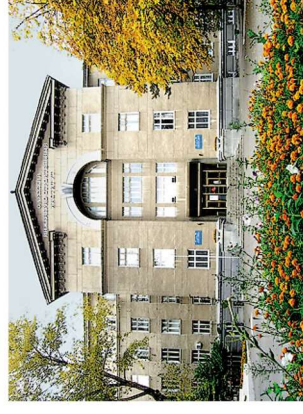
VI Міжнародна конференція

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ



ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Одеса, 20-24 травня 2019 року



Міністерство освіти і науки України
Одеська державна академія будівництва та архітектури
Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка
Національної академії наук України
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
University of West Attica
Університет «Sjever» (Хорватія)

VI Міжнародна конференція

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ**

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Одеса, 20-24 травня 2019 року

А 38 Актуальні проблеми інженерної механіки : тези доп. VI Міжнар. наук.-практ. конф. / під заг. ред. М. Г. Сур'янінова.. — Одеса : ОДАБА, 2019. — 393 с. ISBN 978-617-7195-87-9

ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Антоноук Н.Р. - технічний редактор журналу «Вісник ОДАБА», к.т.н., доцент, vestnik@ogasa.org.ua

Балдук П.Г. - відповідальний секретар конференції, к.т.н., професор кафедри будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури, pavel9baldoock@gmail.com

Зінковський А.П. - заст. директора з наукової роботи Інституту проблем міцності імені Г.С. Писаренка, д. т. н., професор, zinkovskii@ipp.kiev.ua

Клименко Є.В. - зав. каф. залізобетонних та кам'яних конструкцій Одеської державної академії будівництва та архітектури, д.т.н., професор

Вайсфельд Н.Д. - зав. каф. методів математичної фізики Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, д.ф.-мат.н., професор, mdttde@onu.edu.ua

Ковров А.В. - голова оргкомітету конференції, ректор Одеської державної академії будівництва та архітектури, к.т.н., професор, rector@ogasa.org.ua

Круглов В.Є. - директор Інституту математики, економіки та механіки ОНУ імені І.І.Мечникова, к.ф.-мат.н., професор, imem@onu.edu.ua

Крутій Ю.С. - проректор Одеської державної академії будівництва та архітектури, д.т.н., професор, yurii.krutii@gmail.com

Сур'янінов М.Г. - заступник голови оргкомітету конференції, зав. кафедри будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури, д.т.н., професор, sng@ogasa.org.ua

Харченко В.В. - директор Інституту проблем міцності імені Г.С. Писаренко Національної академії наук України, академік НАН України, д. т. н., професор, khar@ipp.kiev.ua

Шваб'юк В.І. - Луцький національний технічний університет, д.т.н., професор, Shvabyuk@lutsk-ntu.com.ua

Хендрік Досс - Професор університета прикладних наук м. Майнц (Німеччина), hendrik.doss@dosscom.de

Kyriazopoulos A. - Professor, University of West Attica, akyriazo@teiath.gr

Demakos K. - Professor, University of West Attica, cdemakos@gmail.com

Pnevmatikos N. - Associate Professor, University of West Attica, pnevma@teiath.gr

