



KAPITEL 13 / CHAPTER 13¹³ EXPERIMENTAL RESEARCH OF ELEMENTS OF ROD SYSTEMS ON VIBRATION CREEP

DOI: 10.30890/2709-2313.2025-41-07-029

Вступ

Бетон – один із тих матеріал, який володіє загальними властивостями повзучості. Під повзучістю розуміємо таку властивість матеріалу, як деформуватися при тривалій дії постійних у часі напружень після завершення пружного деформування в момент прикладання навантаження.

Вібраційні навантаження є одними з основних навантажень на бетонні та залізобетонні конструкції промислових і транспортних споруд.

На думку О.Я. Берга [1] фізико-хімічна природа виброповзучості полягає в мікроскопічних руйнуваннях бетону, що з'являються при першому навантаженні, створюють початкове руйнування матеріалу, яке має вирішальний вплив на міцність його при дії багаторазово повторюваного навантаження. У залежності від ступеня початкових руйнувань, які визначаються ступенем перевищення величини найбільших напружень кордону напруження тріщиностійкості матеріалу, тобто кордону R_t , потрібно різне число повторення навантаження до руйнування зразка. Другим важливим чинником, що визначає кількість циклів повторного навантаження, є амплітуда зміни навантаження від $\sigma_{\min}$ до $\sigma_{\max}$. Зі збільшенням характеристики асиметрії циклу підвищується межа витривалості. Він також висунув гіпотезу про залежність багаторазово повторюваного навантаження від рівня утворення мікротріщин в бетоні. У процесі прикладення повторного навантаження відбувається накопичення залишкових деформацій.

О. Б. Голишев і А. Н. Бамбура [2] розглядають, що при частоті навантаження 200–600 циклів за хвилину бетон зазнає інтенсифікації тривалого деформування

¹³ Authors: Buratynskyi Andrii

Number of characters: 16271

Author's sheets: 0,41



- так званої віброповзучості (динамічної повзучості), зумовленої тексотропністю гелевої фази цементного каменю. Рухливість цієї фази залежить від частоти, амплітуди навантаження та різниці інерційних сил гелю і заповнювача. Ординати кривої віброповзучості визначаються як добуток відповідних ординат звичайної повзучості на коефіцієнт ϕ_{bf} , що залежить від асиметрії циклу ρ , кількості циклів N , частоти ω та інших чинників.

Т.С. Каранфілов [3] висловлював наступну думку, що повзучість і віброповзучість бетону мають спільну природу, зумовлену двома основними процесами в цементному камені: в'язким плином гелевої фази та пружною деформацією кристалічного зростка з його мікроруйнуванням. Звичайна повзучість пов'язана переважно з першим процесом, тоді як віброповзучість - з другим, який активізується під дією циклічних навантажень. Вона є інтенсивнішою через перерозподіл напружень у кристалічному зростку, що призводить до перенапружень, ковзання кристалів і мікротріщин. Напружений стан поступово стабілізується, але при знятті навантаження виникає деформація післядії, а при новому циклі - процес повторюється з поступовим згасанням.

Таким, чином в інженерній практиці використовується феноменологічна теорія віброповзучості, яка базується на експериментальних даних про деформативні властивості матеріалу і використовує лабораторні характеристики. Ординати кривих віброповзучості або динамічної повзучості знаходять множенням відповідних ординат кривих статичної повзучості на деякий множник, який називають коефіцієнтом віброповзучості K_v .

12.1. Дослідження віброповзучості

Більшість дослідників вважають, що деформації віброповзучості доцільно виразити через деформації простої повзучості і параметри багаторазово повторюваного або вібраційного навантаження. З цією метою Т.С. Каранфіловим і В.М. Бондаренко було запропоновано ряд аналітичних залежностей між мірою віброповзучості $\gamma(t, \tau)$ і мірою простої повзучості $C(t, \tau)$ у вигляді:



$$\gamma(t, \tau, \omega, H) = K(\omega, H)C(t, \tau) \quad (1)$$

де $K(\omega, H)$ - коефіцієнт віброповзучості, що є функцією динамічних параметрів циклу напружень - частоти коливань ω і амплітуди коливань H .

Дослідні дані про віброповзучість дозволили В.М. Бондаренко [4] шукати коефіцієнт віброповзучості K_B у вигляді:

$$K_B = K_B(\omega, H) = e^{\zeta_0 \omega \eta_k \rho \eta_0}, \quad (2)$$

де ζ_0 , η_k , η_0 - параметри, що залежать від міцності, деформативності та інших властивостей матеріалів. Наприклад, для важкого бетону можна прийняти при $\rho=0,3$ [34]: $\zeta_0 = 8,6 \cdot 10^3$, $\eta_k=1$, $\eta_0=0,9$. Графіки прогинів балочок під статичним і динамічним навантаженням приведені ним на рис. 1.

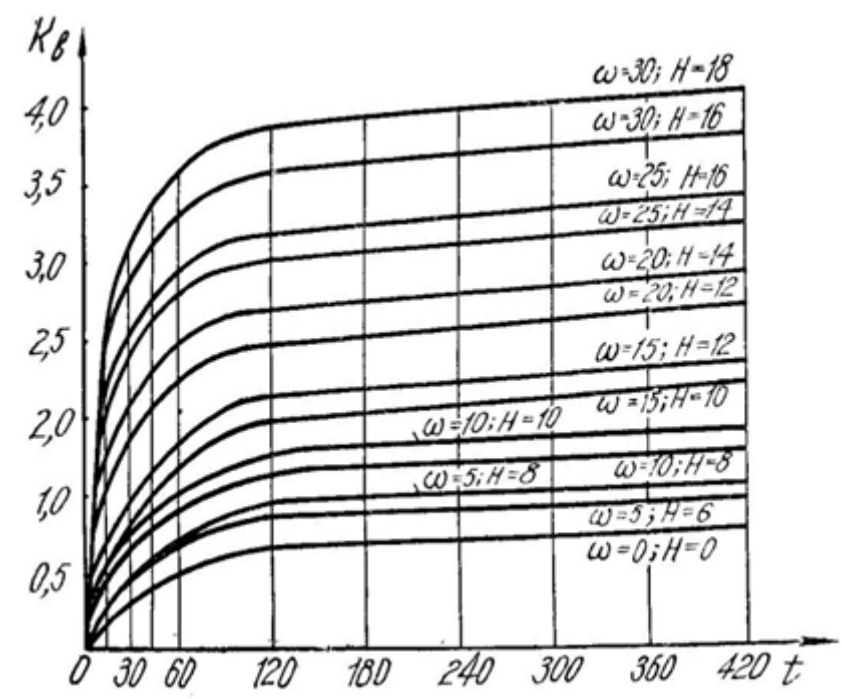


Рис. 1 - Прогини балочок під статичним і динамічним навантаженням

В.М. Бондаренко [4] вважає, що віброповзучість проявляється при одночасній дії вібраційних та статичних навантажень і виражається в підвищеному зростанні деформацій повзучості конструкцій в часі. Він рекомендує проводити розрахунок таких деформацій, який відрізняється від звичайного розрахунку тільки введенням коефіцієнта віброповзучості до міри повзучості в реологічних рівняннях механічного стану матеріалів:



$$\varepsilon(t, t_0) = \varepsilon_y(t, t_0) + \frac{S_M \left[\frac{\sigma(t)}{R(t)} \right]}{E_M^0(t)} - K_\varepsilon(\omega, H) \int_{t_0}^t S_M \left[\frac{\sigma(\tau)}{R(\tau)} \right] \frac{\delta}{\delta \tau} C^*(t, \tau) d\tau \quad (3)$$

Т. С. Каранфілов [5] один з перших провів експериментальні дослідження віброповзучості бетону. З його роботи [5] тут наводиться графік деформацій повзучості і віброповзучості бетону на рис. 2 а, б. За 245 діб спостереження віброповзучість перевищує повзучість приблизно в 1,9 разів.

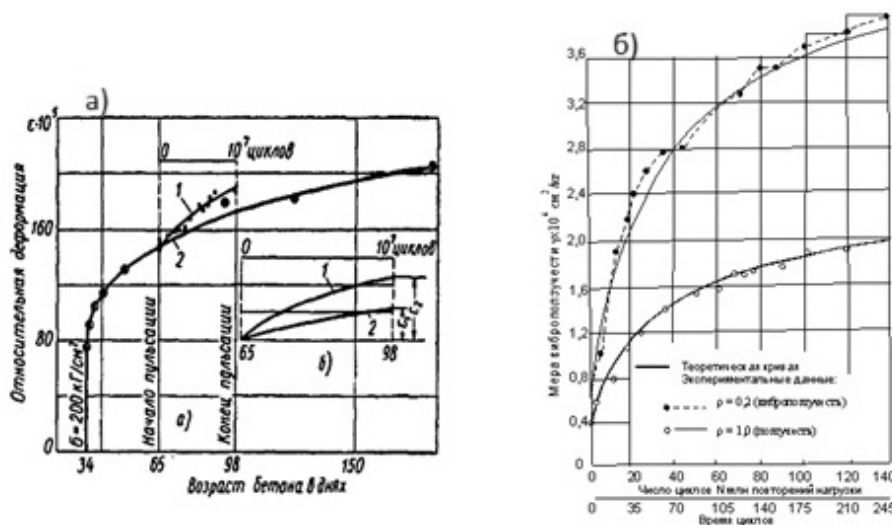


Рис. 2. а - деформація повзучості і віброповзучості призм:

1 - віброповзучість бетону, 2 – повзучість бетону;

б - віброповзучість і повзучість бетонних призм розміром 10х10х80 см

Т.С. Каранфілов запропонував вираз для міри віброповзучості бетону в зрілому віку у вигляді:

$$\gamma(t, \tau) = [0,5(1 + \rho) + \gamma_0(1 - \rho) \lg N] C(t, \tau), \quad (4)$$

де $\gamma(t, \tau)$ і $C(t, \tau)$ - міри віброповзучості і простої повзучості бетону відповідно (при $\sigma_{\max}$); ρ - динамічна характеристика циклу напруження; $\sigma_{\min}$ і $\sigma_{\max}$ - відповідно мінімальні і максимальні напруження в циклі; N - число циклів повторень навантаження; γ_0 - емпіричний коефіцієнт, що залежить від складу бетону і ряду інших чинників.

Перший додаток представляє собою питому деформацію повзучості бетону при середньому рівні напружень у циклі $\sigma_{cp} = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$, а другий - враховує



циклічну повзучість, викликану тільки багаторазовим додатком навантаження і залежить від величини амплітуди динамічних напружень.

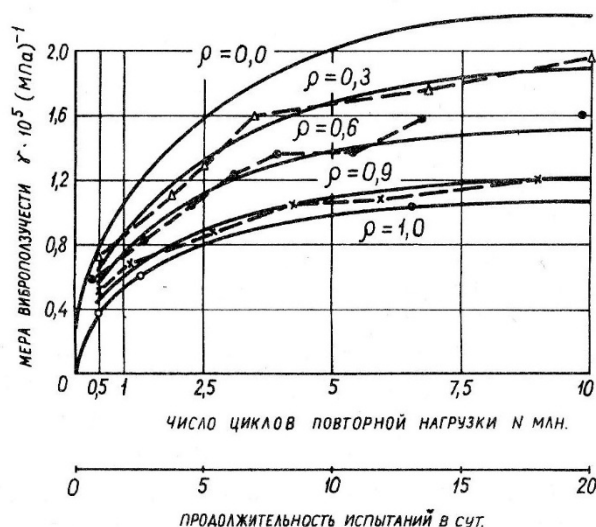


Рис. 3 - Вплив динамічної характеристики циклу напружень ρ на

віброповзучість бетону: $\sigma_{\max} = 150 \text{ кгм/см}^2$; $K = \frac{\sigma_{\max}}{R_{np}} = 0,44$; $\omega = 350 \text{ цикл/мин}$;

_____ теоретичні криві за формулою $\gamma(t, \tau, \omega, H) = K(\omega, H)C(t, \tau)$;

----- експериментальні криві

Зі зменшенням ρ перший доданок зменшується, а другий - збільшується, при цьому віброповзучість бетону в залежності від співвідношення чисельних значень доданків може збільшуватися або зменшуватися. Аналіз показує, що віброповзучість бетону зі зменшенням ρ збільшується при $\gamma_0 > \frac{0,5}{\lg N}$ і зменшується, коли $\gamma_0 < \frac{0,5}{\lg N}$. Якщо ж $\gamma_0 = 0,5$ то в цьому випадку віброповзучість не залежить від ρ (рис. 3).

