

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 625.42:699.82

М. А. ЛІСНЕВСЬКИЙ^{1*}, В. Т. ГУЗЧЕНКО², О. М. КУЛАЖЕНКО³

^{1*} Кафедра «Тунелі, основи та фундаменти», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 53, ел. пошта listik-007@mail.ru, ORCID 0000-0002-5550-8253

² Каф. «Тунелі, основи та фундаменти», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (095) 338 19 85, ел. пошта gndi-mehruntov@ndch.dit.edu.ua, ORCID 0000-0001-7865-5881

³ Кафедра «Тунелі, основи та фундаменти», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (096) 992 15 81, ел. пошта kulazhenko.olena@gmail.com, ORCID 0000-0002-6077-1689

ПРОЕКТУВАННЯ ГІДРОІЗОЛЯЦІЇ ПРИ БУДІВНИЦТВІ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТУНЕЛІВ

Мета. Однією з проблем сучасного будівництва підземних споруд з використанням збірних конструкцій є забезпечення надійної гідроізоляції конструкційних елементів. Гідроізоляція цих споруд складається з комплексу заходів, націлених на підвищення водонепроникності поверхонь елементів та герметизації їх стиків. Вибір матеріалів для цього визначається конструкцією елементів, технологією їх монтажу та умовами експлуатації. Тому при проектуванні гідроізоляції основним завданням є забезпечення надійності в період експлуатації. **Методика.** Після спостереження за протіканням води в тунелі були проаналізовані гідроізоляційні матеріали та технологічність його влаштування для гідроізоляції тунелів; оглянуті основні вимоги до гідроізоляційних матеріалів і причини, що призводять до втрати її надійності. **Результати.** Було узагальнено показники гідроізоляційних матеріалів та технологічність його влаштування для гідроізоляції тунелів. Також запропоновані методи, заходи та технології для підвищення надійності гідроізоляційних конструкцій при різних видах матеріалу елементів та різних геологічних умов. Зроблено висновок, що відновлення герметичності споруди в 4...5 раз перевищує витрати на профілактичні роботи або роботи щодо підтримання герметичності тунелю. **Наукова новизна.** Використання різних технологій ремонту тунелів дозволить відновити експлуатаційний стан тунелів і забезпечити надійність гідроізоляції в процесі подальшої експлуатації тунелів. **Практична значимість.** Використання аналітичного і практичного досвіду експлуатації і раціонального проектування конструкцій гідроізоляції опор тунелів і окремих вузлів.

Ключові слова: гідроізоляція; герметизація; експлуатація; технологія; довговічність; водонепроникність; надійність

Вступ

Основним критерієм якості гідроізоляції є її довговічність. Тому при виборі типу гідроізоляції необхідно приділяти увагу матеріалам, які дозволяють при експлуатації допускати значні деформації, при збереженні водонепроникності і стійкості до механічних впливів. При улаштуванні гідроізоляції одним із основних факторів, що впливає на надійність гідроізоляції як мембрана, що не пропускає воду, є технологія укладання матеріалів.

Мета

Однією з проблем сучасного будівництва підземних споруд з використанням збірних конс-

трукцій є забезпечення надійної гідроізоляції конструкційних елементів. Гідроізоляція цих споруд складається з комплексу заходів, націлених на підвищення водонепроникності поверхонь елементів та герметизації їх стиків. Вибір матеріалів для цього визначається конструкцією елементів, технологією їх монтажу та умовами експлуатації. Тому при проектуванні гідроізоляції основним завданням є забезпечення надійності в період експлуатації.

Методика

Після спостереження за протіканням води в тунелі були проаналізовані гідроізоляційні матеріали та технологічність його влаштування

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

для гідроізоляції тунелів; оглянуті основні ви-
моги до гідроізоляційних матеріалів і причини,
що призводять до втрати її надійності.

Результати

Основною експлуатаційною проблемою метрополітенів є непридатність до ремонту гідроізоляційних конструкцій. Для зниження відказу гідроізоляційних конструкцій необхідно при їх влаштуванні використовувати якісні матеріали. В той же час для підвищення надійності гідроізоляційних конструкцій необхідно знижувати тиск води за рахунок дренажу або укладання захисних і теплоізоляційних матеріалів, влаштування деформаційних швів із додаткових шарів гідроізоляційних матеріалів на швах і в місцях спряжень. При цьому поверхня в місцях спряжень повинна бути ретельно оброблена, вона повинна бути сухою і чистою. Поверхні із бетону і залізобетону повинні бути покриті ґрунтовкою на основі бітуму, розчиненого в гасі (керосині) або розчинами на основі епоксидної чи кам'яновугільних смол [1].