Milkovich Marin - rector of the University «Sjever», professor, rektor@unin.hr

УДК 621.01
А 38

ISBN 978-617-7195-87-9

© Одеська державна академія
будівництва та архітектури, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Azizov T., Tychyna P., Derkowski W., Jurkowska N. К расчету перекрытий из железобетонных многопустотных плит с учетом их крутильной жесткости	12
Антоненко Н.М., Ткаченко І.Г., Долгорукий П.Ю. Плоска термопружна деформація багатопорової основи з неідеальним тепловим контактом між шарами	16
Афонин В.В., Ерофеева И.В., Кондращенко В.И., Емельянов Д.В., Федорцов В.А. Принятие решений о качестве композиционных материалов, подвергавшихся температурным перепадам	20
Бабич С.Ю., Корниенко В.Ф., Дегтярь С.В., Швардак Т.М. Некоторые родственные в математическом плане осесимметричные задачи со смешанными граничными условиями для упругого слоя с начальными напряжениями	24
Бабич С.Ю., Дихтярук Н.Н., Случинский А.А., Шушарин Ю.В. О плоской задаче контактного взаимодействия упругого стрингера и двух полос с начальными напряжениями	26
Багно О.М., Щурук Г.І. Математичне моделювання впливу скінченних початкових деформацій на характеристики хвильового процесу в системі: нестисливий пружний шар - півпростір ідеальної стисливої рідини	27
Бажанова А.Ю., Маковкина Т.С., Чопенко С.В. Экспериментальные исследования свободных колебаний железобетонных и фибробетонных балок	29
Блажко В.В. Технологічний комплект обладнання для приготування сухих будівельних сумішей	31
Балдук П.Г., Курган А.Ю. Модель енергоспоживання будівлі	33
Банніков Д.О., Радкевич А.В., Нікіфорова Н.А. Конструктивна схема сталевго каркасу для будівель сейсмічних регіонів Індії	37
Баранова-Шишкова Л.И., Симпольская К.С., Звонарева Е.А., Гончаренко В.В. Исследование способов изготовления стекла и его физико-химические свойства	40
Бекирова М.М. Методика расчета стержней с учетом малых и больших эксцентриситетов	47
Березин Л. Н. Исследование условий отскока игл при кулировании	49
Бистров В.М., Декрет В.А., Зеленський В.С. Втрата стійкості шаруватого композитного матеріалу при стисканні поверхневим навантаженням	52
Васильченко А.В., Отрош Ю.А., Ковалев А.И. Оценка огнестойкости железобетонных балок с фиброармированием	55
Мартынов В.И., Ветох А.М. Явления самоорганизации в затвердевающей пенобетонной смеси	58

Чепурна С.М., Чепурна М.Є. Вплив аморфної форми кремнезему в складі високодисперсної крейди на гідратацію портландцементу	298
Твардовский И.А., Чучмай А.М. Определения несущей способности анкерных креплений в ребристых плитах перекрытия	300
Маткова А.В., Шваб'юк В.І., Фурс Т.В., Шваб'юк В.В. Вплив технологічних аспектів на утворення дефектів кристалічної структури монокристалів PbI ₂	302
Шваб'юк В.В., Ротко С.В., Гуда О.В., Ужегова О.А. Уточнений розрахунок усталених коливань круглих транслопних плит середньої товщини	305
Козьма О.І., Шил'яев О.С. Розробка та випробування металевих конструкцій для спасіння людей з висоти	309
Шинкевич Е.С., Линник Д.С. Повышение биостойкости арболитобетона добавками наномодификаторами	311
Яременко О.О., Яременко Н.О. Розрахунок підземної споруди із застосуванням програмного комплексу ANSYS	314
Бекшаев С.Я. Об оптимальной жесткости опор многопролетного продольно сжатого стержня	317
Плугін А.А., Бабій А.І., Плугін О.А., Борз'як О.С., Калюжна О.В. Вплив умов зберігання на електропровідність бетону	320
Валовой О.І., Єрьоменко О.Ю., Валовой М.О., Волков С.О. Прогини балок, армованих металевою арматурою, базальтопластиковою арматурою та з гібридним армуванням металевою та базальтопластиковою арматурою	324
Пасіка В.Р., Гембара Н.О. Аналізування важливих механізмів із внутрішньою привідною ланкою	327
Клименко Є.В., Сур'янінов М.Г., Гриньова І.І. Моделювання роботи кам'яного стовпа методом скінченних елементів у ПК ANSYS	331
Новский А.В., Новский В.А., Вивчарук В.В. Деформационная анизотропия известняка-ракушечника Одесского региона	332
Паливода О.А. Деякі аспекти щодо спільної роботи оболонки та ядра трубобетонних елементів зі зміцненим осердям	335
Гуртовий О.Г., Тинчук С.О., Андрушков В.І. Задачі деформування локальним навантаженням багатопшарових покриттів на жорсткій основі	339
Ковальчук С.Б., Горик А.В. Точное решение задачи упругого изгиба многослойной балки под действием нормальной равномерной нагрузки	341
Григор'єва Л.О. Резонансні коливання п'єзокерамічних циліндричних перетворювачів з врахуванням втрат енергії	345
Савчук П.П., Кашицький В.П., Малець В.М., Матрунчик Д.М., Кушнірук А.С. Вплив фізичних полів на функціональні властивості полімерних нанопаповнених епоксикомпозитів	349

