

## КОНСТРУКЦІЯ КРІПЛЕННЯ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ТУНЕЛІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВТОРИННИХ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

**Я**к свідчить досвід, роботи із ремонту та відновлення каналізаційних тунелів є досить трудо- та ресурсоемними через необхідність повного перекриття або зниження рівня стічних вод. Візуальні обстеження, проведені на місцях обвалень каналізаційних тунелів м. Харкова, показали значне зношення залізобетонних конструкцій, особливо склепінь тунелів, в результаті біогенної корозії. На окремих ділянках вони перебувають у передаварійному стані [2, 3].

Глибина залягання каналізаційних тунелів у м. Харкові коливається в інтервалі від 18 м до 22 м, проте існують місця, де глибина залягання зменшується до 12 м або зростає до 55 м. У разі суттєвих пошкоджень і зниження міцності конструкцій оброблення тунелів, крім санації, необхідно передбачати їх підсилення. При цьому постає проблема вибору ефективних конструктивних рішень, а також коректного розрахунку їх несучої здатності [4, 5].

При незначному зниженні несучої здатності оброблення тунелів для забезпечення їх безаварійної і тривалої експлуатації виконується санація трубами на основі полімерів, стійких до дії агресивних середовищ, гідроізоляційні властивості яких перешкоджають подальшій корозії бетонного оброблення [6].

Одним із варіантів відновлення є застосування виробів із вторинних полімерних композитних матеріалів, які завдяки збірній конструкції захисного покриття з окремих елементів, що з'єднуються кромками із «замковими» стилями, мають широкі можливості для застосування [7]. Міжстінний простір згідно з розробленими рішеннями армується і заповнюється бетонною сумішшю. При цьому виникає необхідність у підсиленні конструкцій захисного покриття, що потребує розроблення ефективних і надійних конструктивних рішень, а також виконання розрахунку несучої здатності елементів підсилення [1, 7].

Метою даного дослідження є розроблення конструкції кріплення, яке необхідне для підвищення несучої здатності захисного покриття під



**Д.Ф. Гончаренко**

проректор з науково-педагогічної роботи Харківського національного університету будівництва та архітектури, д.т.н., професор



**А.А. Гармаш**

голова правління ПАТ «Південспецатоменергомонтаж», к.т.н., м. Харків



**В.В. Рюмін**

доцент Харківського національного університету будівництва та архітектури, к.т.н.



**Д.О. Бондаренко**

доцент Харківського національного університету будівництва та архітектури, к.т.н.

час заповнення міжстінного простору бетонною сумішшю.

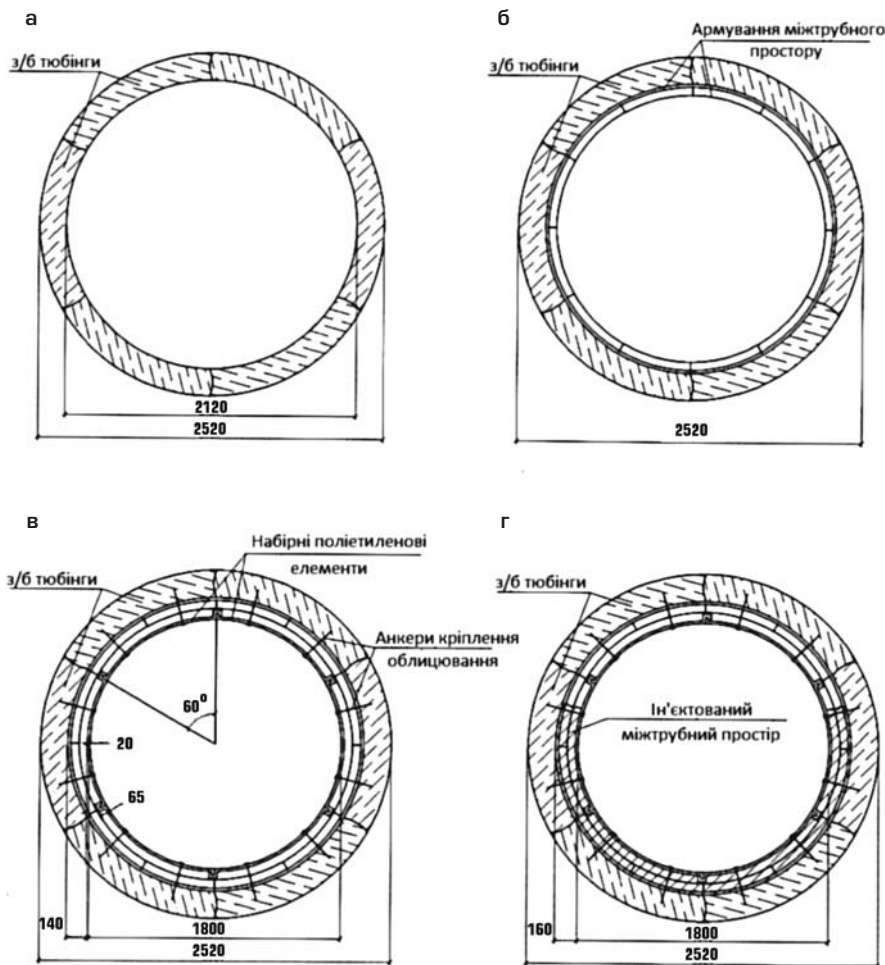
Технологічний цикл виконання робіт із відновлення тунелів при використанні полімерних композитних матеріалів складається з таких основних етапів:

