

**Шехоркіна С.С. ОЦІНКА ВУГЛЕЦЕВОГО СЛІДУ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ ГІБРИДНОЇ ДЕРЕВО-ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ БУДІВЛІ.** Робота присвячена дослідженню ефективності використання багатоповерхових гібридних будівель з дерев'яними конструкціями за критерієм зменшення вуглецевого сліду. Розглянуто два варіанти 15-поверхової будівлі із залізобетонним каркасом та гібридним каркасом (колони та балки з клеєної деревини та залізобетонне ядро жорсткості). Оцінка вуглецевого сліду була проведена з урахуванням вимог стандарту EN 15978, який враховує всі стадії життєвого циклу та можливість переробки компонентів та матеріалів після ліквідації будівлі. Отримані результати підтвердили, що використання гібридної конструктивної системи з переважним використанням несучих дерев'яних елементів дозволяє зменшити викиди вуглекислого газу при виробництві матеріалів та виробів для будівництва гібридної будівлі в 3,7 рази, при транспортуванні до будівельного майданчика - 7,8 разів, при перевезенні та утилізації будівельних відходів у 10,8 та 6,6 разів, відповідно. Значне зменшення вуглецевого сліду розглянутих гібридних дерево залізобетонних підтверджує доцільність використання гібридних систем для багатоповерхового будівництва.

**Ключові слова:** вуглецевий слід, викиди, гібридна будівля, деревина, залізобетон.

doi.org/10.29295/2311-7257-2018-101-3-127-133

УДК 624.012

**Яровий С.М.**

*Харківський національний університет будівництва і архітектури  
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: [psp.nauka@gmail.com](mailto:psp.nauka@gmail.com), [orcid.org/0000-0003-2886-9456](https://orcid.org/0000-0003-2886-9456))*

**Ярова О.В.**

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського (ХАІ)  
(вул. Чкалова, 17, Харків, 61070, Україна; e-mail: [helga.yarovaya@gmail.com](mailto:helga.yarovaya@gmail.com), [orcid.org/0000-0003-2886-9456](https://orcid.org/0000-0003-2886-9456))*

## **ДОВГОВІЧНОСТЬ МЕТАЛЕВИХ ДИМОВИХ І ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ТРУБ ПРИ ЗАГАЛЬНІЙ ВТРАТІ СТІЙКОСТІ ТРУБИ І ПРОГАРАМИ В СТІНЦІ**

Металеві димові та вентиляційні труби під час усього життєвого циклу піддаються значним силовим і вітровим впливам, а також дії агресивних високотемпературних газів зовні і всередині труби. Усі ці чинники несприятливо позначаються на експлуатаційній довговічності металевих димових і вентиляційних труб та призводять до утворення і накопичення дефектів і пошкоджень. Металеві висотні споруди після тривалого терміну експлуатації перевіряють на витривалість з урахуванням корозійного чинника. Для цього випадку надані рівняння циклічної довговічності, де процес руйнування елементів контролюється максимальними заданими напруженнями, а не деформаціями У процесі експлуатації у стовбурі металевих димових труб внаслідок високотемпературних впливів димових газів можуть виникати наскрізні пошкодження – тріщини або прогари. Отримано формули для розрахунків коефіцієнта зниження несучої здатності і довговічності димової труби з отворами (прогарами)

**Ключові слова:** димові та вентиляційні труби, довговічність, втомленість металу, втрата стійкості труби, прогари.

Димові і вентиляційні труби на промислових підприємствах – складні, дорогі висотні інженерні споруди, які піддаються значним силовим і вітровим впливам, а також дії агресивних високотемпературних газів, що рухаються всередині труби (рис.1).

На димові труби протягом усього життєвого циклу постійно діють різні навантаження, у тому числі від власної ваги, пульсаційні вітрові і температурні навантаження [1, 5, 7, 12, 13].

Металеві висотні споруди після тривалого терміну експлуатації перевіряють на витривалість з урахуванням корозійного чинника [2, 4, 8, 10]. Розрахунок на витривалість елементів висотних споруд виконується за формулою

$$\sigma_{\max} \leq \alpha R_v v_v, \quad (1)$$

де  $R_v$  – розрахунковий опір втомі металу;  $\alpha$  – коефіцієнт, що враховує кількість циклів навантажень  $n$  і визначається за формулою



Рис. 1. Димові труби висотою 22 м компресорної станції «Задніпровська» магістрального газопроводу «Кременчук – Ананьїв – Чернівці – Богородчани»

$$\alpha = 0,7 \left( \frac{n}{10^6} \right)^2 - 0,64 \left( \frac{n}{10^6} \right) + 2,2, \quad (2)$$

$v_v$  – коефіцієнт, що залежить від виду напруженого стану і коефіцієнта асиметрії напруження і визначається за таблицею 1.