ON THE OPTIMAL STIFFNESS OF THE SUPPORTS OF MULTI-SPAN LONGITUDINALLY COMPRESSED ROD

There are systems of hinge supports (including finite stiffness) of a multi-span rod that provide the maximum value of the critical force for a given number of supports. Among these systems, there are those in which an increase in the stiffness of any of the supports does not increase the critical force, and the reduction makes the critical force less. A method for determining the stiffness coefficients for all sets of such systems is proposed. The stiffness distribution between the supports of the optimal set for which the sum of the stiffness coefficients is minimal is also found.

УДК 691.32:625.142

ВПЛИВ УМОВ ЗБЕРІГАННЯ НА ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ БЕТОНУ

**Плугін А.А.¹, д.т.н., проф., Бабій А.І.², інж.,
Плугін О.А.¹, к.т.н., доц., Борзяк О.С.¹, к.т.н., доц.,
Калюжна О.В.¹, асп.**

¹Український державний університет залізничного транспорту

²ПрАТ «Гніванський завод спецзалізобетону»

Вступ. Рейки залізничних колій крім безпосереднього кочення ними колісних пар рухомого складу є складовими електричних кіл – сигнальних струмів систем сигналізації, централізації і блокування (СЦБ), а також тягового струму на електрифікованих ділянках залізниць. Для надійної роботи цих кіл рейки мають бути електрично ізольовані одна від одної та від землі. Звичайно це досягається ізолюючими деталями проміжних рейкових скріплень. Проте старіння, знос, засмічення гумових і полімерних ізолюючих деталей спричиняє, особливо у вологу погоду, різке падіння електричного опору ізоляції і, як наслідок – збої у роботі систем СЦБ, неприпустиму втрату тягового струму від його стікання у землю, електрокорозію металевих і залізобетонних конструкцій струмами витоку. Тому бетон підрейкових основ – шпал, плит безбаластного мостового полотна має бути не тільки стійким до механічних впливів, для чого застосовують навіть високо функціональні бетони, а й надавати свій внесок у забезпечення електричної ізоляції рейок між собою та від землі.

У розробленому авторами і нещодавно уведеному в дію ДСТУ Б В.2.6-209:2016 «Шпали залізобетонні попередньо напружені для залізниць колії 1520 і 1435 мм. Технічні умови» вперше в Україні було нормовано величину питомого електричного опору бетону для залізобетонних шпал, яка не має бути меншою 100 Ом×м, визначено порядок її контролю та методику

вимірювання за контрольними зразками.

Проте на заводах-виробниках залізобетонних шпал під час вихідного контролю цього показника відзначаються випадки його невідповідності нормованій величині з її досягненням у більш пізні терміни твердіння, характерні вже для експлуатаційних умов. Попередній аналіз показав, що це обумовлене в першу чергу тим, що методика вимірювання електричного опору відпрацьовувалась у той час, коли контрольні зразки бетону зберігались на стелажах у приміщенні заводської лабораторії або формувального цеху. В теперішній час згідно з чинними нормами зразки до 28-добового віку зберігаються у камерах нормального твердіння за температури $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ та відносної вологості повітря φ не менше 95 %. Це обумовлює актуальність проведення досліджень впливу умов зберігання зразків на питому електропровідність бетону та уточнення за результатами цього дослідження порядку її контролю та методики вимірювання.