Бетон проявляє істотну нелінійність віброповзучості, причому ступінь нелінійності деформацій віброповзучості при одному і тому ж рівні напружень вище, ніж простої повзучості.

О. Б. Голишев [6] вважає, що при дії багаторазово повторних навантаженнях, межа тривалої міцності бетону знижується ще більше, ніж при тривалій дії статичного навантаження. Межа міцності бетону знижується в



залежності від кількості циклів навантаження, величини максимального напруження $\sigma_{b,max}$ і характеристики циклу $\rho_b = \sigma_{b,min}/\sigma_{b,max}$.

Межа міцності бетону при дії багаторазово повторних навантажень називається межею витривалості. За межу витривалості бетону приймають максимальне напруження, яке зразок витримує при кількості циклів $= 2 \times 10^6$ або 10^7 . Для бетону база випробувань прийнята рівною 2×10^6 . Зі збільшенням її спостерігається постійне зниження межі витривалості, однак після 2×10^6 циклів зміни незначні. Кореляційний зв'язок між межею витривалості і міцності ним представлена у вигляді [6]:

$$R_{bf} / R_b = a - b \lg n \quad (5)$$

Дослідні дані свідчать, якщо багато разів повторно діючі напруження перевищують межу витривалості, хоча і не перевищують межу тривалої міцності, то при достатній повтореності циклів навантаження відбувається руйнування зразків. При цьому руйнують напруження (тривала динамічна міцність) тим нижчі і ближчі до межі витривалості, чим більше число циклів навантаження діяло на зразок.

12.2. Експериментальні дослідження елементів залізобетонних систем на повзучість і віброповзучість

Наведені експериментальні дослідження залізобетонних стояків на повзучість і віброповзучість, як елементів залізобетонних систем [8]. Залізобетонні стояки завдовжки 1,42 м з бетону класу C20/25 і C25/30 на тривалу дію статичного та вібраційного навантаження. Також з цим випробували контрольні зразки бетону на міцність, усадку, повзучість і віброповзучість.

Експерименти проведені з метою виявлення множника (коефіцієнта) віброповзучості бетону, а також встановлення аналітичних залежностей між відносною тривалою деформацією та статично-вібраційним навантаженням і для розробки відповідного алгоритму розрахунку.



Експеримент складався з двох серій. В першій серії - по одному стояку ставилося на статичну повзучість і віброповзучість, а також по три призми на усадку і статичну повзучість, ексцентриситет навантаження стояків склав 0 мм. В другій серії - все аналогічно, тільки додатково призми випробовувались ще на динамічну повзучість і ексцентриситет склав 5,4 мм.

Відносні деформації усадки бетону (рис. 5) характерні тим, що в початковий період часу після пропарювання спостерігалися коливання деформацій між негативними і позитивними значеннями, і тільки через 15 - 30 діб розпочався процес інтенсивного зростання деформацій усадки. Процес зміни в часі деформацій усадки вельми чутливий до змін вологості навколишнього повітря. При збільшенні вологості відбувається набухання бетону. До кінця спостережень, тобто у віці близько 800 діб, отримані граничні відносні деформації усадки бетону для першої серії $\varepsilon = 0,00018$ і для другої - 0,00016.

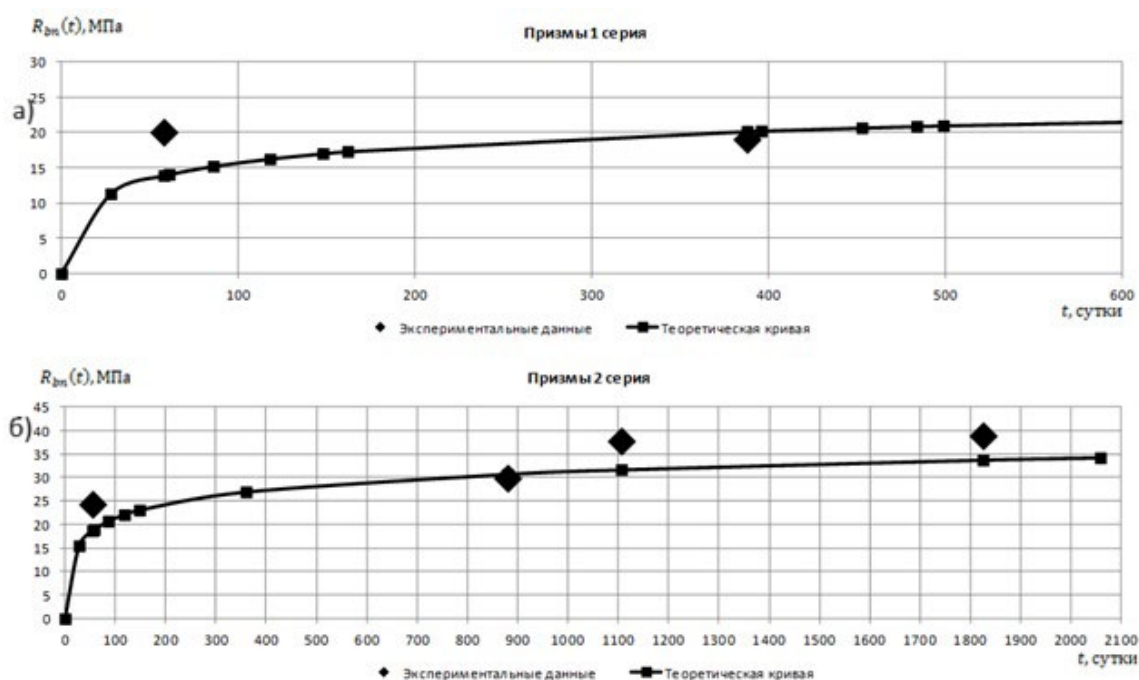


Рис. 4 - Зміна призової міцності бетону 1-ї (а) та 2-ї (б) серії в часі

Теоретична крива усадки бетону описана залежністю О.Б. Голишева [6]:

$$\varepsilon_{yc}(t) = \varepsilon_{yc}(\infty)(1 - e^{-\gamma_4 t}), \quad (6)$$

де $\varepsilon_{yc}(\infty)$ - гранична відносна деформація усадки; γ_4 - швидкість зростання



усадки дорівнює 0,007 і 0,006 1/діб для першої і другої серії відповідно.

Відносні деформації повзучості бетону були обчислені як різниця загальних тривалих деформацій та деформацій усадки і початкових пружно-миттєвих деформацій. За деформаціями повзучості були отримані характеристики повзучості $\varphi_c(t)$, що представляють собою відношення відносних деформацій повзучості до початкових пружно-миттєвих деформацій. Графіки характеристики повзучості представлені на рис. 6.

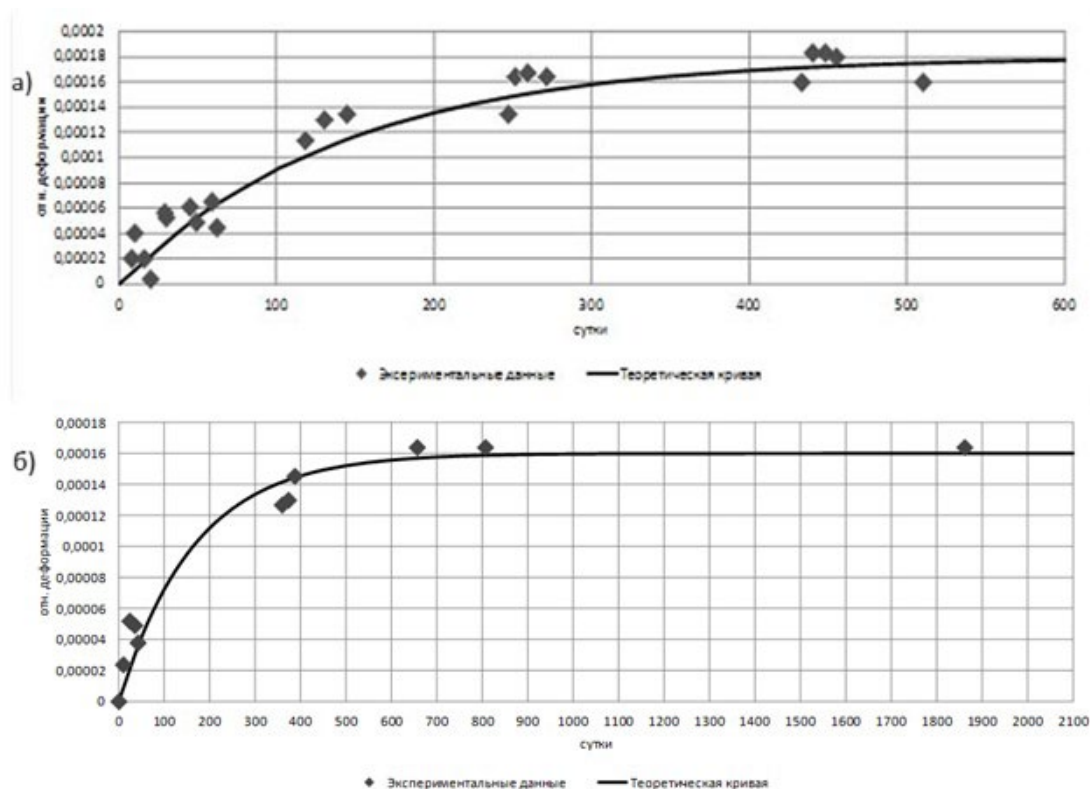


Рис. 5 - Зміна деформацій усадки бетону 1 (а) і 2 (б) серії в часі

Бетони володіють помірною деформативністю повзучості, тому що до кінця спостережень характеристики повзучості при віці завантаження бетону першої (58 діб) і другої (55 діб) серії склали відповідно 2,3 і 2,1. Теоретично характеристики повзучості визначались залежністю [6 - 8]:

$$\varphi_{C,\lim} = C_{\lim}^N E_b \xi_1 \xi_2 \xi_3; \quad \varphi_c(t) = \varphi_{C,\lim} (1 - e^{-\gamma_4 t}) \quad (7)$$

Загальний аналіз всіх графіків співставлення по результатам випробування контрольних зразків 1 та 2 серій (рис. 4 - 6) переконує в тому, що експериментальні і теоретичні дані задовільно співпадають, так як інтервал



помилка склав від 6 до 16 %.