Таблиця 1 – Значення коефіцієнта  $v_v$

$\sigma_{max}$	Коефіцієнт асиметрії напруження $\rho$	Формула для обчислення $v_v$
Розтяг	$-1 \leq \rho \leq 0$	$v_v = 2,5 / (1,5 - \rho)$
	$0 < \rho \leq 0,8$	$v_v = 2 / (1,2 - \rho)$
	$0,8 < \rho < 1$	$v_v = 1 / (1 - \rho)$
Стискання	$-1 \leq \rho < 1$	$v_v = 2 / (1 - \rho)$

Коефіцієнт асиметрії дорівнює  $\rho = \sigma_{min} / \sigma_{max}$ , де  $\sigma_{min}$  і  $\sigma_{max}$  – найбільше і найменше за абсолютним значенням напруження у розрахованому елементі без урахування коефіцієнта динамічності.

Елементи димових труб і несучих веж задовольняють вимоги розрахунку на витривалість, якщо добуток  $\alpha R_v v_v$  не перевищує тимчасовий розрахунковий опір сталі на розтяг  $R_u$ , розділений на коефіцієнт надійності за тимчасовим опором  $v_u$ .

Корозійний вплив при розрахунку на витривалість необхідно враховувати шляхом уведення у формулу (1) коефіцієнта зниження розрахункового опору втомі  $k_{кор}$  ( $k_{кор} \leq 1,0$ ), і тоді ця умова міцності матиме вигляд

$$\sigma_{max} \leq \alpha k_{кор} R_v v_v. \quad (3)$$

Довговічність металевих димових труб з урахуванням динамічного і корозійного впливів можна визначити за формулою

$$\tau_T = \frac{t_0}{v_0} (1 - K_{HRv}) \cdot \left( 1 + k_\sigma \frac{V \cdot R_v}{3 \cdot R \cdot T} \cdot \sqrt{K_{HRv}} \right), \quad (4)$$

де  $K_{HRv}$  – коефіцієнт використання несучої здатності за розрахунковим опором втомі  $R_v$ .

Багато металевих труб працюють у режимі пульсуючого циклу зміни напружень, і процеси малоциклової пошкоджуваності зумовлені більш складними процесами взаємодії внутрішніх і зовнішніх напружень, тому процес руйнування елементів контролюється максимальними заданими напруженнями, а не деформаціями [2].

У цьому випадку зазвичай використовують ступеневі функції, які добре описують дослідні криві довговічності в координатах «число циклів навантаження до руйнування – прикладене циклічне напруження». Для цього випадку рівняння циклічної довговічності матиме вигляд:

$$N_p = A n_\epsilon^m, \quad (5)$$

де  $A$  і  $m$  – константи, визначені дослідним шляхом;  $n_\epsilon$  – коефіцієнт запасу міцності за номінальними робочими напруженнями.

Коефіцієнт  $n_\epsilon = \sigma_u / \sigma_p$ , де  $\sigma_p$  – робоче номінальне напруження. При  $n_\epsilon = 1,0$  рівняння циклічної довговічності  $N_p = A$ .

Криві довговічності зручно представляти в логарифмічних координатах у вигляді кількох прямих, що перетинаються між собою.

Криві довговічності, визначені експериментально за критеріями малоциклової пошкоджуваності, і визначені за формулою (5), за характером збігаються, тобто відповідають тому самому закону.

Розрахункові дані, отримані на основі формули (5), дещо менші за результати малоциклових випробувань із тріщиноподібними дефектами.

На практиці на стовбур димової труби одночасно діють напруження від власної ваги  $\sigma_\epsilon$ , від вітрового моменту  $\sigma_{\epsilon m}$  і температурного впливу  $\sigma_{\Delta T}$ , і сумарне напруження складатиме:

$$\sigma_{\text{сум}} = \sigma_\epsilon + \sigma_{\epsilon m} + \sigma_{\Delta T}.$$

У цьому випадку довговічність стовбура димової труби можна розрахувати (враховуючи, що  $F_H = \sigma_{\text{сум}} / \sigma_m$ ) за формулою:

$$\tau_T = (1 - F_H) \cdot (1 + k_\sigma \cdot \sigma_{\text{сум}} \cdot \sqrt{F_H}), \quad (6)$$

Втрата загальної стійкості стовбура димової труби спочатку може відбутися внаслідок порушення стійкості круглої форми.