Методика експериментальних досліджень. Дослідження проводили на зразках-кубах з розміром ребра $l = 100$ мм із бетону класу С32/40. Зразки піддавали тепловологісній обробці разом з конструкціями, після чого витримували у камері нормального твердіння. Дослідження розпочинали для різних серій зразків з їх віку (початкового) 3, 11 та 22 діб. Зразки витримували у різних температурно-вологісних умовах: - $t = 0-20^\circ\text{C}$, $\varphi = 10-90\%$ (в атмосферних умовах); - $t = 11-14^\circ\text{C}$, $\varphi = 76\%$ (у приміщенні); - $t = 16-18^\circ\text{C}$, $\varphi = 70-80\%$ (у приміщенні); - $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$, $\varphi = 95-100\%$ (у камері нормального твердіння); - $t = 60-70^\circ\text{C}$, $\varphi = 70-80\%$ (у приміщенні у контакті з джерелом тепла); - $t = 400^\circ\text{C}$ (у сушильній шафі).

Починаючи з вказаного терміну щодобово вимірювали масу кожного зразка m , г з точністю 0,5 г та його електричний опір R , Ом. За результатами вимірювань будували графіки залежності питомого електричного опору ρ та втрати маси Δm бетону від часу витримання зразків, питомого електричного опору ρ від втрати Δm маси та вологості W_m .

Результати експериментальних досліджень

В результаті аналітичного огляду літературних джерел та теоретичних досліджень встановлено, що електричний опір бетону як полідисперсної системи та капілярно-пористого тіла утворюється електричним опором твердої фази, що знаходиться в межах від 1×10^4 до 1×10^{10} Ом \times м, та рідкої фази – насиченого розчину $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (порового електроліту) 1,2–1,25 Ом \times м.

Поровий електроліт є провідником 2-го роду, у якому носієм електричного струму є іони Ca^{2+} та OH^- . У некапілярних порах та макрокапілярах бетону (розміром понад 1 та 0,1–1 мкм, відповідно) практично вся вода знаходиться у фізично зв'язаному стані, у мікрокапілярах (10–100 нм) та гелевих порах (менше 10 нм) фізично зв'язаної води 60–95 % та менше 60 %, відповідно. Іони фізико-хімічно зв'язаної води знаходяться у складі подвійних електричних шарів, зокрема, їх дифузної частини товщиною близько 1,1 нм, є малорухомими і їх впливом на електропровідність можна

зневажити. Отже, електричний опір бетону визначає в основному фізично зв'язана вода некапілярних пор та макрокапілярів.

На рис. 1 наведені графіки залежності питомого електричного опору бетону ρ від його віку T за різних умов зберігання: температури t та відносної вологості повітря ϕ . До вказаного віку 3, 11 або 22 доби зразки після ТВО зберігали в камері нормального твердіння за $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ і $\phi = 95\text{--}100\%$. Як видно із рис. 1, ці залежності добре апроксимуються ступеневими рівняннями. Після зберігання у камері нормального твердіння питомий електричний опір досліджених зразків не перевищував $50 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ незалежно від його віку. Всі режими зберігання за природних та кімнатних умов забезпечили зростання ρ із досягненням величини $100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