При експлуатації тунелів рано чи пізно гідроізоляційні конструкції руйнуються, збільшуються водоприток в середину тунелю, і збільшуються експлуатаційні витрати на відвід води і ремонт споруд з метою забезпечення нормативних умов експлуатації. Як показують спостереження проникнення води в тунелі пов'язано з руйнуванням гідроізоляційних конструкцій (біля 40 %) і зниженням їх ефективності (25 %). Основними причинами руйнуванням або появою дефектів в конструкціях гідроізоляції є помилки при проектуванні (40 %) і при укладанні гідроізоляції в процесі будівництва тунелів (60 %). Якщо проаналізувати причини, що приводять до зниження надійності гідроізоляції, то на частку причин, що впливають на цей процес приходиться:

- порушення, пов'язані з використанням неякісних матеріалів – 65 %;
- порушення, пов'язані з використання рухомого складу і других машин для догляду за тунелями – 20 %.

Причини, що призводять до втрати надійності гідроізоляції можна поділити на:

- вплив середовища (ускладнення гідро-геологічних умов);
- неправильний вибір матеріалів;

– складність конструктивних особливостей споруди, наявність швів, спряжень;

– низької якості робіт при створенні гідроізоляційних конструкцій включаючи влаштування і контроль якості робіт.

Тому при створенні гідроізоляційних конструкцій в тунелях необхідно використовувати позитивний досвід експлуатації і раціональне проектування конструкцій гідроізоляції і окремих вузлів.

При експлуатації тунелів з бетонною оправою в слабких глинистих ґрунтах з відносно невеликими водопритоками допускається обмежитись ремонтом тільки швів між кільцями оправи. Для ремонту рекомендується використовувати мастики на основі БРЦ, БУС, форполімера і полівинилового спирту, а також мастик на основі епоксидної смоли. Зазначені суміші забезпечують хорошу адгезію з оправою і надійний захист від водопритоків через тріщини в швах.

При наявності порожнин за оправою використовують тампонаж порожнин піщано-цементними, глинисто-цементними розчинами з полімерними добавками для прискорення твердіння суміші і підвищення водостійкості конструкції оправи.

Для тунелів, що розташовані в тріщинуватих ґрунтах і також мають тріщини в конструкції оправи передбачається більш складна технологія. В таких випадках передбачається герметизація швів, а також утворення по зовнішній поверхні водостійкої плівки, яка б закривала тріщини. Для ремонту в даному випадку необхідно використовувати тампонажний розчин на основі гідроактивного пінополіуретану. При взаємодії з водою такі розчини розширюються, швидко тужавіють і утворюють тверду водонепроникну плівку, яка закриває тріщини і зупиняє протікання води. Порожнини заповнюються додатково піщано-цементними розчинами.

В тих випадках, коли за оправою тунелю є порожнини великих розмірів рекомендується спочатку заповнити ці порожнини піщано-цементними або піщано-глинистими розчинами з добавками щебню і полімерів, а потім виконується герметизація конструкції з використанням водозахисних мастик з внутрішньої сторони оправи.

Запропоновані технології герметизації тунелів можуть використовуватись при проектуванні реконструкції тунелів в різних інженерно-геологічних умовах. Використання різних технологій ремонту тунелів дозволить відновити

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

експлуатаційний стан тунелів і забезпечити надійність гідроізоляції в процесі подальшої експлуатації.

Заслужують на увагу технології герметизації тунелів шляхом використання полімерних матеріалів для ін'єкції оправ. Полімерні розчини забезпечують надійну герметизацію тунелів, але такі технології мають ряд обмежень. Перед їх використанням необхідно ретельне вивчення стану оправ. Крім того, вони можуть використовуватись в обмежених об'ємах, потребують витрат великого об'єму дорогих матеріалів, що потребує великих матеріальних витрат.

При використанні рулонних матеріалів із поліхлорвінілу найбільш складним є зварювання листів і контроль герметичності швів.

Гідроактивні поліуретанові суміші для швів і тріщин мають значну усадку, в'язкість і незадовільно герметизують тріщини з розкриттям менше 0,2 мм.

При проектуванні гідроізоляційних тунельних споруд необхідно враховувати: розташування і розкриття деформаційних швів з урахуванням властивостей ґрунтів; технологічність виконання операцій; темпи, час і умови виконання робіт; метод будівництва.