I – очищення і підготовка внутрішніх поверхонь конструкцій обробки тунелю (рис. 1, а);

II – армування міжстінного простору в разі необхідності підсилення (рис. 1, б);

III – монтаж елементів облицювального покриття із полімерних композитних матеріалів (рис. 1, в);

IV – заповнення міжстінного простору методом ін'єктування (рис. 1, г).



**Рис. 1.**  
Етапи відновлення каналізаційного тунелю з використанням елементів із вторинних полімерних композитних матеріалів:

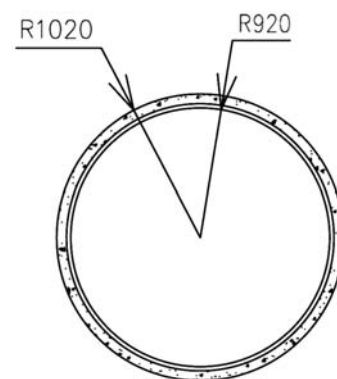
- а – очищення і підготовка внутрішньої поверхні (I етап);
- б – армування міжтрубного простору (II етап);
- в – встановлення композитних елементів облицювального покриття (III етап);
- г – бетонування міжтрубного простору методом ін'єктування (IV етап)

Одним із етапів санації тунелю з використанням збірних конструкцій, виготовлених із вторинних полімерних композиційних матеріалів, є заповнення міжтрубного простору бетонною сумішшю.

Для оцінки рівня навантажень при виконанні бетонування міжтрубного простору та складання розрахункової схеми конструкції кріплення прийнято такі вхідні дані:

- матеріал заповнення зазору між пластиковим обробленням і існуючим каналізаційним тунелем – бетон важкий щільністю  $25 \text{ кН/м}^3$  із урахуванням насичення водою  $27 \text{ кН/м}^3$ ;
- товщина пластикового оброблення  $0,03 \text{ м}$ ;
- коефіцієнт Пуассона  $0,3$  матеріалу оброблення;
- гранично допустима величина овалізації поперечного перерізу прийнята такою, що дорівнює  $3 \%$  як для труб із ПВХ;
- коефіцієнт надійності за навантаженням  $\gamma_{fm} - 1,3$ .

Поперечний переріз каналізаційного тунелю з обробленням показано на рис. 2.



**Рис. 2.** Схема пластикового оброблення та бетонного заповнення

Навантаження розрахункової схеми проводилось з урахуванням того, що бетонна суміш для нагнітання поступово заповнює простір між стінками оброблення і тунелем. Схема визначення тиску від бетонної суміші приведена на рис. 3.