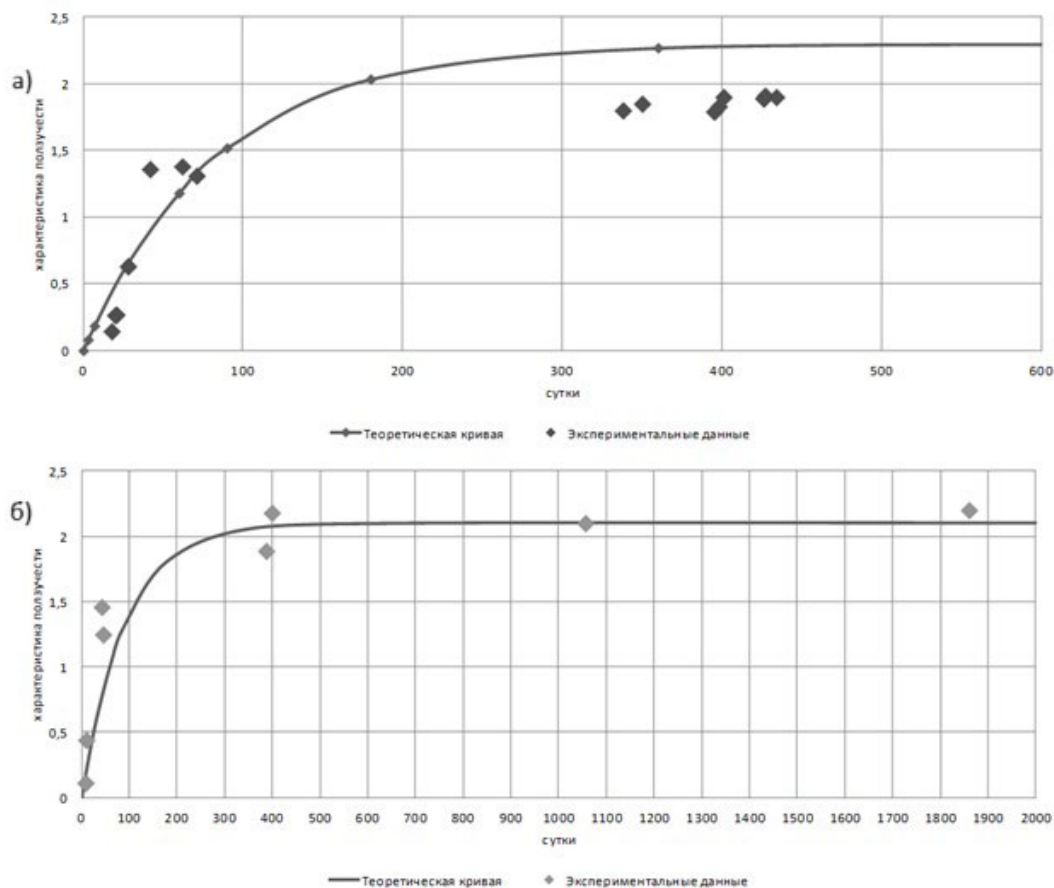


Рис. 6 - Характеристика повзучості бетону 1 (а) та 2 (б) серії

Загальний аналіз графіків тривалих деформацій переконує в тому, що помилка між теорією і експериментом у віці 1107 суток складає 4% при статичному навантаженні, а при динамічному – 7%. Відношення загальних відносних деформацій віброповзучості до повзучості дорівнює 1,57. Якщо з загальних відносних деформацій бетону вирахувати деформації усадки і пружномитьєві, то отримаємо питомі відносні деформації віброповзучості і повзучості бетону. Відношення питомих відносних деформацій віброповзучості до повзучості відповідає коефіцієнту віброповзучості, який для нашого експерименту в середньому дорівнює $K_v=2$ (рис. 7).

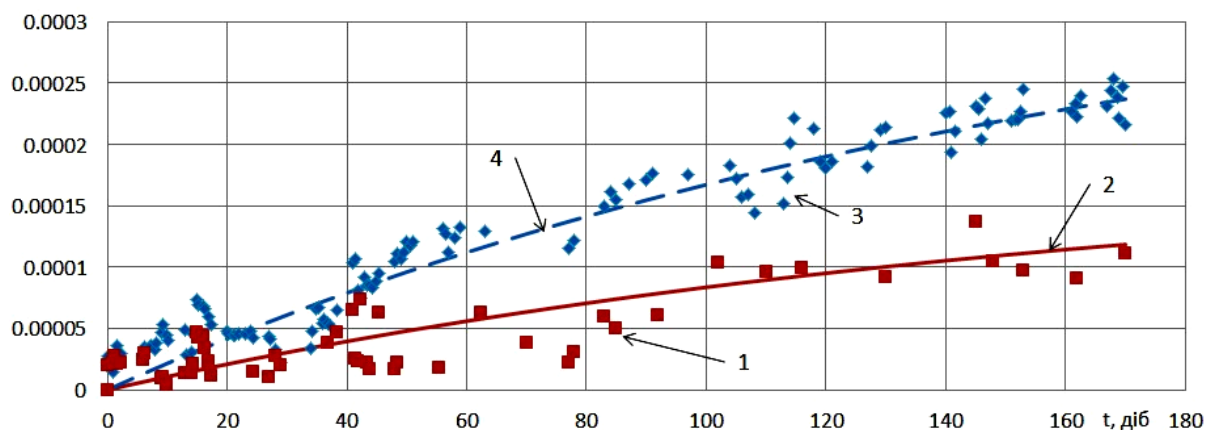


Рис. 7. Питомі відносні деформації повзучості (1,2) і віброповзучості (3, 4) бетонних призм (2 серія): 1, 3 - експеримент; 2, 4 - теорія

Висновки

1. Віброповзучість бетону суттєво відрізняється від статичної повзучості: вона характеризується прискореним розвитком деформацій, вищими граничними значеннями, зниженим порогом переходу від лінійної до нелінійної повзучості та меншою зворотністю деформацій. Ці особливості обумовлені, зокрема, ранішим зародженням мікротріщин у структурі матеріалу та, ймовірно, зниженням в'язкості гелієвої фази цементного каменю.

2. Прояв віброповзучості спостерігається в умовах сумісної дії статичних і вібраційних навантажень, що зумовлює інтенсивніше накопичення деформацій у часі. Для оцінки цієї поведінки може застосовуватись модифікована методика традиційного розрахунку повзучості з урахуванням спеціального коефіцієнта віброповзучості в реологічних моделях.

3. Коефіцієнт віброповзучості, що відображає співвідношення між величинами віброповзучості та статичної деформації, за даними літературних джерел, зазвичай перебуває в межах 1,4–4, іноді досягаючи значення 7. Попри наявні напрацювання, багато аспектів механізму віброповзучості залишаються малодослідженими, що вказує на актуальність подальших експериментальних і теоретичних досліджень у цій сфері.

4. Було проведено дві серії експериментальних досліджень залізобетонних стояків і контрольних бетонних зразків, навантажених у статичних та



динамічних режимах відповідно у віці 58 діб (1-ша серія) та 55 діб (2-га серія). При короткочасних випробуваннях (28 діб) отримано наступні характеристики бетону:

- для 1-ї серії: кубикова міцність 31,5 МПа, клас бетону C20/25, призмova міцність 22,1 МПа, початковий модуль пружності $27,0 \times 10^3$ МПа;
- для 2-ї серії: кубикова міцність 38,0 МПа, клас бетону C25/30, призмova міцність 26,8 МПа, початковий модуль пружності $29,0 \times 10^3$ МПа.

5. У процесі довготривалих випробувань були зафіксовані наступні граничні характеристики бетону:

- для 1-ї серії: зростання кубикової міцності до 45 МПа, призмovoї - до 30 МПа, збільшення модуля пружності до 32×10^3 МПа, характеристики повзучості - до 2,3, усадки - до 18×10^{-5} ;
- для 2-ї серії: зростання кубикової міцності до 59 МПа, призмovoї - до 38 МПа, модуль пружності - до 35×10^3 МПа, характеристики повзучості - до 2,1, усадки – до 16×10^{-5} .

Результати довготривалих досліджень підтвердили, що дія вібраційного навантаження сприяє зростанню деформацій повзучості як у бетоні, так і в армованому бетоні, що узгоджується з даними інших дослідників. На підставі принципу аффіноподібності було визначено коефіцієнт віброповзучості як відношення деформацій віброповзучості до деформацій простої повзучості; для дослідженого бетону його максимальне значення становило $K_B = 2$.



Verweise / References

Chapter 1.

1. Majid M, Habib S, Javed AR, Rizwan M, Srivastava G, Gadekallu TR, Lin JC-W. Applications of Wireless Sensor Networks and Internet of Things Frameworks in the Industry Revolution 4.0: A Systematic Literature Review. *Sensors*. 2022; 22(6):2087.
2. P.S. Pandey, D.E. Chaitanya, V.K. Minchula, V. Premchandran, T. Keerthika. IoT-Enabled Wireless Sensor Networks for Controlled and Safe Routing // *International Journal of Aquatic Science*. Vol 12, Issue 02, 2021
3. F. Al-Turjman. Intelligence and Security in Big 5G-oriented IoNT: An Overview// *Elsevier Future Generation Computer Systems*, vol. 102, no. 1, pp. 357-368, 2020.
4. Yun Zhou et al. Securing Wireless Sensor Networks: A Survey // *IEEE Communication Surveys*, Volume 10, No.3, 2008.
5. L. Wang and R. Jones. Big Data Analytics for Network Intrusion Detection: A Survey // *International Journal of Networks and Communications*, vol. 7, no. 1, pp. 24– 31, 2017.
6. Ahmad W., Rasool A., Javed D., Baker A.R.T., Jalil Z. Cyber Security in IoT-Based Cloud Computing: A Comprehensive Survey // *Electronics* 2022, 11, 16.
7. Kumar R., Kumar P., Srivastava G., Gupta G.P., Tripathi R., Gadekallu T.R., Xiong N.N. PPSF: A privacy-preserving and secure framework using blockchain-based machine-learning for IoT-driven smart cities // *IEEE Trans. Netw. Sci. Eng.* 2021, 8, 2326–2341.
8. Ambika Nagaraj. Introduction to Sensors in IoT and Cloud Computing Applications. Bangalore, India. 2021. –520 p.
9. Lei Hang, Wenquan Jin, HyeonSik Yoon, Yong Geun Hong and Do Hyeun Kim. Design and Implementation of a Sensor-Cloud Platform for Physical Sensor Management on CoT Environments// *Electronics* 2018, 7, 140; –P.1-25.
10. Neto M., Ribeiro P., Nunes R., Jamone L., Bernardino A., Cardoso S. A Soft Tactile Sensor Based on Magnetics and Hybrid Flexible-Rigid Electronics. *Sensors*



- 2021, 21, 5098. –P.1-25.
11. Muneeba N., Javed A.R., Tariq M.A., Asim M., Baker T. Feature engineering and deep learning-based intrusion detection framework for securing edge IoT // J. Super Comput. 2022, 1–15.
 12. Ismail S, Dawoud DW, Reza H. Securing Wireless Sensor Networks Using Machine Learning and Blockchain: A Review // *Future Internet*. 2023; 15(6):200.
 13. Bajaj K., Sharma B., Singh R. Integration of WSN with IoT applications: A vision, architecture, and future challenges. In *Integration of WSN and IoT for Smart Cities* // Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2020; pp. 79–102.
 14. Мікроелектронні сенсори фізичних величин: В 3-ох т. / В. Вуйцік, З. Готра, О. Готра та інш.; Львів: Ліга-Прес, 2003. – 595 с.
 15. Інтелектуальні вимірювальні системи на основі мікроелектронних датчиків нового покоління / Я. І. Лепіх, Ю. О. Гордієнко, С. В. Дзядевич [та ін.] ; за ред. Я. І. Лепіха, В. О. Романова. – Одеса : Астропринт, 2011. – 352 с.
 16. Невлюдов І.Ш. Автоматичне управління технологічними об'єктами / І.Ш. Невлюдов, О.В. Токарева. – Київ : НАУ, 2018. – 200 с.
 17. Бурий О. А. Сенсори газів на наноструктурах: сучасний стан та перспективи досліджень / О. А. Бурий, С. Б. Убізький // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Радіоелектроніка та телекомунікації. — Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2017. — № 885. — С. 113–131.
 18. Готра З. Ю. Сенсорні пристрої магнітного поля на структурах інтегральних магнітотранзисторів / З. Ю. Готра, Р. Л. Голяка, І. М. Годинюк, Т. А. Марусенкова, В. Ю. Ільканич // Науковий вісник Чернівецького університету. Фізика, електроніка. - 2011. - Т. 1, Вип. 2. - С. 19-26.
 19. Osadchuk A.V., Osadchuk V.S., Osadchuk I.A. Research on a magnetic field sensor with a frequency output signal based on a tunnel-resonance diode // *Informatyka, Automatyka, Pomiarы w Gospodarce i Ochronie Środowiska*. IAPGOS, 4/2020, –P.51–56.
 20. Landaluce H., Arjona L., Perallos A., Falcone F., Angulo I., Muralter F. A review



of iot sensing applications and challenges using RFID and wireless sensor networks
// J. Sens. 2020, 20, 1–18.