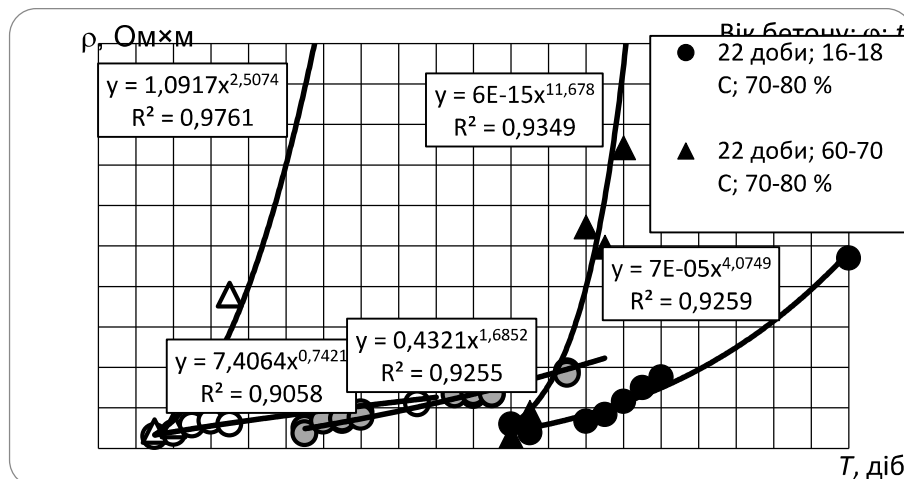


Рис. 1. Залежність питомого електричного опору бетону ρ від його віку T за різної температури зберігання t та відносної вологості повітря ϕ . До віку 3, 11, 22 дів всі зразки зберігали за $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ і $\phi = 95\text{--}100\%$

В результаті експериментальних досліджень встановлено, що одразу після тепловологісної обробки та подальшого зберігання за температури $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ і відносної вологості повітря ϕ понад 95% питомий електричний опір ρ бетону не перевищував $50 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ незалежно від його віку. Всі режими подальшого зберігання за природних та кімнатних умов забезпечили зростання ρ бетону із досягненням величини $100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$: у разі початкового віку 3 доби та зберігання за $16\text{--}18^\circ\text{C}$ – за 27 дів, $60\text{--}70^\circ\text{C}$ – за 3 доби; у разі початкового віку 11 дів та $0\text{--}20^\circ\text{C}$ – за 15 дів; у разі початкового віку 21 доба та $16\text{--}18^\circ\text{C}$ – за 10 дів, $60\text{--}70^\circ\text{C}$ – за 3 доби. При цьому $\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ досягався після втрати маси зразками $\Delta m = 0,3\text{--}0,53\%$ та за вологості бетону W не більшої $5,3\text{--}5,4\%$. Отже, у віці понад 1 місяць та за вологості не більшої 8% у разі

відсутності впливу таких факторів, як незв'язані у продукти гідратації добавки-електроліти або солі іншого походження, значна кількість циклів попереминого заморожування-відтавання, питомий електричний опір бетону має досягати величин понад 100 Ом×м. Тому прискорення досягнення величини ρ у віці бетону менше 1 місяця за рахунок режиму витримування для її вихідного контролю не призведе до експлуатації укладених в колію шпал, питомий електричний опір бетону яких є меншим 100 Ом×м.

На електричний опір бетону впливають його вологість, вік (ступінь закристалізованості продуктів гідратації та нейтралізації $Ca(OH)_2$), водоцементне відношення (міцність на стиск та морозостійкість), наявність незв'язаних добавок-електролітів та солей іншого походження (із заповнювачів), руйнівні впливи (кількість циклів попереминого заморожування-відтавання тощо). Питомий електричний опір бетону ρ понад 100 Ом×м забезпечується у віці понад 1 місяць за вологості W не більше 8 %. За W менше 1,5 %, за якої практично вся вода фізико-хімічно зв'язана у ПЕШ, ρ збільшується до величин понад 1×10^4 Ом×м, характерних для заповнювачів, клінкерних мінералів, кристалогідратів.

Внаслідок попереминого заморожування та відтавання ρ знижується, причому для бетонів марки з морозостійкості F200 та менше за кількість циклів, рівну марці з морозостійкості, до менше ніж 100 Ом×м. На нашу думку, це відбувається внаслідок утворення сполученої просторової системи тріщин, які не є критичними для міцності на стиск (її втрата знаходиться у межах 2–5 %), але через обводненість дуже впливових на ρ .