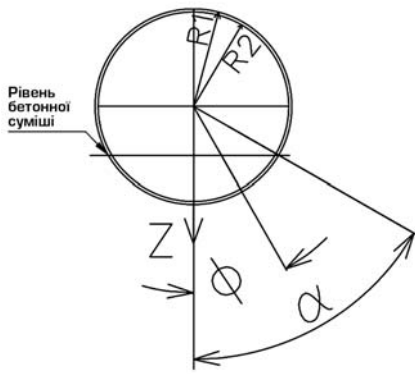


Рис. 3. Схема визначення бокового тиску на оброблення

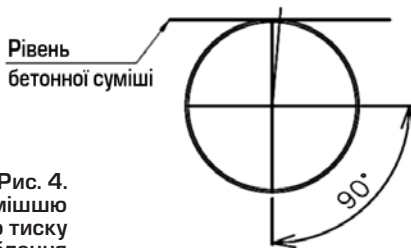
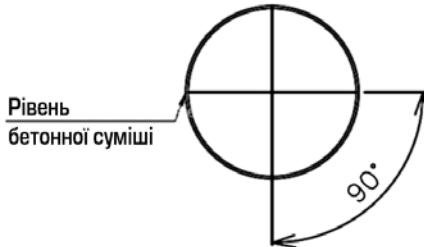
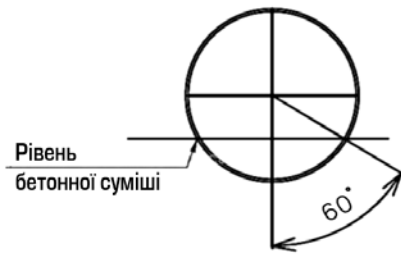
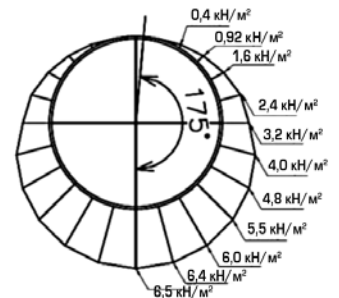
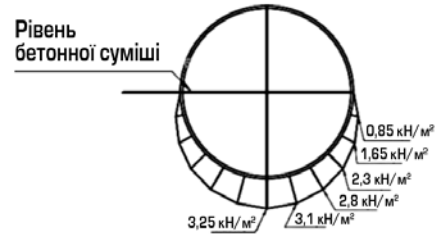
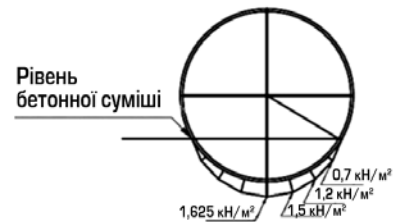


Рис. 4. Схеми заповнення бетонною сумішшю простору і епюри бічного тиску на стінку оброблення



На будь-яку точку стінки нижче рівня рідини (при  $0 \leq \varphi < \alpha$ ) діє тиск

$$q(\varphi) = -\gamma(R_1 - R_2)(\cos \varphi - \cos \alpha),$$

а на точки, що розташовані вище рівня рідини (при  $\alpha < \varphi \leq \pi$ ),  $q(\varphi) = 0$ . Епюри бічного тиску побудовані через  $15^\circ$  для трьох варіантів заповнення простору бетонною сумішшю (рис. 4).

З метою запобігання надмірній деформації оброблення від тиску бетонної суміші необхідно влаштування кріплення, що складається з кільцевих, горизонтальних і зв'язних елементів.

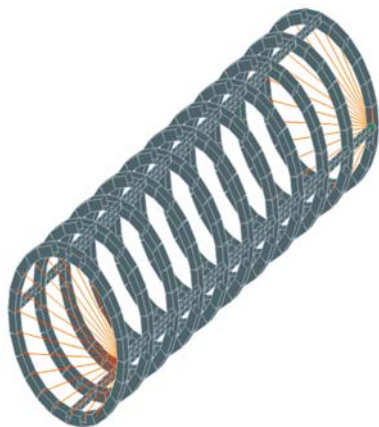


Рис. 5. Загальний вигляд моделі в режимі відображення стрижневих елементів

Відповідно до технічного завдання кільцеві кріплення встановлюються з кроком 600 мм. Аналіз напружено-деформованого стану (НДС) оброблення з кріпленням проведено за допомогою програми SCAD.

Як розрахункову модель задано:

- довжина ділянки – 6000 мм;
- тип KE стрижневих елементів: лінійні – KE10 (стрижневі елементи моделі); оболонка – KE44 (плоскі елементи моделі).