21. A. N. Ansari, M. Sedky, N. Sharma, and A. Tyagi. n Internet of things approach for motion detection using Raspberry Pi // Proc. Of 2015 International Conference on Intelligent Computing and Internet of Things, IEEE, pp. 131-134, 2015.
22. S. Zafar, G. Miraj, R. Baloch, D. Murtaza, and K. Arshad. An IoT Based Real-Time Environmental Monitoring System Using Arduino and Cloud Service // Engineering, Technology & Applied Science Research, Vol. 8, No. 4, 2018, pp. 3238-3242.
23. N. Nayyar V. Puri. Smart farming: IoT based smart sensors agriculture stick for live temperature and moisture monitoring using Arduino, cloud computing & solar technology //Proc. of The International Conference on Communication and Computing Systems (ICCCS-2016), 2016.
24. R. Deekshath, P. Dharanya, K. R. D. Kabadia, G. D. Dinakaran and S. Shanthini, IoT Based Environmental Monitoring System using Arduino UNO and Thingspeak // IJSTE - International Journal of Science Technology & Engineering, Vol. 4, No. 9, 2018.
25. D. Pavithra, and R. Balakrishnan. IoT based monitoring and control system for home automation // Proc. of 2015 global conference on communication technologies (GCCT), IEEE, pp. 169-173, 2015.
26. A. Singh, P. Aggarwal, R. Arora. IoT based waste collection system using infrared sensors // Proc. of 2016 5th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO), IEEE, pp. 505-509, 2016.
27. P. Patil. Smart IoT Based System For Vehicle Noise And Pollution Monitoring Piyush //Proc. of International Conference on Trends in Electronics and Informatics, 2017, pp. 322–326.
28. M. T. Lazarescu. Design of a WSN Platform for Long-Term Environmental Monitoring for IoT Applications // IEEE J. Emerg. Sel. Top. CIRCUITS Syst., vol. 3, pp. 45–54, 2013.



29. Souri K., Chae Y., Makinwa K.A.A. A CMOS Temperature Sensor with a Voltage-Calibrated Inaccuracy of 0.15 °C from -55 °C to 125 °C // IEEE J. Solid-State Circuits 2013, 48, 292–301.
30. Souri K., Chae Y., Thus F., Makinwa K. 12.7 A 0.85V 600nW All-CMOS Temperature Sensor with an Inaccuracy of ± 0.4 °C from -40 to 125 °C // Proceedings of the 2014 IEEE International Solid-State Circuits Conference Digest of Technical Papers (ISSCC), San Francisco, CA, USA, 9–13 February 2014; IEEE: San Francisco, CA, USA, 2014; pp. 222–223.
31. Xu Z., Zhang X., Chen S., Cheong J., Yao L. A Temperature-to-Frequency Converter-Based On-Chip Temperature Sensor with an Inaccuracy of ± 0.65 °C // *Sensors*. 2023; 23(11):5169.
32. Yousefzadeh B., Makinwa K.A.A. A BJT-Based Temperature-to-Digital Converter With a ± 0.25 °C Inaccuracy from -40 °C to +180 °C Using Heater-Assisted Voltage Calibration // IEEE J. Solid-State Circuits 2019, 55, 369–377.
33. Khan Y., Ostfeld A.E., Lochner C.M., Pierre A., Arias A.C. Monitoring of Vital Signs with Flexible and Wearable Medical Devices // *Adv. Mater.* 2016, 28, 4373–4395.
34. Zini M, Baù M, Nastro A, Ferrari M, Ferrari V. Flexible Passive Sensor Patch with Contactless Readout for Measurement of Human Body Temperature // *Biosensors*. 2023; 13(6):572.
35. Sergey Y. Yurish. Smart and Intelligent Optoelectronic Sensor Systems: OEM Design Approach // The Second International Conference on Sensor Device Technologies and Applications. IARIA, 2011. -P.38-43.
36. S.Y. Yurish, “Novel Modified Method of the Dependent Count for High Precision and Fast Measure-ments of Frequency-Time Parameters of Electric Signals”, Proc. Of 2008 IEEE International Instru-mentation & Measurement Technology Conference - I2MTC, Victoria, Vancouver Island, British Co-lumbia, Canada, 12-15 May 2008, pp. 876-881.
37. Light-to-frequency Converter Photo IC S9705, Hamamatsu, 2007.
38. Oleksandr Malik, F. Javier De la Hidalga-W, Carlos Z’uñiga-I. Digital output



- silicon optical sensors //Sensors and Actuators A 142 (2008) 196–202
39. Maekawa T, Kanaya H, Suzuki S, Asada M. Oscillation up to 1.92 THz in resonant tunnelling diode by reduced conduction loss // Appl Phys Express. 2016;9(2):024101.
 40. Weikang Zhang, Scott Watson, José Figueiredo, Jue Wang, Horacio I. Cantú, Joana Tavares, Luis Pessoa, Abdullah Al-Khalidi, Henrique Salgado, Edward Wasige, and Anthony E. Kelly, "Optical direct intensity modulation of a 79GHz resonant tunneling diode-photodetector oscillator // Opt. Express 27, 16791-16797 (2019).
 41. M. J. Thompson and D. A. Horsley, "Resonant MEMS magnetometer with capacitive read-out," *SENSORS, 2009 IEEE*, Christchurch, New Zealand, 2009, pp. 992-995, doi: 10.1109/ICSENS.2009.5398216.
 42. Thierry Leichle, Arx Martin, Reiman Stephen, Zana Iulica, Ye Wenjing, Allen Mark. (2004). A low-power resonant micromachined compass // Journal of Micromechanics and Microengineering. 14. 462. 10.1088/0960-1317/14/4/005.
 43. Burdin DA, Chashin DV, Ekonomov NA, Fetisov LY, Preobrazhensky VL, Fetisov YK. Low-Frequency Resonant Magnetoelectric Effects in Layered Heterostructures Antiferromagnet-Piezoelectric. *Sensors*. 2023; 23(13):5901.
 44. Fetisov, L.Y.; Burdin, D.A.; Ekonomov, N.A.; Chashin, D.V.; Zhang, J.; Srinivasan, G.; Fetisov, Y.K. Nonlinear magnetoelectric effects at high magnetic field amplitudes in composite multiferroics. *J. Phys. D Appl. Phys.* 2018, 51, 15400321.
 45. J. Lenz and S. Edelstein, "Magnetic sensors and their applications," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 6, no. 3, pp. 631-649, June 2006, doi: 10.1109/JSEN.2006.874493.
 46. Tucker, J.; Wesoleck, D.; Wickenden, D. An integrated CMOS MEMS xylophone magnetometer with capacitive sense electronics. In 2000 NanoTech, Houston, Texas, USA, 9-12 September 2000, AIAA 2002-5723.
 47. Randjelovic, Z.B.; Kayal, M.; Popovic, R.; Blanchard, H. Highly sensitive Hall magnetic sensor microsystem in CMOS technology. *IEEE J. Solid-State Circ.* 2002, 37, 151-159



48. Clevenson, H.; Pham, L.M.; Teale, C.; Johnson, K.; Englund, D.; Braje, D. Robust high-dynamic-range vector magnetometry with nitrogen-vacancy centers in diamond. *Appl. Phys. Lett.* 2018, 112, 252406.
49. Zaky, Z.A.; Sharma, A.; Aly, A.H. Gyroidal graphene for exciting tamm plasmon polariton as refractive index sensor: Theoretical study. *Opt. Mater.* 2021, 122, 111684.
50. Bertuccelli, Fabrizio & Colonna, Annamaria & Malik, Westy & Ranasinghe, Damith & López, Tomas. (2008). Sensor-enabled RFID tag handbook.
51. Kevin Lauer, Geert Brokmann, Mario Bähr, Thomas Ortlepp; Determination of piezo-resistive coefficient π_{44} in *p*-type silicon by comparing simulation and
52. Pavlin M, Belavic D, Novak F. Ceramic MEMS Designed for Wireless Pressure Monitoring in the Industrial Environment. *Sensors*. 2012; 12(1):320-333.
53. R. E. Oosterbroek *et al.*, “Fabrication and mechanical testing of glass chips for high-pressure synthetic or analytical chemistry,” *Microsyst. Technol.*, vol. 12, no. 5, pp. 450–454, 2006.
54. DeMartini, B.E.; Rhoads, J.F.; Zielke, M.A.; Owen, K.G.; Shaw, S.W.; Turner, K.L. A single input-single output coupled microresonator array for the detection and identification of multiple analytes. *Appl. Phys. Lett.* 2008, 93, 1–4.
55. Ren, L.; Yu, K.; Tan, Y. Monitoring and Assessing the Degradation Rate of Magnesium-Based Artificial Bone In Vitro Using a Wireless Magnetoelastic Sensor. *Sensors* 2018, 18, 3066.
56. Kim, N.I.; Chang, Y.L.; Chen, J.; Barbee, T.; Wang, W.; Kim, J.-Y.; Kwon, M.-K.; Shervin, S.; Moradnia, M.; Pouladi, S.; et al. Piezoelectric pressure sensor based on flexible gallium nitride thin film for harsh-environment and high-temperature applications. *Sens. Actuators A Phys.* 2020, 305, 111940.
57. Yang L, Kou H, Wang X, Zhang X, Shang Z, Shi J, Zhang G, Gui Z. A Microwave Pressure Sensor Loaded with Complementary Split Ring Resonator for High-Temperature Applications. *Micromachines*. 2023; 14(3):635.
58. J.D. Albrecht, L.Cong, P.P. Ruden, M.I. Nathan, and D.L. Smith, “Resonant tunneling in (001)- and (111)-oriented III-V double barrier heterostructures under



- transverse and longitudinal stresses,” J. Appl. Phys., vol. 79, no. 10, pp.7763-7769, May 1996.
59. Farahani, H.; Wagiran, R.; Hamidon, M.N. Humidity sensors principle, mechanism, and fabrication technologies: A comprehensive review. *Sensors* 2014, 14, 7881–7939.
60. Liu, M.Q.; Wang, C.; Kim, N.Y. High-sensitivity and low-hysteresis porous mim-type capacitive humidity sensor using functional polymer mixed with TiO₂ microparticles. *Sensors* 2017, 17, 284.
61. Liu H, Wang Q, Sheng W, Wang X, Zhang K, Du L, Zhou J. Humidity Sensors with Shielding Electrode Under Interdigitated Electrode. *Sensors*. 2019; 19(3):659.
62. Zabolotnyi O, Zabolotnyi V, Koshevoy N. Capacitive Water-Cut Meter with Robust Near-Linear Transfer Function. *Computation*. 2022; 10(7):115.
63. Delipinar Tuğçe, Shafique Atia, Gohar Maryam, Yapici, Murat. (2021). Fabrication and Materials Integration of Flexible Humidity Sensors for Emerging Applications. *ACS Omega*. XXXX. 10.1021/acsomega.0c06106.
64. Galka AG, Kostrov AV, Priver SE, Strikovskiy AV, Parshin VV, Serov EA, Nikolenko AS, Korobkov SV, Gushchin ME. Microwave Cavity Sensor for Measurements of Air Humidity under Reduced Pressure. *Sensors*. 2023; 23(3):1498.
65. Lee, J.-H.; Kim, J.-H.; Kim, J.-Y.; Mirzaei, A.; Kim, H.W.; Kim, S.S. ppb-Level Selective Hydrogen Gas Detection of Pd- Functionalized In₂O₃-Loaded ZnO Nanofiber Gas Sensors. *Sensors* 2019, 19, 4276.
66. Du, L.; Feng, D.; Xing, X.; Fu, Y.; Fonseca, L.F.; Yang, D. Palladium/cobalt nanowires with improved hydrogen sensing stability at ultra-low temperatures. *Nanoscale* 2019, 11, 21074–21080.
67. Wang, D.; Yang, J.; Bao, L.; Cheng, Y.; Tian, L.; Ma, Q.; Xu, J.; Li, H.-J.; Wang, X. Pd nanocrystal sensitization two-dimension porous TiO₂ for instantaneous and high efficient H₂ detection. *J. Colloid Interface Sci.* 2021, 597, 29–38.
68. Q. Chen, S. Yu, R. Sun and S. Xie, "Preparation and dielectric properties of BaTiO₃@PANI filled PVDF composites," *2013 14th International Conference on*



- Electronic Packaging Technology*, Dalian, China, 2013, pp. 351-355, doi: 10.1109/ICEPT.2013.6756487.
69. Shen, C.Y.; Huang, C.P.; Huang, W.T. Gas-detecting properties of surface acoustic wave ammonia sensors. *Sens. Actuators B Chem.* 2004, *101*, 1–7.
70. Wang, B.; Zheng, L.; Zhou, L. Surface acoustic wave sensors with Graphene/PANI nanocomposites for nitric oxide detection. *IOP Conf. Ser. Earth. Environ. Sci.* 2017, *100*, 012044.
71. Jun, J.; Oh, J.; Shin, D.H.; Kim, S.G.; Lee, J.S.; Kim, W.; Jang, J. Wireless, Room Temperature Volatile Organic Compound Sensor Based on Polypyrrole Nanoparticle Immobilized Ultrahigh Frequency Radio Frequency Identification Tag. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2016, *8*, 33139–33147.
72. Lee, Y.; Kim, B.; Lee, H.; Hong, Y.; Yook, J.; Choi, H.H.; Lee, S.H.; Lee, J.J. A reflection type gas sensor using conducting polymer as a variable impedance at microwave frequencies. In Proceedings of the 2014 IEEE SENSORS, Valencia, Spain, 2–5 November 2014; pp. 1819–1822.