Особливістю загальної втрати стійкості (перший граничний стан) є той факт, що фактичне напруження виявляється нижчою за границю плинності металу –  $\sigma_{cT} < \sigma_T$ .

Оцінювання довговічності димової труби в умовах втрати загальної стійкості можна здійснити, проінтегрувавши рівняння (4) у межах від 0 до  $t_y$  і від  $\sigma_0$  до  $\sigma_{cT}$ .

При цьому рівняння (4) матиме такий вигляд:

$$\tau_T = \frac{S_0}{v_0} (1 - K_{ny}) \cdot \left(1 + \frac{V \cdot \sigma}{3 \cdot R \cdot T} \sqrt{K_{ny}}\right), \quad (7)$$

де  $K_{ny}$  – коефіцієнт використання несучої здатності за критичними напруженнями стійкості.

У процесі експлуатації у стовбурі металевих димових труб внаслідок високотемпературних впливів димових газів можуть виникати наскрізні пошкодження – тріщини або прогари (рис. 2).



Рис. 3. Тимчасова заглишка на місці прогару у стовбурі димової труби

Наскрізні отвори (прогари і тріщини) у стовбурі димової труби є концентраторами напружень і призводять до зменшення робочого перерізу і зниженню її несучої здатності [3, 6, 9, 10, 11, 14]. При експлуатації прогари у стовбурі не допускаються і мають бути негайно усунені після їх виявлення.

У якості розрахункової моделі димової труби з пошкодженням можна взяти розгортку димової труби, зображеної на рис. 3.

Для таких випадків теоретичний коефіцієнт концентрації напружень  $\alpha_\sigma$  визначається за відомою формулою [3]:

$$\alpha_\sigma = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_n} = 1 + 2 \frac{v}{c}, \quad (8)$$

де  $\sigma_{\max}$  і  $\sigma_n$  – максимальні номінальні напруження;  $v$  і  $c$  – параметри еліптичного наскрізного пошкодження.

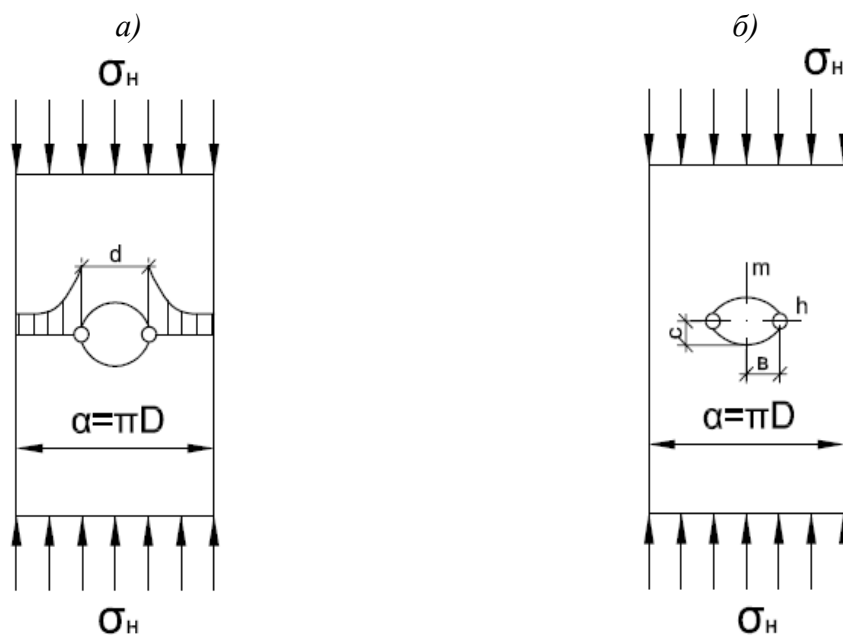


Рис. 3. Розгортки димових труб з пошкодженнями: а) з круглим отвором; б) овальне пошкодження із засвердленими краями

Для круглого наскрізного пошкодження ( $b = c$ ) коефіцієнт концентрації напруження  $\alpha_\sigma = 3$ . Звуження наскрізного отвору (зменшення  $c$  і збільшення  $b/c$ ) призводить до значного зростання  $\alpha_\sigma$ . Виходячи з цього, можна припустити, що максимальні напруження не перевищують границю пружності.