Загальний вигляд моделі приведено на рис. 5 та рис. 6.

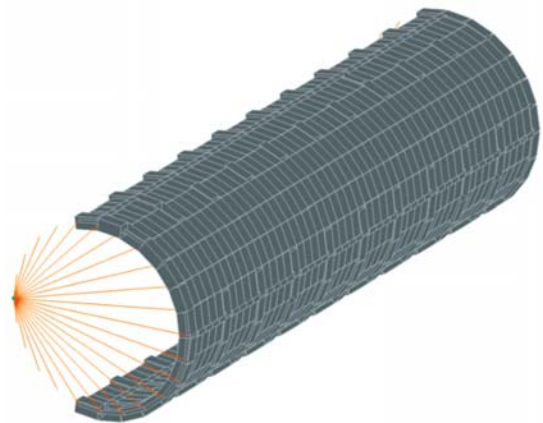


Рис. 6. Фрагмент загального вигляду моделі з відображенням стрижневих, плоских і кінцевих елементів

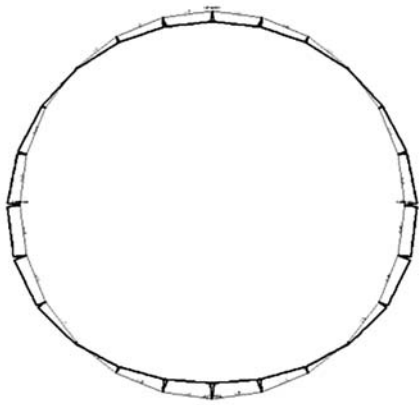


Рис. 7. Зусилля  $M_y$  у кільцевому елементі кріплення,  $\text{kH} \cdot \text{m}$

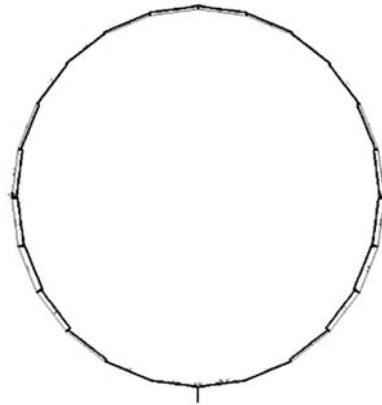


Рис. 8. Зусилля  $N$  у кільцевому елементі кріплення,  $\text{kH}$

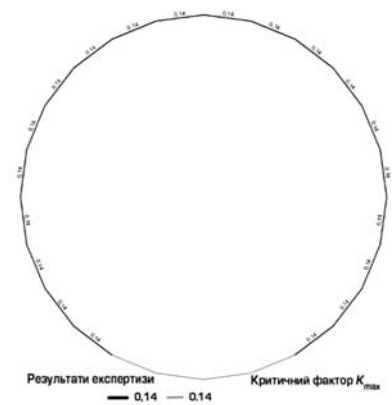


Рис. 9. Результати оцінки несучої здатності кільцевого елемента кріплення

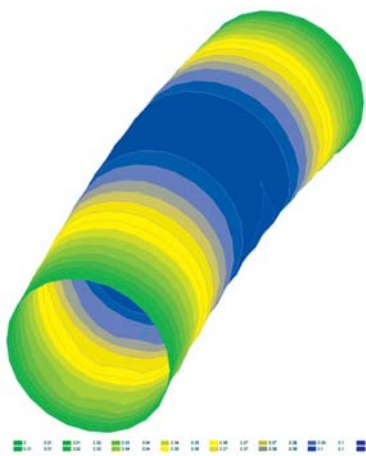


Рис. 10. Сумарне переміщення розрахункової схеми,  $\text{mm}$

Для досягнення необхідної жорсткості кільцеві елементи виконані із труби квадратної  $120 \times 4$  (ГОСТ 30245-2003); повздовжні – із труби квадратної  $70 \times 4$  (ГОСТ 30245-2003).

На рис. 7 та рис. 8 показані зусилля  $M_y$  та  $N$  у кільцевому елементі кріплення.

Розрахунок показав абсолютну стійкість системи у всьому діапазоні пошуку (коефіцієнт верхньої межі пошуку 1000). Результати оцінки несучої здатності кільцевого елемента за критичним фактором  $K_{\text{max}}$  наведені на рис. 9.