Chapter 2.

1. Капрельянц Л.В. (2009). Ферменты в пищевых технологиях. Одесса.
2. Капрельянц Л.В., Петросьянц А.П. (2011). Лікувально-профілактичні властивості харчових продуктів та основи дієтології: монографія. Одеса: Друк.
3. Корзун В.Н., Парац А.М. (2007). Проблема мікроелементів у харчуванні населення України та шляхи її вирішення. *Проблеми харчування*, *1(14)*, 5–11.
4. Маслійчук О.Б., Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. (2023). Наукові засади розроблення продуктів з підвищеним вмістом білка в раціоні харчування військовослужбовців. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, *6*, 120–131. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.14>
5. Орлова Н.Я., Пономарьов П.Х. (2007). Продовольчі товари. Фрукти, ягоди, овочі, гриби та продукти їхньої переробки: підручник. Київ: Видавництво КНТЕУ.



6. Ощипок І.М., Онишко Л.Й. (2023). Модернізація та переоснащення холодильного обладнання. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*, **34**, 46–54. DOI: <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2023-34-06>
7. Подпряттов Г.І., Завадська О.В., Бобер А.В., Ящук Н.О. (2023). Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва: підручник. Київ: ФОП Ямчинський О.В.
8. Сімахіна Г.О. (2018). Основні показники придатності плодів та ягід до заморожування. *Вчені записки Таврійського нац. ун-ту*, **29(1)**, 73–78.
9. Сімахіна Г.О. (2025). Пріоритетне значення біофлавоноїдів у раціонах харчування при кризових ситуаціях. *Харчова промисловість*, **37**, 70–80. DOI: <https://doi.org/10.24263/2225-2916-2025-37-9>
10. Сімахіна Г.О., Кочубей-Литвиненко О.В., Науменко Н.В., Камінська С.В. (2022). Кріоушкодження та кріозахист у холодних технологіях: монографія. Київ: Видавництво «Сталь».
11. Сімахіна Г.О., Науменко Н.В., Михайлова Р.В., Маслійчук О.Б. (2024) Концептуальні засади формування комбінованого харчового раціону для екстремальних умов життєдіяльності. *Наукові праці НУХТ*, **30(3)**, 125–137.
12. Сімахіна Г.О., Стеценко Н.О., Науменко Н.В. (2016). Біологічно активні речовини в харчових технологіях: підручник. Київ: НУХТ.
13. Українець А.І., Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. (2017). Нові продукти для раціонів військовослужбовців: монографія. Київ: Видавництво «Сталь».
14. Bolon D.N., Mayo S.L. (2001). Enzyme-like proteins by computational design. *Proc. Natl. Acad. Sci, USA*, **98**, 14274–14279.
15. Cryogenic (2024). Cryogenic Freezing. URL: <https://mirai-intex.com/blog/cryogenic-freezing> (access date 14.07.2025)
16. Osuga D., Van Der Schaaf A., Whitaker J. R.. (2004). Control of polyphenol oxidase activity using a catalytic mechanism. *Protein Structure-Function Relationships in Foods*. Scotland, 62–88.
17. Simakhina, G., Naumenko, N., Kaminska, S. (2024). Changes in vitamin content and sensory indicators of frozen wild berries during storage. *Ukrainian Food*



Journal, **13**(1), 54–69.

18. Somogyi R. (1992). Effects of Chronic Central Cooling on Alimentation and Thermoregulation. *Acta Physiologica Scandinavica*, **55**(2-3), 177–188.

Chapter 3.

1. Ripka, P. Magnetic Sensors and Magnetometers. Boston: Artech House. 2001.- 494p.
2. Horowitz, P., & Hill, W. The Art of Electronics (3rd ed.). Cambridge: Cambridge University Press. 2015.- 522p.
3. Poplavko Yu. M., Borysov O. V., Holubieva I. P., Didenko Yu. V. Navchalnyi posibnyk «Mahnetyky v elektronitsi»[Magnetism in electronics]. 2021.- 365p.
4. Matviukiv M.D., Kohut V.M., Matviukiv O.V. Elementna baza elektronnykh apparativ.[Element base of electronic devices.] – Lviv: Vyd-vo NTU «Lvivska politehnika», 2018. – 428 p.
5. Hurzhii A.M., Povorozniuk N.I. Elektrychni i radiotekhnichni vymiriuvannia.[Electrical and radio engineering measurements] – Kyiv: Navchalna knyha. 2002. – 288 p.
6. Giant magnetoresistance of (001)Fe/(001)Cr magnwtic superlattices / M. N. Baibich, J. M. Broto, A. Fert // Phys. Rev. Lett. – 1988. – V. 61, № 21. – P.2472– 2476.
7. Robbes D. Highly sensitive magnetometers – a review / Robbes D. // Sens. Actuat. A. – 2006. – V.129. – P.89 – 93.
8. Giant magnetoresistance and its application in recording heads / K.-M.H. Lenssen, H.W. van Kesteren, Th.G.S.M. Rijks [et al.] // Sens. Actua. A. – 1997. – V. 60. – P. 90 – 97.
9. Gorbachuk M.T., Ivanova A. D., Klimusha V. S. Mahnitni polia i suchasni zasoby ta metody yikh vymiriuvannia [Magnetic fields and modern means and methods of measuring them]. Materialy V Vseukrainskoi konferentsii zdobuvachiv vyshchoi osvity i molodykh uchenykh "Innovatyka v osviti, nautsi ta biznesi: vyklyky ta mozhlyvosti", T-1, Kyiv, 15 lystopada 2024 — K.: KNUTD, 2024, p.246-252.



10. Robbes D. Highly sensitive magnetometers – a review / Robbes D. // Sens. Actuat. A. – 2006. – V.129. – P.89 – 93.
11. Henrichsen K. N. Classification of magnetic measurement methods //CERN acceleration schol. Magnetic measurement and alignment. Montreux. Switzerland. March, 1992 , p.70-83.
12. Nikolay Gorbachuk. Measuring Transducers and Sensors. Monograph. LAP LAMBERT Academic Publishing. 120 High Road, East Finchley, London, N2 9ED, United Kingdom, 2024, 141p. ISBN: 978-620-7-47057-0.
13. Nikolay Gorbachuk, Mikhail Larionov, Aleksey Firsov, Nikolay Shatil. Semiconductor Sensors for a Wide Temperature Range. Sensors & Transducers Journal and Magazine, Vol. 162, Issue 1, January 2014, pp.1-4
14. Gorbachuk N.T., Didenko P.I. Izmeritel'nye preobrazovateli na osnove GaAs, polikremniya i dispersnogo germaniya i perspektivy ikh ispol'zovaniya [Measuring transducers based on GaAs, polysilicon and dispersed germanium and prospects for their use]. Perspektivnye materialy, 2004, N 5, p.93-97.

Chapter 4.

1. Mobile Robot Navigation. Edited by Alejandra Barrera. Published by InTech. Croatia. 2010. Printed in Croatia, A free online edition of this book is available at www.intechopen.com.
2. Siegwart R. Nourbakhsh I. R. Introduction to Autonomous Mobile Robots. A Bradford Book The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England © 2004 Massachusetts Institute of Technology p. 336.
3. Михайлов Е.П., Крись М.В. Локальна навігація мобільних роботів з використанням засобів одометрії // Підйомно-транспортна техніка. – 2015. – № 4 (48). – с.21–30.
4. Михайлов Є.П., Скринник А.І Дослідження засобів локальної навігації мобільних роботів // Підйомно-транспортна техніка. – 2017. – № 3 (48), с. 55–61.
5. Михайлов Є. П. Дослідження алгоритмів і засобів навігації для складської



- транспортної системи / Є. П. Михайлов, О. М. Вудвуд, С. В. Сивокін, Б. Р. Швець // Підйомно-транспортна техніка. – 2022. - № 1 (67). – С. 29-41
6. Jeremy Blum. Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry. URL:
<https://mirzaproject.ir/files/En/Wiley.Exploring.Arduino.Jul.2013.pdf> (дата звернення: 02.06.2025)
7. UnoArduSimV2.9. Full Help. Created by Stan Simmons Queen's University ECE. Copiright 2017-2021. URL: <https://sites.google.com/site/unoardusim/simulator-download?authuser=0> (дата звернення 20.06.2025)
8. UnoArduSim. Simulator Download. UnoArduSimV2.9.2. URL: <https://sites.google.com/site/unoardusim/simulator-download?authuser=0> (дата звернення 18.06.2025)
9. CoppeliaSim User Manual. URL: <https://manual.coppeliarobotics.com/> (дата звернення 20.06.2025)

Chapter 5.

1. Pahle, M.; Schaeffer, R.; Pachauri, S.; Eom, J.; Awasthy, A.; Chen, W.; Di Maria, C.; Jiang, K.; He, C.; Portugal-Pereira, J.; et al. The crucial role of complementarity, transparency and adaptability for designing energy policies for sustainable development. *Energy Policy* 2021, 159, 112662
2. Chauhan, A.; Malviya, O.P.; Verma, M.; Mor, T.S. Blockchain and scalability. In *Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security Companion (QRS-C)*, Lisboa, Portugal, 16–20 July 2018; IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2018; pp. 122–128.
3. Reegu, F.; Daud, S.M.; Alam, S. Interoperability challenges in healthcare blockchain system—A systematic review. *Ann. Rom. Soc. Cell Biol.* **2021**, 25, 15487–15499.
4. Spouse, T.; Green, B. How distributed ledger technology could solve regulatory problems. *J. Financ. Compliance* 2019, 3, 60–66.
5. Mohanta, B.K.; Jena, D.; Panda, S.S.; Sobhanayak, S. Blockchain technology: A



- survey on applications and security privacy challenges. Internet Things 2019, 8, 100107.
6. Dwivedi, Y.K.; Balakrishnan, J.; Das, R.; Dutot, V. Resistance to innovation: A dynamic capability model-based enquiry into retailers' resistance to blockchain adaptation. J. Bus. Res. 2023, 157, 113632.
 7. Marchant, G.E.; Cooper, Z.; Gough-Stone, P.J. Bringing technological transparency to tenebrous markets: The case for using blockchain to validate carbon credit trading markets. Nat. Resour. J. 2022, 62, 159.

Chapter 6.