На електричний опір цементного каменю і бетону як дисперсних систем впливає потенціал вимушеної поляризації $U_{вп}$, який виникає внаслідок прикладення постійного зовнішнього потенціалу U та протилежний йому, і його повільного зникнення після вимкнення U . Так, за $U = 100$ В виявлено $U_{вп} = 3$ В, який після вимкнення U знижався до 1,2 В за 3 хв. Вимушена поляризація обумовлена поляризацією ПЕШ вздовж довгих капілярів внаслідок електроміграційного перенесення протиіонів ПЕШ у відповідному напрямку електричного поля та повільним поверненням у вихідний стан після припинення дії поля за рахунок їх дифузійного зворотного перенесення. Вимушена поляризація впливає на результати вимірювання електричного опору, для чого вимірювання має тривати до стабілізації показників приладу.

Висновки. В результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень встановлений вплив на питомий електричний опір бетону класу С32/40 залізобетонних шпал його вологості, віку, умов витримування після тепловологісної обробки, інших факторів. За результатами досліджень уточнено умови витримування зразків бетону перед вимірюванням його питомого електричного опору. Вимірювання електричного опору зразків бетону має проводитись після їх витримування у повітряно-сухих умовах за відносної вологості повітря не більше 75 % та температури повітря не нижче +18°C протягом не менше 7 діб.

THE INFLUENCE OF STORAGE CONDITIONS ON THE ELECTRIC CONDUCTIVITY OF CONCRETE

Theoretical and experimental investigations of the influence of concrete moisture, its age, holding conditions after its thermal moisture treatment and other factors on the specific electric resistance of the concrete of a C32/40 grade used for reinforced concrete sleepers have been carried out. The obtained research data allowed us to specify holding modes and the duration of them and these enable the generation of objective information on the specific electric resistance of the concrete used for the sleepers during their operation.

УДК 624.012.454

ПРОГИНИ БАЛОК АРМОВАНИХ МЕТАЛЕВОЮ АРМАТУРОЮ, БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВОЮ АРМАТУРОЮ ТА З ГІБРИДНИМ АРМУВАННЯМ МЕТАЛЕВОЮ ТА БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВОЮ АРМАТУРОЮ

**Валовой О.І., к.т.н., проф., Єрьоменко О.Ю., к.т.н., доц.
Валовой М.О., к.т.н., доц., Волков С.О., аспірант
ДВНЗ “Криворізький національний університет”, м. Кривий Ріг**

Підвищення надійності та довговічності конструкцій будівель та споруд є актуальною задачею сьогодення. Її вирішення пов'язано з використанням сучасних матеріалів властивості яких переважають властивості традиційних матеріалів за багатьма показниками. До таких матеріалів відноситься базальтопластикову арматуру. Остання, порівняно, недавно з'явилася на ринку будівельних матеріалів. До її основних переваг над металеву арматуру відносять: високу міцність на розтяг, легкість, корозійну та хімічну стійкість [1]. Висока корозійна стійкість, потенційно, дозволяє вирішити одну з основних проблем залізобетону – корозію арматури і, як наслідок, передчасний вихід конструкцій з ладу.

В нашій країні та за кордоном проведено низку експериментальних досліджень роботи бетонних конструкцій армованих базальтопластиковою арматурую. Встановлено, що виходячи з вимог за першою групою граничних станів немає жодних застережень до використання даного виду арматури в масовому будівництві. Стосовно другої групи граничних станів є певні перестороги. Даний вид арматури має модуль пружності в 3-4 рази менший ніж модуль пружності металеві арматури [1, 2]. Дана особливість характерна не тільки для базальтопластикової арматури, а і для будь-якої композитної арматури за виключенням вуглепластикової. В зв'язку з цим бетонні конструкції армовані базальтопластиковою арматурую виявляються більш

Наукове видання

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ

**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ
VI Міжнародної конференції**

Одеса, 20-24 травня 2019 року

(українською, російською та англійською мовами)

Підписано до друку 11.05.2019 р.
Формат 60×84/16 Папір офісний Гарнітура Times
Друк-різографія. Ум.-друк. арк. 22,84.
Наклад 300 прим. Зам. №19-24

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

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