Розподіл напружень за границею пружності залежить від пластичності матеріалу. Пластичну сталь можна піддавати значному розтягу за границею плинності без великого зростання напружень.

Виходячи з цього, розподіл напружень за границею плинності зі збільшенням напружень стає все більш рівномірним. Це пояснюється тим, що для пластичних матеріалів овальні і круглі отвори не зменшують міцності на розрив при статичному навантаженні.

Для крихких металів (киплячі сталі) висока концентрація напружень не зменшується до самого розриву, що призводить до різкого зменшення міцності на розрив стрижня з крихкої сталі за наявності в ньому отворів.

Сталі, що застосовують для виготовлення димових труб, належать до категорії достатньо пластичних. Міцність пластини з отвором можна поррахувати за граничними напруженнями у нетто-перерізі моделі. Граничні напруження в цьому перерізі можуть доходити до тимчасового опору металу  $\sigma_u$ .

Входячи з цього, несуча здатність металеві труби буде визначатися ступенем зниження площі робочого перерізу труби, що оцінюється безрозмірним параметром  $m_d = d/\pi \cdot D$ , де  $D$  – діаметр труби.

Коефіцієнт зниження несучої здатності труби  $\bar{P}$  з наскрізними пошкодженнями визначаємо за формулою:

$$\bar{P} = \frac{P}{P_0} = \frac{\sigma_c}{\sigma_a} = 1 - m_d . \quad (9)$$

Виходячи з дослідних даних, коригуємо формулу (5.53):

$$\bar{P} = 1 - m_d^q, \quad (10)$$

де  $q$  – константа ( $q = 0,25$ ).

Наскрізні пошкодження є концентраторами напружень і можуть знижувати граничне напруження в нетто-перерізі. Для оцінювання такого явища уведемо емпіричний коефіцієнт чутливості металу до концентрації напружень при статичному навантаженні –  $K_D$ .

З урахуванням  $K_D$  формула для визначення коефіцієнта зниження несучої здатності труби (10) матиме вигляд:

$$\bar{P} = K_D(1 - m_d^q) \quad (11)$$

Для маловуглецевих (ВСтЗпс, ВСтЗсп) і низьколегованих сталей (16ГС, 09Г2С, 10Г2С1), з яких виготовляють димові труби,  $K_D = 1,0$ .

При оцінюванні довговічності труб з отворами коефіцієнт запасу міцності необхідно підставляти замість коефіцієнта  $n_a$ :  $n_{np} = \frac{\sigma_{np}}{\sigma_p}$ , де  $\sigma_{np}$  – граничне напруження для труби з отвором.

У такому випадку рівняння циклічної довговічності труб з прогарами (отворами) матиме вигляд:

$$N_p = An_{gh}^m = A \left( \frac{\sigma_{np}}{\sigma_p} \right)^m \quad (12)$$

Для оцінювання коефіцієнта зниження малоциклової довговічності  $\varphi_N$  труб з наскрізними пошкодженнями отримана така формула:



$$\phi_N = \frac{N_p}{N_{pв}} = \phi_p^m, \quad (13)$$

де  $m$  – константа ( $m \approx 1,25$ );  $N_p$  – довговічність труби з даним пошкодженням;  $N_{pв}$  – довговічність труби при  $\phi_N = 1,0$ .

Особливістю цієї функції є різке зниження  $\phi_N$  при незначному зменшенні  $\phi_p$  у порівняно вузькому діапазоні  $0,8 < \phi_p < 1,0$ .

Таким чином, отримано формули для розрахунків коефіцієнта зниження несучої здатності і довговічності димової труби з отворами (прогарами).