1. Eyheraguibel B., Silvestre J., Morard P. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. Bioresource Technology. 2008. V. 99, № 10. P. 4206–4212. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.08.082>
2. Корнієнко Я.М., Степанюк А.Р. Процес одержання мінерально-гумінових твердих композитів : монографія. Київ : НТУУ «КПІ», 2013. 137 с.
3. Quiroz-Urzola H., Castro-Suarez J.R., Colpas-Castillo F. et al. Extraction of Humic Acids from Different Origins: A Review. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. 1154, 012044. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1154/1/012044>
4. Корнієнко Я. М., Степанюк А. Р. Процес вилучення гуміновмісних речовин з торфу: Монографія. [Електронне видання]. НТУУ "КПІ". 2015. 146 с.
5. Symanowicz, B., Toczko, R. Brown Coal Waste in Agriculture and Environmental Protection: A Review. Sustainability. 2023. V. 15. № 18. P. 13371.
6. Amoah-Antwi, C.; Kwiatkowska-Malina, J.; Fenton, O.; Thornton, S.F.; Malina, G. Holistic assessment of biochar and brown coal waste as organic amendments in sustainable environmental and agricultural applications. Water Air Soil Poll. 2021, V. 232, № 106. <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05044-z>
7. Amoah-Antwi, C., Kwiatkowska-Malina, J., Thornton, S. F., Fenton, O., Malina, G., Szara, E. Restoration of soil quality using biochar and brown coal waste: A



- review. Science of the Total Environment. 2020. V. 722. P. 137852.
8. Sabar, M. A., Ali, M. I., Fatima, N., Malik, A. Y., Jamal, A., Liaquat, R., He, H., Liu, F.-J., Guo, H., Urynowicz, M., Huang, Z. Evaluation of humic acids produced from Pakistani subbituminous coal by chemical and fungal treatments. Fuel. 2020. V. 278. 118301.
 9. Skripkina, T.; Belokozenko, M.; Shatskaya, S.; Tikhova, V.; Lomovskiy, I. Concentrating rare earth elements in brown coal humic acids by mechanochemical treatment. RSC Adv. 2021, V. 11, P. 36016–36022. <https://doi.org/10.1039/D1RA07228E>
 10. Al-Akbari R., Manasrah A.D., Nassar N.N. Production of humic and fulvic acid analogs through the ultrasonification of low-rank lignite coals. Reaction Chemistry and Engineering. 2023. Vol. 9, No. 3. <https://doi.org/10.1039/D3RE00422H>
 11. Romarís-Hortas V., Moreda-Piñeiro A., Bermejo-Barrera P. Application of microwave energy to speed up the alkaline extraction of humic and fulvic acids from marine sediments. Analitica Chimica Acta. 2007. Vol. 602, Iss. 2. P. 202–210.
 12. Sarlaki E., Kianmehr M. H., Marzban N., Shafizadeh A. et al. Advances and challenges in humic acid production technologies from natural carbonaceous material wastes, Chemical Engineering Journal. 2024. Vol. 498, 155521.
 13. Zhang X.Y., Zhen W.J., Sun M.G. Green preparation process of fulvic acid from qitai weathered coal based on hydrothermal method. Modern Chemical Industry. 2017. Vol. 37, Iss. 2. P. 116–119.
 14. Гоженко Л. П. Інтенсифікація тепломасообмінних та гідродинамічних процесів при екстрагуванні рослинної сировини із застосуванням методу дискретно-імпульсного введення енергії : ... канд. тех. наук. : 05.14.06. Київ, 2016. 158 с.
 15. Dong LianHua, Yuan Quan, Yuan HongLi. Changes of chemical properties of humic acids from crude and fungal transformed lignite. Fuel. 2006. V. 85, I. 17–18. P. 2402–2407.
 16. Gokcay C.F., Kolankaya N., Dilek F.B. Microbial solubilization of lignites. Fuel.



2001. V. 80, Is. 10. P. 1421–1433.

17. Liu C., Ma S., Wang X., Ou Y., Du H. Biodegradation of organic compounds in the coal gangue by *Bacillus* sp. into humic acid. *Biodegradation*. 2023. Vol. 34. P. 125–138.

Chapter 7.

1. Schrodinger E. (1954) Sherman Lecture at University College. London, May 1948. Published as «Nature and Greeks». Cambridge University Press. Cambridge. 97 p.
2. Kuhn T. (1970) *The Structure of Scientific Revolutions*. 2nd ed. Chicago. 222 p.
3. Polanyi M. (1962) *Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy*. University of Chicago Press. 428 p.
4. Deutsch D. (1998) *The Fabric of Reality: Towards a Theory of Everything*. Penguin Books. 423 p.
5. Kline M. (1980). *Mathematics. The Loss of Certainty*. Oxford University Press. NY. 361pp.
6. Kirichok A.V., Kuklin V.M., Pryjmak A.V., Zagorodny A.G. (2015). Ion heating, burnout of the HF field and ion sound generation with the development of modulation instability of an intensive Langmuir wave in a plasma. // *Physics of Plasmas*, 22, 092118 (2015);
7. Kirichok A.V., Kuklin V.M., Zagorodny A.G. (2016) // *Physics–Uspekhi* – 2016. – V.59. – N.7. – P. 669–688.
8. Kuklin V. M. (2021), *Selected chapters (theoretical physics) / V. M. Kuklin*. – Kh.: V. N. Karazin KhNU, 2021. – 244 p. ISBN 978-966-285-700-9
https://www.researchgate.net/publication/356932610_0_Selected_chapters_theoretical_physics_Contents
9. Kuklin V.M. (2019), On frequency and spatial periodicity of the waves of the anomalous amplitude in the ocean / V.M. Kuklin, E.V. Poklonskiy. // *East European Journal of Physics* 2019. – V.6. – N4. – P. 41–46.
<https://doi.org/10.26565/2312-4334-2019-4-04>.
10. Chapman. J. (1980). *Nonlinear Rayleigh–Benard convection between poorly*



- conducting boundaries// J. Chapman and M. R. E. Proctor // J. Fluid Mech.. – 1980. – No. – 101, p. 759–765.
11. Belkin E.V.(2010) Structural transitions in the Proctor–Sivashinsky model / Belkin E.V., at all. // VANT, Series "Plasma electronics and new acceleration methods, 2010, No. 4 (68), pp. 296–298.
 12. Gushchin I. V., at all.(2013). Pattern formation in convective media // “Journal of Kharkiv National University”, physical series “Nuclei, Particles, Fields”, issue 1 /57. No. 1040, 2013. – P. 4–27.
 - 13.Gushchin I. V., at all.(2013). Pattern Transitions in Unstable Viscous Convective Medium // arXiv preprint arXiv:1311.3884. – 2013
 14. Gushchin I.V. Kuklin V. M., Mishin O. V., Pryimak O. V.(2017) Modeling of physical processes using CUDA technology. – Kh.: V. N. Karazin Kharkiv National University, 2017. – 116 p. ISBN 978–966–285–420–6.
 15. Buts V., Gushchin I., Yanovsky V., V. Kuklin V., A. Mishyn A., E. Poklonsky E., Priymak A., Sevidov S., Sporov O. (2021) Computer modeling as a new method of research in natural science. Bulletin of V.N. Karazin Kharkiv National University, series "Mathematical modeling. Information technologies. Automated control systems" V.50, 37–48. <https://doi.org/10.26565/2304-6201-2021-50-03> https://www.researchgate.net/publication/374991611_Computer_modeling_-_a_new_mechanism_of_discoveries_in_natural_science
 16. König D. (1936).Theorie der endlichen und unendlichen Graphen / D. König. – Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft, 1936 – 258 pp.
 - 17.Colmerauer A. (1992).Un système de communication en français / Colmerauer Alain, Henry Kanoui, Robert Pasero et Philippe Roussel // Rapport préliminaire de fin de contrat IRIA, Groupe Intelligence Artificielle, Faculté des Sciences de Luminy, Université Aix–Marseille II, France
 18. Church A.(1956). Introduction to mathematical logic. Vol.1. / A. Church. – Princeton: Princeton University Press, 1956. – 485 p.
 19. Zadeh Lotfi A. (1965).Fuzzy sets / Lotfi A. Zadeh // Information and Control. 1965. – Vol.8. – P. 338–353.



20. Kosko B. (1994). Fuzzy systems as universal approximation / B. Kosko // IEEE Transactions on Computers. 1994. – Vol. 43. – № 11. – P. 1329–1333.
21. Kuklin V. M. (2024). Representation of Knowledge and Operations with It : tutorial / V. M. Kuklin. – Kharkiv : V. N. Karazin KhNU, 2024. – 140 p.
22. Nilsen N.J. (1982). Principles of Artificial Intelligence. Springer Berlin, Heidelberg 476 pp.
23. Lauriere J.–L. (1990). Intelligence Artificielle. Paris. 1990. 580 pp.
24. Frege G. I. (1997) The Frege Reader. Paperback. John Wiley & Sons. 1997. 432 pp.
25. Jang J.S.R. (1993) ANFIS: adaptive–network–based fuzzy inference system / J.S.R. Jang // IEEE transactions on systems, man, and cybernetics. 1993. – Vol. 23. – № 3. – P. 665–685.
26. Eccles J.C. (1964). Brain and Conscious Experience: Study Week September 28 to October 4, 1964, of the Pontificia Academia Scientiarum.
27. Sperry J.C. (1970). Perception in the Absence of the Neocortical Commissures in Perception and Its Disorders, vol 48 // Baltimore: Williams and Wilkins, 1970; pp. 123–128.
28. Nagel T. (2000). The Psychophysical Nexus. New Essays on the A Priori // Oxford: Oxford University press, 2000; pp. 432–471.
29. Gazzaniga M.S. The consciousness instinct: Unraveling the mystery of how the brain makes the mind / Farrar, Straus and Giroux. 2018. 288 p.
30. Cline J., Mouret J.–B., Lipson H. (2013). The Evolutionary Origins of Modularity // Proc. Of the Royal Society of London B.: Biological Sciences 280. 2013 20122863.
31. Bahdanau, D., Cho, K., & Bengio, Y. (2014). Neural machine translation by jointly learning to align and translate. *ArXiv:1409.0473*.
32. Kuklin V, Shapovalova O. Skrypka M. and Igor Melnyk I. (2025) Adaptation of Neural Networks to Scientific Search. / System research and information technologies (in print).
33. Charniak E. (2019) Introduction to deep learning – The MIT Press Cambridge, Massachuset. 192 P,



- 34, Bengio Y., Ducharme R., Vincent P A.(2003) Neural Probabilistic Language Model // Journal of Machine Learning Research, 2003;3;1137–1155.
- 35, Abramov G S. Gushchin I V, Sirenka T. O.(2024) On the evolution of recurrent neural systems System research and information technologies. 2024;4;77–85.
36. Sutskever, I., Martens, J., Dahl, G., & Hinton, G. (2013). On the importance of initialization and momentum in deep learning. *International Conference on Machine Learning* pp. 1139–1147.
37. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., et al. (2017) Attention is all you need. *Advances in Neural Information Processing Systems* 2017;5998–6008).
38. Fan H., Cheng S., de Nazelle A.J., Arcucci R.(2025). ViTAE–SL: A vision transformer–based autoencoder and spatial interpolation learner for field reconstruction/ Computer Physics Communications 2025; 308. <https://doi.org/10.1016/j.cpc.2024.109464>
39. Zhuang Y. Cheng S. Duraisamy K. Spatially (2024)–Aware Diffusion Models with Cross–Attention for Global Field Reconstruction with Sparse Observations. arXiv:2409.00230v1 [cs.LG] 30 Aug 2024.
40. Cheng S, Zhuang Y, Kahoouadji L. et al.(2024). Multi–domain encoder–decoder neural networks for latent data assimilation in dynamical systems August 2024 Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering DOI: 10.1016/j.cma.2024.117201
41. Yu, R. & Wang, R. (2024). Learning dynamical systems from data: An introduction to physics–guided deep learning. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*. 121, e2311808121 (2024).
42. Cornelio, C., Dash, S., Austel, V., Josephson, T., Goncalves, J., Clarkson, K., Megiddo, N., El Khadir, B. & Horesh, L. (2023). Combining data and theory for derivable scientific discovery with AI–Descartes. *Nature Communications*. 14, 1777 (2023)
43. Iten, R., Metger, T., Wilming, H., Del Rio, L. & Renner, R. Discovering physical concepts with neural networks. *Physical Review Letters*. 124, 010508 (2020).