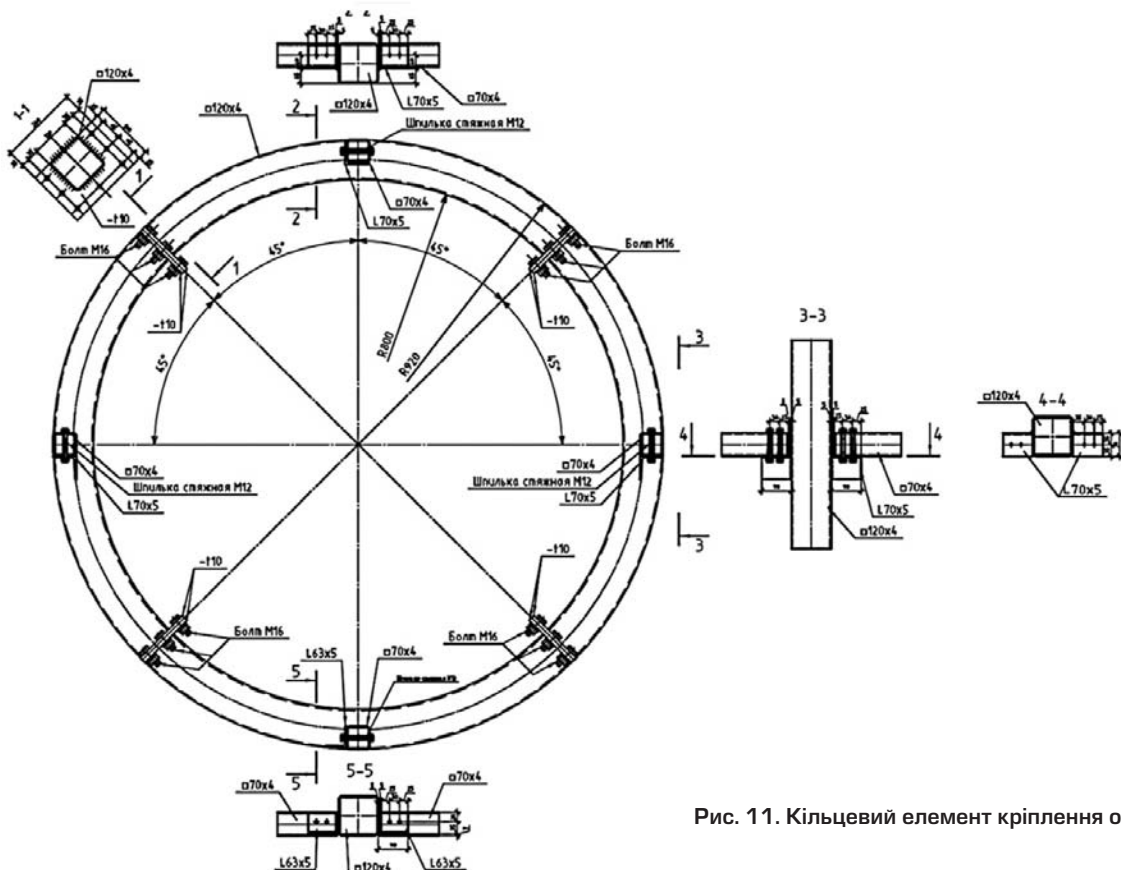


Рис. 11. Кільцевий елемент кріплення обробки

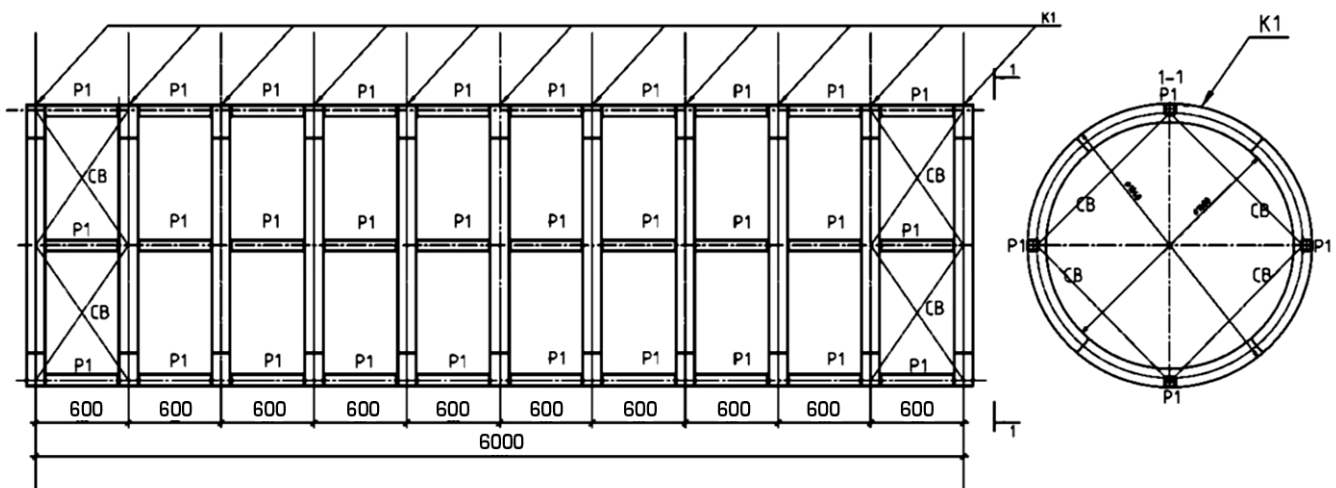


Рис. 12. Схема розташування елементів кріплення обробки

Прийняті в розрахунковій схемі жорсткості елементів зумовлюють достатню згинальну жорсткість системи, про що свідчать значення сумарних переміщень (рис. 10).

Розроблене конструктивне рішення кріплення наведено на рис. 11 та рис. 12.

**Висновки.** За результатами розрахунків можна дійти висновку, що для ефективного застосування збірних елементів із вторинних полімерних матеріалів кріплення оброблення необхідно виконувати у вигляді кільцевих елементів (К), розташованих із кроком 600 мм по довжині трубопроводу. Для забезпечення геометричної незмінюваності в конструкцію кріплення необхідно додати горизонтальні елементи (Р), а також систему зв'язків (СВ), яка встановлюється між суміжними кільцевими елементами по краях ділянки оброблення кріплення, але не більше ніж через 6 м.

Для зручності монтажу кільцевий елемент кріплення розділяється на окремі сегменти. Кріплення сегментів між собою здійснюється за допомогою болтів М16.

- [1] Гончаренко Д.Ф., Убийвовк А.В., Бондаренко Д.А., Булгаков Ю.В. Оценка несущей способности крепи канализационного тоннельного коллектора и выбор методов его восстановления // *Наук. вісник будівництва*. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – Вип. 5 (79). – С. 66–71.