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Гордеев В.Н., Лантух-Лященко А.И., Пашинский В.А., Перельмутер А.В., Пичугин С.Ф. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. 482 с.
2. Гусенков А.П., Зацаринный В.В., Шнейдерович Р.М. Методика получения характеристик сопротивления малоцикловому деформированию и разрушению при измерении поперечных деформаций. Заводская лаборатория. М.: 1971. №4. С. 464-468.
3. Добровольский В.И., Добровольский С.В. Оценка вязкости разрушения модельных элементов с учетом размера трещин. Заводская лаборатория, Диагностика материалов. М.: 2004. №10. С.47-52.
4. Зайнулин Р.С. Определение безопасного срока эксплуатации действующих трубопроводов в условиях коррозионного износа. Прикладная механика механохимического разрушения. 2004. №1. С. 10-15.
5. Металлические конструкции / Г.С. Ведеников и коллектив авторов. М.: Стройиздат, 1998. 758 с.
6. Методика обследования технического состояния промышленных дымовых и вентиляционных труб. / Х.М. Ханухов, И.И. Симонов, С.Н. Яровой и др. Стандарт саморегулирующей организации. СТО СРО ЭТМП 03-16. М.: 2016. 68 с.
7. Настанова щодо обстеження будівель та споруд для визначення оцінки їх технічного стану. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2018. К. ДП «УкрНДНЦ», 2017. 42 с.
8. Стальные конструкции. Нормы проектирования, изготовления и монтажа. ДБН В.2.6-163:2010. К.: Минрегионстрой Украины, 2011. 127с.
9. Шаповал Д.В. Долговечность стволов металлических дымовых труб с трещиноподобными дефектами. Дис. канд. тех наук. Уфа, 2004. 127 с.
10. Яровой С.Н. Довговічність та залишковий ресурс металевих димових труб з урахуванням температурного та корозійного впливу. Зб. наукових праць «Науковий вісник

- будівництва». Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2017. Вип. 2(88). С.110-114.
11. Яровой С.Н. Урахування залишкових зварювальних напружень при підсиленні димових труб з тріщино подібними дефектами. Зб. наукових праць «Науковий вісник будівництва». Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2018. Вип. 3 (93). С.110-114.
12. Peil Udo. Ветровые нагрузки на высотные сооружения. Mitt. Techn. Univ. Carolo Wilhelmina, Braunschweig. 1995. 30. №1. P. 50-56, 58- 64, 68-72.
13. EN 1991-1-4. Eurocode 1: Action on structures – Part 1-4. General actions. Wind action. Brussels: CEN, 2002. p. 151.
14. Yarovoj S., Dorofeev E., Benko V. Extension of the performance of metallic smoke pipes in improving the ecology of regions. Monograph – Dnipro – Bratislava: SHEE «Pridniprovskia State Academi of the Civil Ingeneering and Arhitecture» – Slovac Universiny of Tehnology in Bratislava, 2018. P. 85-93.

#### REFERENCES:

1. Gordeev V.N., Lantukh-Lyashhenko A.I., Pashinskij V.A., Perel`muter A.V., Pichugin S.F. Nagruzki i vozdeystviya na zdaniya i sooruzheniya. M.: Izdatel`stvo Assocziaczii stroitel`ny`kh vuzov, 2007. 482 s.
2. Husenkov A.P., Zatsarynnyi V.V., Shneiderovych R.M. Metodyka polucheniya kharakterystyk soprotyvleniya malotsyklovomu deformatsyuvaniyu y razrusheniyu pry yzmerenyy poperechnykh deformatsiyi. Zavodskaiia laboratoria. M.: 1971. №4. S. 464-468.
3. Dobrovolskyi V.Y., Dobrovolskyi S.V. Otsenka viazkosty razrusheniya modelnykh elementov s uchetom razmera treshchyn. Zavodskaiia laboratoria, Dyahnostyka materyalov. M.: 2004. №10. S.47-52.
4. Zainulyn R.S. Opredelenye bezopasnoho sroka ekspluatatsyy deistvuiushchykh truboprovodov v uslovyiakh korrozyonnoho yznosa. Pryn-ladnaia mekhanyka mekhanokhymycheskoho razrusheniya. 2004. №1. S. 10-15.
5. Metallicheskie konstrukczii / G.S. Vedenikov i kolektiv avtorov. M.: Strojizdat, 1998. 758 s.
6. Metodika obsledovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya promy`shlenny`kh dy`movy`kh i