44. Chen, R., Rubanova, Y., Bettencourt, J. & Duvenaud, D. (2018). Neural ordinary differential equations. *Advances In Neural Information Processing Systems*. 31 (2018).
45. Bao-Bing Li, Yi Gu, and Shao-Feng Wu (2024). Discover Physical Concepts and Equations with Machine Learning / arXiv:2412.12161v1 [cs.LG] 11 Dec 2024.
46. S.L. Brunton, J. L. Proctor, J. N. Kutz (2016) Discovering governing equations from data by sparse identification of nonlinear dynamical systems, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113 (15) (2016) 3932–3937. doi:10.1073/pnas.1517384113.
47. M. Raissi, P. Perdikaris, G. E. Karniadakis, (2019) Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations, *Journal of Computational Physics* 378 (2019) 686–707. doi:10.1016/j.jcp.2018.10.045.
48. Koenig B.C., Kim S., Sili Deng S. (2024.) KAN-ODEs: Kolmogorov–Arnold Network Ordinary Differential Equations for Learning Dynamical Systems and Hidden Physics//arXiv:2407.04192v3 [cs.LG] 19 Sep 2024.
49. Liu Z, Wang Y. Vaidya S, Ruehle F, Halverson J., Solja M., Hou T. Y. and Tegmark M. (2024)/Kan: Kolmogorov–Arnold Networks. arXiv preprint arXiv:2404.19756, 2024.
50. Liu Z, Ma P, Wang V, Matusik W, Tegmark M. (2024)/KAN 2.0: Kolmogorov–Arnold Networks Meet Science/arXiv:2408.10205v1 [cs.LG] 19 Aug 2024/
51. Zhuang Y. Cheng S. Duraisamy K. (2024)-Spatially Aware Diffusion Models with Cross-Attention for Global Field Reconstruction with Sparse Observations. arXiv:2409.00230v1 [cs.LG] 30 Aug 2024.
52. Bozorgasl Z and Chen. H. (2024) Wav-kan: Wavelet kolmogorov–arnold networks. arXiv preprint arXiv:2405.12832, 2024.
53. Howard A., Jacob B., et al. (2024). Finite basis Kolmogorov–Arnold networks: domain decomposition for data-driven and physics-informed problems. arXiv preprint arXiv:2406.19662, 2024.



54. Aghaei A. A. (2024). fkan: Fractional kolmogorov–arnold networks with trainable jacobi basis functions. arXiv preprint arXiv:2406.07456, 2024.

Chapter 8.

1. Kosolapov Anatolii, Yehorov Oleh, Parpalita Alexander Monographic series «European Science» Book 33. Part 1. MONOGRAPH ScientificWorld-NetAkhatAV Karlsruhe 2024.
2. Anatolii Kosolapov, "Conceptual Design of Real-Time Computer Systems. Codecs - Tasks, Models, Methods, Algorithms, Programs" . Monograph, Publ. House Lap Lambert Academic Publishing, Beau Bassin, Mauritius, 2019. - 189 p. (ISBN 978-620-0-08208-4).
3. Algirdas Avižienis, Jean-Claude Laprie, Brian Randell. "Fundamental Concepts of Dependability", 2013. - 13-22 pp.
4. Lisandro A. Jimenez-Roa, Tom Heskes, Marielle Stoelinga. "Fault Trees, Decision Trees, And Binary Decision Diagrams: A Systematic Comparison", 2023. - 1-9 pp.
5. Marcin Majka. "Failure Mode and Effects Analysis", 2024. - 1-15 pp.
6. Sharanya Jayaraman. "Fault simulation, detection and analysis for Monte Carlo computational resilience", 2024. - 1-113 pp.
7. Relyence Corporation. "A Deep Dive into System Modeling Using Reliability Block Diagram (RBD) Analysis", 2021. - 1-26 pp.
8. Joymalya Bhattacharya, M. Pharm, MBA, M.Phil. "Root Cause Analysis – A Practice to Understanding and Control the Failure Management in Manufacturing Industry", 2014. - 12-20 pp.
9. Fuzzy Sets and Soft Computing in Economics and Finance: Study Guide / E.S. Volkova, V.B. Gisin. — M.: KNO, 2021. - 156 p. (ISBN 978-5-406-03543-6).

Chapter 9.

1. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. — Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. — 1104 с.
2. Шахнович И. В. Современные технологии беспроводной связи. М.,



Техносфера, 2006. 288 с.

3. Сергеев М.Б., Ненашев В.А., Сергеев А.М. Вложенные кодовые конструкции Баркера-Мерсенна-Рагхаварао. Информационно-управляющие системы, 2019, № 3, с. 71-81.
4. Barker, R. H. "Group Synchronizing of Binary Digital Sequences". Communication Theory. London: Butterworth. pp. 273–287.
5. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник. – М. Высш. школа, 1983. – 536с.
6. Банкет В.Л., Токарь М.С. «Композитные коды Баркера» // Цифрові технології № 2, 2007р. С.8-17.
7. Волынская А.В. Результаты математического моделирования процесса поиска кодовых последовательностей с заданными корреляционными свойствами // Вестник УрГУПС: Науч.-техн. журнал. – Екатеринбург: УрГУПС, 2009. – № 3–4. – С. 64–71.
8. Максимов В.В., Чуприна Р.С. Обратные композитные коды Баркера // Наукові записки УНДІЗ, №1(21), 2012 г. – С.71-76.
9. Волынская А.В., Калинин П.М. Новые помехоустойчивые сигналы для интеллектуального канала телемеханики // Fundamental Research №11, 2012. – С.922-926.
10. Максимов В.В., Храповицкий И.А. Исследование композитных кодов Баркера // The scientific heritage, № 48 (2020), P.1, p.p. 15-22.
11. Максимов В.В., Храповицкий И.А. Нові композитні коди Баркера // The scientific heritage, № 49 (2020), P.1, p.p. 29 – 35;

Chapter 10.

1. Грабовський, Є. М., & Кобзев, І. В. (2024). Вдосконалення технології оптимізації зображень 3D-графіки. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (5), 25-35. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.5.3>
2. Hrabovskyi, Y., Bondarenko, D., Ushakova, I. (2024) Usage of adaptive design technologies for the designing of a web application for analysis of the efficiency of



- solar panels. *Vcheni zapiski TNU imeni V.I. Vernadskogo. Seriya: Tekhnichni nauki – Academic notes of V.I. Vernadsky TNU. Series: Technical sciences*, 35 (74), 1, 118 – 126. DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.1.1/18>
3. Joern, B., Peter, C. (2020) Foresight and Design: New Support for Strategic Decision Making, She Ji. *The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 6(3), 408-432. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2020.07.002>
4. Martin, R. (2016) Twenty challenges for innovation studies. *Science and Public Policy*, 43(3), 432-450. DOI: <https://doi.org/10.1093/scipol/scv077>
5. Hrabovskyi, Y., Bondarenko, D., Kobzev, I. (2024). Improving the technology for constructing a software tool to determine the similarity of raster graphic images. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(2 (127), 16–25. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298744>
6. Khoroshevska, I., Khoroshevskyi, O., Hrabovskyi, Y., Lukyanova, V., Zhytlova, I. (2024) Development of a multimedia training course for user self-development. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(2 (128), 48–63 DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.302884>
7. Hrabovskyi, Y., Kots, H., Szymczyk, K. (2022) Justification of the innovative strategy of information technology implementation for the implementation of multimedia publishing business projects. *Proceedings on Engineering Sciences*, 4(4), 467–480. DOI: <https://doi.org/10.24874/PES04.04.008>
8. Ushakova, I., Hrabovskyi, Y., Bondarenko, D. (2023) Modeling and selection of a distance learning system for a higher education institution based on the method of hierarchy analysis using the DSS. *Vcheni zapiski TNU imeni V.I. Vernadskogo. Seriya: Tekhnichni nauki – Academic notes of V.I. Vernadsky TNU. Series: Technical sciences*, 34(73), 2, 246-253. DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.2.1/39>

Chapter 11.

1. Zapatrina I.V., Shatkovska A.O. (2023). Dosvid pisliavoiennoho vidnovlennia mist» [Proiekt USAID «Ekonomichna pidtrymka Ukrainy»] [Experience of Post-



War Urban Reconstruction [USAID Economic Support to Ukraine Project]]
Ukraina, Kyiv, pp. 86

2. Oliinyk, O., & Chyzhevskiy, O. (2024). Principles of restoration of cultural heritage in the conditions of post-war reconstruction of Ukraine. [Theory and Practice of Design], issue 31, pp. 53-60

<https://doi.org/10.32782/2415-8151.2024.31.6>

3. Novoselchuk N. Ye. (2013). Do pytannia proektuvannia budivel finansovykh ustanov v Ukraini na mezhi XIX-XX stolit [On the issue of designing buildings of financial institutions in Ukraine at the turn of the 19th and 20th centuries] [Problemy teorii ta istorii arkhitektury], issue 13, pp. 136–140
4. Novoselchuk N., Shevchenko L., Troshkina O., Shevchenko A., Skorobohatko O. (2025). Kharkiv Architectural Heritage in the 19th-20th Centuries Stands in the Period of the Newest Challenges of Modernity [International Journal of Conservation Science: Special Issue], (16), 579–592

DOI: 10.36868/IJCS.2025.si.16 pp. 579-592

5. Shevchenko L.S. (2019). Second Life of the Residential Building Area of the Middle of the 50s—Early 80s of the Twentieth Century in Ukraine: Opportunities and Perspectives [Lecture Notes in Civil Engineering], vol. 73, pp. 449-462

https://doi.org/10.1007/978-3-030-42939-3_37

6. Shevchenko, L., Mykhaylyshyn, O., Novoselchuk, N., Troshkina, O., Kamal, M.A. (2023). Landscaping and Greening of the Residential Buildings Courtyards of the 50s–Early 80s of the XX Century in Ukraine: Current Situations and Renewal Perspectives. In: Onyshchenko, V., Mammadova, G., Sivitska, S., Gasimov, A. (eds) [Proceedings of the 4th International Conference on Building Innovations. ICBI 2022. Lecture Notes in Civil Engineering], vol 299, pp. 541–558

https://doi.org/10.1007/978-3-031-17385-1_43

7. Mykhaylyshyn, O., Shevchenko, L., Mahey, A. (2023). Digital technologies as an innovative tool for the preservation of the palace complexes of Podillya in the late 19th – Early 20th century. 5th International Scientific and Practical Conference “Innovative Trchnology in Aechitecture and Design” (ITAD-2021) [*AIP Conf.*



Proc., volume 2490, issue 1, pp. 040015-1 - 040015-7.

<https://doi.org/10.1063/5.0122741>

8. Shevchenko L.S. (2024). Kulturno-istorychna spadshchyna Poltavy: vyvchennia, doslidzhennia, suchasni vyklyky i perspektyvy [Cultural and historical heritage of Poltava: study, research, modern challenges and prospects] Zbirnyk nauk. prats XVII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Akademichna y universytetska nauka: rezultaty ta perspektyvy], 12-13 hrudnia, Poltavska politekhnika, Poltava, pp. 522-524
9. Shevchenko L., Kobzar M. (2015). Zasoby dyzainu arkhitekturnoho seredovyshcha pry renovatsii obektiv kulturnoi spadshchyny [Architectural environment design tools for the renovation of cultural heritage sites] zb. nauk. prats za materialamy Vseukr. nauk. konf. ta mol. vchenykh, asp. ta stud. [Istorychnyi dosvid i suchasni tendentsii rozvytku arkhitektury, dyzainu, mistobuduvannia ta obrazotvorchoho mystetstva], Poltava : PoltNTU, pp. 397-400
10. Novoselchuk, N. (2022). National traditions in the architecture of Ukrainian modernism of the early 20th century [Docomomo Journal], issue 67, pp. 66-71
<https://doi.org/10.52200/docomomo.67.07>
11. Bozhynskyi, N., Bozhynskyi, B., Shevchenko, L., Novoselchuk, N., Kamal, M.A. (2023). Implementation of Folk Housing Traditions in Modern Individual Housing Construction. In: Onyshchenko, V., Mammadova, G., Sivitska, S., Gasimov, A. (eds) [Proceedings of the 4th International Conference on Building Innovations. ICBI 2022. Lecture Notes in Civil Engineering], vol 299, pp. 421–431
https://doi.org/10.1007/978-3-031-17385-1_33
12. Savchenko, T., Shevchenko, L. (2023). National character in Poltava architecture of the beginning of the twentieth century [*URBANI IZZIV*], issue 34(1), pp. 92–106
DOI: 10.5379/urbani-izziv-2023-34-01-0
13. Liudmyla Shevchenko, Natalia Novoselchuk, Olena Troshkina (2022). Traditions in the formation of historical manor parks of the Poltava Region (Ukraine) [Landscape Architecture and Art], vol. 21, No. 21, pp. 105-114