При проектуванні гідроізоляції основним завданням є забезпечення надійності в період експлуатації в тому числі і при збільшенні витрат, тому що відновлення герметичності споруди в 4...5 разів перевищує витрати на профілактичні і експлуатаційні роботи і по підтриманню герметичності тунелю.

Герметизація стиків, спряжень, швів в тунельних спорудах може бути забезпечена використанням спеціальних матеріалів, які за своїми властивостям і конструкціями відрізняються від матеріалів, які використовують для захисту бетонних конструкцій. Це різні прокладки, ін'єкційні розчини (суміші), стрічки, герметики і т.д.

Наукова новизна та практична значимість

Використання різних технологій ремонту тунелів дозволить відновити експлуатаційний стан тунелів і забезпечити надійність гідроізоляції в процесі подальшої експлуатації тунелів.

Використання аналітичного і практичного досвіду експлуатації і раціонального проектування конструкцій гідроізоляції оправ тунелів і окремих вузлів для покращення експлуатацій-

них характеристик матеріалів, конструкцій тунелів та їх ремонтпридатності.

Висновки

Проаналізувавши існуючі методи гідроізоляції було зроблено висновок, що більшість класичних способів з влаштування захисту тунелів від водопритоку, мають великий ряд недоліків. Як показує практика експлуатації тунелів, що використання дешевих матеріалів для гідроізоляції тягне за собою, в подальшому, непридатність конструкції до ремонту.

Основною причиною порушення гідроізоляції підземних споруд являється також і людський фактор, а саме – неякісне виконання підготовчих робіт перед нанесенням гідроізолюючого матеріалу, тобто недостатню адгезію.

На ряду з використанням прогресивних та якісних матеріалів на основі полімерів також необхідно проектувати конструкції таким чином, щоб максимальні кути поворотів та переміщення сегментів огороження або оправ, відносно суміжних елементів, від динамічного та постійного навантаження мали значення, які відповідають експлуатаційним характеристикам гідроізолюючих матеріалів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Нормативные требования по содержанию обводненных тоннелей. Гидроизоляция обводненных тоннелей [Текст]. Организация сотрудничества железных дорог (ОСЖД). Р-773/5. Разработано совещанием V Комиссии 5-9 сентября 1998.г. Львов.
2. Плугин, А. А. Разработка защитных и ремонтных гидроизоляционных составов для влажных и мокрых бетонов [Текст] / А. А. Плугин. – Львов : Материалы совещания Комиссии ОСЖД 5-8 октября, 1998.
3. Шилин, А. А. Общие принципы гидроизоляции подземных и заглубленных сооружений [Текст] // Метро и тоннели. – 2004. – № 2. – С. 26-30
4. Попченко, С. Н. Гидроизоляция сооружений и зданий [Текст] / С. Н. Попченко. – Ленинград : Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1981. – 304 с.
5. ДБН В.2.3-7-2010. Споруди транспорту. Метрополітени [Текст]. – Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2011. – 195 с.
6. Інструкція по виконанню робіт по нагнітання розчинів за обробку тунелю [Текст]. – 2005.
7. Державний стандарт України ДСТУ Б В.2.7-171:2008 (EN 934-2:2001, NEQ). Будівельні матеріали. Добавки для бетонів і будівельних роз-

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

- чинів. Загальні технічні умови [Текст]. – На заміну ДСТУ Б В.2.7-65-97; надано чинності 2008-12-26. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 90 с.
8. Державний стандарт України ДСТУ Б В.2.7-88-99. Портландцементи тампонажні. Технічні умови [Текст]. – На заміну ГОСТ 1581-96; надано чинності 1999-05-11. – Київ: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 1999. – 19 с.
 9. ГОСТ 13078-81. Стекло натриевое жидкое. Технические условия [Текст]. – Введ. 1982-01-01. Москва: Стандартинформ, 2005. – 14 с.
 10. ГОСТ 14231-88. Смолы карбамидоформальдегидные. Технические условия [Текст]. – Введ. 1989-06-30. Москва: Изд-во стандартов, 2003. – 14 с.
 11. Державний стандарт України ДСТУ Б В.2.6-145:2010 (ГОСТ 31384:2008, NEQ). Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії [Текст]. – Уведено вперше (зі скасуванням в Україні СТ СЭВ 4420-83); надано чинності 2010-10-26. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 52 с.
 12. The Way Ahead for Water Inflow Control” Tunnels & Tunneling International, Volume 37, No. 3, March 2005, Polygon Media Ltd, Sevenoaks, Kent, UK, pages 43-45.
 13. Largo Extension Cuts New Ground” T&T North America, Volume 11, December 2003, Polygon Media Ltd., Sevenoaks, Kent, UK, pages 13-15.
 14. Big Dig Tunnel Springs 237 Leaks” Boston Globe, January 13 2008.