- ventylacyjny`kh trub. / Kh.M. Khanukhov, I.I. Simonov, S.N. Yarovoj i dr. Standart samoreguliruyushhej organizacii. STO SRO E`TMP 03-16. M.: 2016. 68 s.
7. Nastanova shhodo obstezhennya budi`vel` ta sporud dlya viznachennya oczi`nki yikh tekhnichnogo stanu. DSTU-N B V.1.2-18:2018. K. DP «UkrNDNCz», 2017. 42 s.
  8. Stal`ny`e konstrukcii. Normy` proektirovaniya, izgotovleniya i montazha. DBN V.2.6-163:2010. K.: Minregionstroj Ukrainy`, 2011. 127 s.
  9. Shapoval D.V. Dolhovechnost stvolov metallicheskykh dymovykh trub s treshchynopodobnyimi defektami. Dys. kand. tekhn. nauk. Ufa, 2004. 127 s.
  10. Iarovoi S.N. Dovhovichnist ta zalyshkovyi resurs metalevykh dymovykh trub z urakhuvanniam temperaturnoho ta koroziiinoho vplyvu. Zb. naukovykh prats «Naukovyi visnyk budivnytstva». Kharkiv: KhNUBA, KhOTV ABU, 2017. Vyp. 2(88). S. 110-114.
  11. Iarovoi S.N. Urakhuvannia zalyshkovykh zvarivnykh napruzhen pry pidsylenni dymovykh trub z trishchyno podibnymy defektami. Zb. naukovykh prats «Naukovyi visnyk budivnytstva». Kharkiv: KhNUBA, KhOTV ABU, 2018. Vyp. 3 (93). S.110-114.
  12. Peil Udo. Vetrovyye nahruzky na vysotnye sooruzheniya. Mitt. Techn. Univ. Carolo Wilhelmina, Braunshweig. 1995. 30. №1. R. 50-56, 58-64, 68-72.
  13. EN 1991-1-4. Eurocode 1: Action on structures – Part 1-4. General actions. Wind action. Brussels: CEN, 2002. p.151.
  14. Yarovoj S., Dorofeev E., Benko V. Extension of the performance of metallic smoke pipes in improving the ecology of regions. Monograph – Dnipro – Bratislava: SHEE «Pridniprovsk State Academy of the Civil Engineering and Architecture» – Slovak University of Technology in Bratislava, 2018. P. 85-93.

**Yaroviy S., Yarova O. DURABILITY OF METAL SMOKE AND VENTILATION PIPES WITH A TOTAL LOSS OF STABILITY OF THE PIPE AND BURNS IN THE WALL.** Metal chimneys and ventilation pipes during the whole life cycle are exposed to significant force and wind influences, as well as the action of aggressive high-temperature gases outside and inside the pipe. All these factors adversely affect the service life of metal chimneys and ventilation pipes and lead to the formation and accumulation of defects and damage. Metal high-rise buildings after a long service life are tested for durability, taking into account the corrosion factor. For this case the equations of cyclic durability are given, where the process of destruction of elements is controlled by the maximum set stresses, instead of deformations. The formulas for calculating the coefficient of reduction of bearing capacity and durability of the chimney with holes (burns).

**Key words:** chimney and ventilation pipes, durability, metal fatigue, pipe stability loss, burnouts.

doi.org/10.29295/2311-7257-2018-101-3-133-141

УДК 66.061.16+544.353

**Шишкіна О.О., Шишкін О.О.**

*Криворізький національний університет*

*(вул. В. Матусевича, 11, Кривий Ріг, Україна, e-mail: [5691180@gmail.com](mailto:5691180@gmail.com); [orcid.org/0000-0002-6644-3897](https://orcid.org/0000-0002-6644-3897))*

## **КЕРУВАННЯ СТРУКТУРОЮ ВОДИ, ПРИЗНАЧЕНОЇ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДРІБНОЗЕРНИСТОГО БЕТОНУ**

Метою роботи є теоретичне обґрунтування механізму структурування води застосуванням ефекту гідрофобної гідратації на прикладі використання в якості наномодифікатора колоїдних гідрофобних поверхнево-активних речовин та поліспирту. Для досягнення мети були поставлені наступні завдання: виконати теоретичні дослідження механізму впливу колоїдних гідрофобних поверхнево-активних речовин та поліспирту на структуру води; для підтвердження результатів теоретичних досліджень виконати з метою дослідження зміни властивостей отриманих водних суспензій вимірювання водневого показника рН і електропровідності суспензії. В роботі представлені результати теоретичних досліджень впливу на структуру води колоїдних гідрофобних поверхнево-активних речовин та поліспирту. Показано, що введення у воду означених поверхнево-активних речовин у над малій концентрації призводить до виникнення ефекту гідрофобної гідратації тобто зміни взаємодії між молекулами води. В роботі використовували в якості колоїдної гідрофобної поверхнево-активної речовини використовували олеат натрію, в якості поліспирту – гліцерин. Визначено, що гідрофобна гідратація характеризується тим, що частина розчиненої речовини здійснює на трансляційний рух молекул води гальмуючу дію й викликаний тим, що частина простору розчину, що відповідає власному об'єму часток розчиненої речовини, виявляється недоступним для молекул води. Гідрофільна й гідрофобна гідратації мають різний механізм. Великі гідрофобні іони викликають упорядкування структури води.