- [2] Каналізаційні тунелі Харкова – QUO VADIS?: Монографія / Д.О. Бондаренко, В.В., Булгаков, О.О. Гармаш, Д.Ф., Гончаренко, С.С. Піліграм. За загальною редакцією Д.Ф. Гончаренка. – Харків: «Раритети України», 2018. – 231 с., іл.
- [3] Гончаренко Д.Ф., Старкова О.В., Булгаков Ю.В., Гармаш А.А. Методы восстановления разрушенного коллектора в г. Харькове // *Промислове будівництво та інженерні споруди*. – 2015. № 3 – С. 2–10.
- [4] Булгаков Ю.В. Исследование процесса разрушения конструкций канализационного тоннельного коллектора // *Наук. вісн. будівництва*. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – Вип. 5(79).
- [5] Dmitrii Goncharenko, Dmitrii Bondarenko, Olha Starkova, (2018) «Repair and refurbishment technologies for inspection shafts in deep-level sewer tunnels», *World Journal of Engineering*, Vol. 15 Issue: 1, pp. 48–53.
- [6] Stein D., 1998. *Instalhaltung von Kanalisation*. – Emst&Sohn. – 941р.
- [7] Гончаренко Д.Ф., Убийвовк А.В., Гармаш А.А. Конструктивные, технологические решения восстановления канализационных тоннелей с использованием элементов из вторичных полимерных композитных материалов // *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. – 2017. – № 1. – С. 37–42.

Надійшла 06.07.2018 р.