DOI: 10.22616/j.landarchart.2022.21.11

14. Novoselchuk N. Ye. (2018). Spadkoiemnist istorychnykh styliv v interieri [The inheritance of historical styles in the interior] zb. nauk. prats [Arkhytekturnyi visnyk KNUBA], issue 14-15, pp. 118-124
15. Novoselchuk N. Ye. Formuvannia interieru hromadskykh budivel kintsia XIX – pochatku XX stolittia (na prykladi Kharkivshchyny i Poltavshchyny) [Formation of the interior of public buildings of the late 19th - early 20th centuries (using the example of Kharkiv and Poltava regions)]: dys. ... kand.arkh. : 18.00.01. Kyiv, 2006, 255 p.
16. Final Act of the Intergovernmental Conference on the Protection of Cultural Property in the Event of Armed Conflict (1954). The Hague, 83 p.
17. Do novoho paketu sanktsii YeS potrapyv muzei-zapovidnyk «Khersones Tavriiskyi» [The Tauric Chersonesos Museum-Reserve has been included in the new EU sanctions package] available at: <https://surl.lu/owxzgz> (date of access 10.07.2025).
18. Odne iz Semy chudes Ukrainy – Khersones Tavriiskyi. Mistse ta podiia, yaki zminyly vsiu Skhidnu Yevropu [One of the Seven Wonders of Ukraine – Khersones of Tavrii. The cities and towns that changed all of Western Europe], available at: <https://www.mandria.ua/ukraine/108243> (date of access 15.07. 2025).
19. Text of the Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage, Paris: UNESCO, 2003, available at: <https://ich.unesco.org/en/convention> (date of access: 17.07.2025).
20. Charter for the Conservation of Historic Towns and Urban Areas (1987). Washington, 1987, 3 p.
21. Warsaw Recommendation on Recovery and Reconstruction of Cultural Heritage (2018). Warszawa: National Institute of Cultural Heritage, 53 p.
22. The Warsaw Uprising Mound Park, available at: <https://landezine.com/the-warsaw-uprising-mound-park-by-toposcape/> (date of access: 17.07.2025)
23. Atabay, Z.E., Macedonio, A., Teba, T. and Unal, Z. (2024). Destruction, heritage and memory: post-conflict memorialisation for recovery and reconciliation



[Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development], vol. 14, No. 4, pp. 477-496.

<https://doi.org/10.1108/JCHMSD-06-2021-0103>

24. Webinar 5 ENG - Healing the Old City of Mosul, available at: <https://www.youtube.com/watch?v=WGp8JPvaVII&t=233s> (date of access: 11.07.2025).
25. Olha Datsiuk. Zvilnennia Mosula: 10 faktiv pro kolyshniu stolytsiu IDIL v Iraku [The Destruction of Mosul: 10 Facts About the Last Century of ISIS in Iraq], available at: <https://hromadske.ua/posts/zvilnennya-mosula> (date of access: 14.07.2025).
26. Ukrainskyi kulturnyi fond. Mapa kulturnykh vtrat [Ukrainian Cultural Fund. Map of Cultural Losses], available at: <https://uaculture.ucf.in.ua/culture-loss/> (date of access: 17.07.2025).
27. Za try roky viiny v Ukraini bulo zruinovano 1390 kulturnykh pamiatok [In the three years of the war in Ukraine, 1,390 cultural monuments were destroyed], available at: <https://www.kyivpost.com/uk/post/47741> (date of access: 16.07.2025).
28. Architectural Heritage Preservation in Times of War: The Ukrainian Model, available at: <https://heritagemanagement.org/projects/p2/architectural-heritage-preservation-in-times-of-war-the-ukrainian-model/> (date of access: 11.07.2025).
29. Tsatsenko Ye. Khto ta yak otsyfrovuie spadshchynu v Ukraini [Who and how digitizes heritage in Ukraine], available at: <https://skvot.io/uk/blog/who-and-how-digitizes-heritage-in-ukraine> (date of access: 15.07.2025).
30. Webinar 3 EN – Digital Documentation of Heritage for Restoration and Rebuilding of Damaged Monuments, available at: <https://www.youtube.com/watch?v=1kie2kQgwiE&t=1497s> (date of access: 16.07.2025).

Chapter 12.

1. Change Started. Urban Heat Island Effect and Green Spaces in India. 2024. Available online: <https://changestarted.com/urbanheat-island-effect-and-green->



spaces-in-india/ (accessed on 20 June 2025).

2. Zhou, W.; Yu, W.; Zhang, Z.; Cao, W.; Wu, T. How Can Urban Green Spaces Be Planned to Mitigate Urban Heat Island Effect under Different Climatic Backgrounds? A Threshold-Based Perspective. *Sci. Total Environ.* 2023, 890, 164422.
3. Murtinova, V.; Gallay, I.; Olah, B. Mitigating Effect of Urban Green Spaces on Surface Urban Heat Island during Summer Period on an Example of a Medium Size Town of Zvolen, Slovakia. *Remote Sens.* 2022, 14, 4492.
4. O'Malley, C.; Piroozfarb, P.; Farr, E.; Gates, J. An Investigation into Minimizing Urban Heat Island (UHI) Effects: A UK Perspective. *Energy Procedia* 2014, 62, 72–80.
5. Mohajerani, A.; Bakaric, J.; Jeffrey-Bailey, T. The Urban Heat Island Effect, Its Causes, and Mitigation, with Reference to the Thermal Properties of Asphalt Concrete. *J. Environ. Manag.* 2017, 197, 522–538.
6. Han, D.; Zhang, T.; Qin, Y.; Tan, Y.; Liu, J. A Comparative Review on the Mitigation Strategies of Urban Heat Island (UHI): A Pathway for Sustainable Urban Development. *Clim. Dev.* 2022, 15, 379–403.
7. Jandaghian, Z.; Colombo, A. The Role of Water Bodies in Climate Regulation: Insights from Recent Studies on Urban Heat Island Mitigation. *Buildings* 2024, 14, 2945.
8. Cheela, V.R.S.; John, M.; Biswas, W.; Sarker, P. Combating Urban Heat Island Effect—A Review of Reflective Pavements and Tree Shading Strategies. *Buildings* 2021, 11, 93.
9. Jamei, E.; Chau, H.W.; Seyedmahmoudian, M.; Stojcevski, A. Review on the Cooling Potential of Green Roofs in Different Climates. *Sci. Total Environ.* 2021, 791, 148407.
10. Qiu, G.; Li, H.; Zhang, Q.; Chen, W.; Liang, X.; Li, X. Effects of Evapotranspiration on Mitigation of Urban Temperature by Vegetation and Urban Agriculture. *J. Integr. Agric.* 2013, 12, 1307–1315.
11. Razzaghmanesh, M.; Beecham, S.; Salemi, T. The Role of Green Roofs in



- Mitigating Urban Heat Island Effects in the Metropolitan Area of Adelaide, South Australia. *Urban For. Urban Green*. 2016, 15, 89–102.
12. He, Y.; Lin, E.S.; Tan, C.L.; Yu, Z.; Tan, P.Y.; Wong, N.H. Model Development of Roof Thermal Transfer Value (RTTV) for Green Roof in Tropical Area: A Case Study in Singapore. *Build. Environ*. 2021, 203, 108101.
13. Gunawardena, K.; Wells, M.; Kershaw, T. Utilizing Green and Blue Space to Mitigate Urban Heat Island Intensity. *Sci. Total Environ*. 2017, 584–585, 1040–1055.
14. Wang, Z.; Zhao, X.; Yang, J.; Song, J. Cooling and Energy Saving Potentials of Shade Trees and Urban Lawns in a Desert City. *Appl. Energy* 2016, 161, 437–444.

Chapter 13.

1. Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. Москва : Госстройиздат, 1962. 96 с.
2. Голишев О.Б., Бамбура А.М. Курс лекцій з основ розрахунку будівельних конструкцій і з опору залізобетону. Київ : Логос, 2004. 340 с.
3. Каранфилов Т.С. Влияние некоторых факторов на деформации виброползучести бетона. Известие вузов: Строительство и архитектура. 1976. Т. 1. С. 153–157.
4. Бондаренко В.М. Некоторые вопросы нелинейной теории железобетона. Харьков : Харьковский университет, 1968. 324 с.
5. Каранфилов Т.С., Волков Ю.С. Работа железобетонных конструкций на многократно повторную нагрузку. Сб. Статей: «Применение железобетона в машиностроении» под ред. Людковского И.Г.. 1964. С. 43 – 80.
6. Голышев А.Б., Полищук В.П., Бачинский В.Я.. Железобетонные конструкции. Київ : Логос, 2001. 420 с.
7. Голышев А.Б., Полищук В.П., Руденко И.В. Расчет железобетонных стержневых систем с учетом фактора времени. Київ : Будівник, 1984. 128 с.
8. Рекомендации по учету ползучести и усадки бетона при расчете бетонных и железобетонных конструкций. Москва : Стройиздат, НИИЖБ Госстроя



СССР, 1988. 120 с.

9. Буратинський А. Розрахунок стержневих залізобетонних систем з урахуванням деформованої схеми і повзучості при статичному та вібраційному навантаженні : автореф. дис. ... канд. / Міністерство освіти та науки України. ДВНЗ "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури". Дніпропетровськ, 2014. 23 с.
10. ДСТУ Б В.2.7-216:2009. Методи визначення деформацій усадки та повзучості. На заміну ГОСТ 24544-81. України: Мінрегіонбуд, 2010. 31 с.
11. ДСТУ Б В.2.7-218:2009. Методи випробування на витривалість. України: Мінрегіонбуд, 2010. 13 с.
12. ДСТУ Б В.2.7-217:2009. Методи визначення призмової міцності, модуля пружності і коефіцієнта пуассона. На заміну ГОСТ 24452-80. України: Мінрегіонбуд, 2010. 17 с.



SCIENTIFIC EDITION

MONOGRAPH
ENTWICKLUNG DES WISSENSCHAFTLICHEN DENKENS
INNOVATIVE TECHNOLOGIE, INFORMATIK, ARCHITEKTUR UND BAUWESEN
SCIENTIFIC THOUGHT DEVELOPMENT
INNOVATIVE TECHNOLOGY, COMPUTER SCIENCE, ARCHITECTURE AND
CONSTRUCTION
MONOGRAPHIC SERIES «EUROPEAN SCIENCE»
BOOK 41. PART 7

Authors:

Osadchuk O.V. (1), Osadchuk I.O. (1), Simakhina G.O. (2), Gorbachuk M.T. (3),
Ivanova A.D. (3), Klimusha V.S. (3), Mykhaylov E.P. (4), Lingur V.N. (4),
Vudvud A.N. (4), Yarovy A.S. (4), Mysak I.V. (5), Mysak P.V. (5), Avdieieva L.Y. (6),
Makarenko A.A. (6), Turchyna T.Y. (6), Dekusha H.V. (6), Kuklin V.M. (7),
Sirenka T.O. (7), Shapovalova O.O. (7), Kosolapov A. (8), Romanenko A. (8),
Maksymov V.V. (9), Khrapovitsky I.A. (9), Kobzev I. (10), Petrov K. (10),
Hrabovskyi Y. (10), Horelov Y. (10), Kosenko V. (10), Novoselchuk N. (11),
Shevchenko L. (11), Mysak I.V. (12), Mysak P.V. (12), Buratynskiy A. (13)

The scientific achievements of the authors of the monograph were also reviewed and recommended for publication at the international scientific symposium
«Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens /
Scientific thought development '2025»
(June 30, 2025)

Monograph published in the author's edition

The monograph is included in
International scientometric databases

500 copies
June, 2025

Published:
ScientificWorld-NetAkhatAV
Lußstr 13,
Karlsruhe, Germany



e-mail: editor@promonograph.org
<https://desymp.promonograph.org>



<https://desymp.promonograph.org>

e-mail: editor@promonograph.org