М. А. ЛИСНЕВСКИЙ^{1*}, В. Т. ГУЗЧЕНКО², О. М. КУЛАЖЕНКО³

^{1*} Кафедра «Тоннели, основания и фундаменты», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 53, эл. почта listik-007@mail.ru, ORCID 0000-0002-5550-8253

² Каф. «Тоннели, основания и фундаменты», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (095) 338 19 85, эл. почта gndl-mehruntov@ndch.diit.edu.ua, ORCID 0000-0001-7865-5881

³ Кафедра «Тоннели, основания и фундаменты», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (096) 992 15 81, ел. почта kulazhenko.olena@gmail.com, ORCID 0000-0002-6077-1689

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОННЕЛЕЙ

Цель. Одной из проблем современного строительства подземных сооружений с использованием сборных конструкций является обеспечение надежной гидроизоляции конструктивных элементов. Гидроизоляция этих сооружений состоит из комплекса мероприятий, нацеленных на повышение водонепроницаемости поверхностей элементов и герметизации их стыков. Выбор материалов для этого определяется конструкцией элементов, технологией их монтажа и условиями эксплуатации. Поэтому при проектировании гидроизоляции основной задачей является обеспечение надежности в период эксплуатации. **Методика.** После наблюдения за протечкой воды в туннеле были проанализированы гидроизоляционные материалы и технологичность его устройства для гидроизоляции тоннелей; рассмотрены основные требования к гидроизоляционным материалам и причины, приводящие к потере ее надежности. **Результаты.** Были обобщены показатели гидроизоляционных материалов и технологичность его устройства для гидроизоляции тоннелей. Также предложены методы, меры и технологии для повышения надежности гидроизоляционных конструкций при различных видах материала элементов и различных геологических условий. Сделан вывод, что восстановление герметичности сооружения в 4...5 раз превышает затраты на профилактические работы или работы по поддержанию герметичности туннеля. **Научная новизна.** Использование различных технологий ремонта тоннелей позволяет восстановить эксплуатационное состояние тоннелей и обеспечить надежность гидроизоляции в процессе дальнейшей эксплуатации туннелей. **Практическая значимость.** Использование аналитического и практического опыта эксплуатации и рационального проектирования конструкций гидроизоляции оправ тоннелей и отдельных узлов.

Ключевые слова: гидроизоляция; герметизация; эксплуатация; технология; долговечность; водонепроницаемость; надежность

М. А. LISNEVSKYI^{1*}, В. Т. GUZCHENKO², О. М. KULAZHENKO³

^{1*} Department «Tunnels bases and foundations of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, Dnepropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 53, e-mail listik-007@mail.ru, ORCID 0000-0002-5550-8253

² Department «Tunnels Bases and Foundations», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnepropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (095) 338 19 85, e-mail gndl-mehruntov@ndch.diit.edu.ua, ORCID 0000-0001-7865-5881

³ Department «Tunnels bases and foundations of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, Dnepropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (096) 992 15 81, e-mail kulazhenko.olena@gmail.com, ORCID 0000-0002-6077-1689

DESIGN WATERPROOFING IN THE CONSTRUCTION AND OPERATION OF THE TUNNEL

Purpose. One of the problems of modern construction of underground structures using prefabricated structures is to provide reliable waterproofing of structural elements. Waterproofing these facilities consists of a set of measures aimed at improving the water resistance of surfaces and sealing elements of their joints. The choice of materials for this construction, it is determined by the elements, the technology of their installation and operating conditions. Therefore, when designing gidroizolinsulation main task is to ensure reliability during operation. **Methodology.** After observing the water leaks in the tunnel were analyzed waterproofing materials and manufacturability of its device for waterproofing tunnels; The basic requirements for the waterproofing materials and reasons leading to the loss of its credibility. **Findings.** We were summarized indicators of waterproofing materials and manufacturability of its device for waterproofing tunnels. Also provided are methods, measures and technologies to improve the reliability of waterproofing of structures under different types of material elements and different geological conditions. It is concluded that the recovery of the construction tightness of 4-5 times the cost of maintenance work or work to maintain the tightness of the tunnel. **Originality.** Using a variety of technologies for repair tunnels allows you to restore operational status and ensure the reliability of tunnel waterproofing during further operation of the tunnels. **Practical value.** Using analytical and practical experience in the operation and management of structural design frames waterproofing tunnels and separate units.

Keywords: waterproofing; sealing; exploitation; technology; durability; watertight; reliability

REFERENCES

1. Normativnyye trebovaniya po sodержaniyu obvodnennykh tonneley. Gidroizolyatsiya obvodnennykh tonneley. Organizatsiya sotrudnichestva zheleznykh dorog (OSZhD). R-773/5. Razrabotano soveshchaniyem V Komissii 5-9 sentyabrya [Regulatory requirements on the content of flooded tunnels. Waterproofing of flooded tunnels. Organization for Cooperation of Railways (OCR). R-773/5. *Developed of the Vth Commission Meeting*, September, 5-9, 1998.]. Lvov, 1998.
2. Plugin A.A. Razrabotka zashchitnykh i remontnykh gidroizolyatsionnykh sostavov dlya vlazhnykh i mokrykh betonov: *Materialy soveshchaniya Komissii OSZhD 5-8 oktyabrya* [Development and maintenance of protective waterproofing compounds for damp and wet concrete: Proc. of Commission Meeting, October 5-8, 1998]. Lvov, 1998.
3. Shilin A.A. Obshchiye printsipy gidroizolyatsii podzemnykh i zaglublennykh sooruzheniy [General principles of waterproofing for underground and buried structures]. *Metro i tonneli – Metro and Tunnels*, 2004, no. 2, pp. 26-30.
4. Popchenko S.N. *Gidroizolyatsiya sooruzheniy i zdaniy* [Waterproofing of structures and buildings]. Saint Petersburg, Stroyizdat, Leningradskoye otdeleniye Publ., 1981. 304 p.
5. *DBN V.2.3-7-2010. Sporudy transportu. Metropoliteny* [SBN V.2.3-7-2010. Transport facilities. Undergrounds]. Kyiv, DP «Ukrarkhbudinform» Publ., 2011. 195 p.
6. *Instruktsiia po vykonanniui robit po nahnitanniui rozchyniv za obrobku tuneliu* [Instructions for operations on injection grout for tunnel workings]. 2005.
7. *Derzhavnyi standart Ukrainy DSTU B V.2.7-171:2008 (EN 934-2:2001, NEQ). Budivelni materialy. Dobavky dlia betoniv i budivelnykh rozchyniv. Zahalni tekhnichni umovy* [State Standard of Ukraine SSU B V.2.7-171: 2008 (EN 934-2: 2001, NEQ). Building materials. Additives for concrete and grouts. General specifications]. Kyiv, Minrehionbud Ukrainy Publ., 2010. 90 p.

МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

8. *Derzhavnyi standart Ukrainy DSTU B V.2.7-88-99. Portlandsementy tamponazhni. Tekhnichni umovy* [State Standard of Ukraine SSU B V.2.7-88-99. Oil-well portland cement. Specifications.]. Kyiv, Derzhavnyi komitet budivnytstva, arkhitektury ta zhytlovoi polityky Ukrainy Publ., 1999. 19 p.
9. *GOST 13078-81. Steklo natrievoye zhidkoye. Tekhnicheskiye usloviya* [All-Union State Standard 13078-81. Glass liquid sodium. Specifications.]. Moscow, Standartinform Publ., 2005. 14 p.
10. *GOST 14231-88. Smoly karbamidoformaldegidnye. Tekhnicheskie usloviya* [All-Union State Standard 14231-88. Aminoformaldehyde resins. Specifications.]. Moscow, Izdatelstvo standartov Publ., 2003. 14 p.
11. *Derzhavnyi standart Ukrainy DSTU B V.2.6-145:2010 (HOST 31384:2008, NEQ). Zakhyst betonnykh i zalizobetonnykh konstruksii vid korozii* [State Standard of Ukraine SSU B V.2.6-145:2010 (HOST 31384:2008, NEQ). Protection of concrete and reinforced concrete structures from corrosion.]. Kyiv, Minrehionbud Ukrainy Publ., 2010. 52 p.
12. *The Way Ahead for Water Inflow Control” Tunnels & Tunneling International*. Polygon Media Ltd, Sevenoaks, Kent, UK, March 2005. Vol. 37, no. 3, pp. 43-45.
13. *Largo Extension Cuts New Ground” T&T North America*, Polygon Media Ltd., Sevenoaks, Kent, UK, December 2003. Vol. 11, pp. 13-15.
14. *Big Dig Tunnel Springs 237 Leaks” Boston Globe*, January 13, 2008.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. В. Д. Петренко (Україна), д.т.н., проф. М. М. Біляєвим (Україна).

Надійшла до редколегії 12.12.2015

Прийнята до друку 21.12.2015.