

Безбабічева О.І., Овчінніков І.А.

ФАКТОРИ РИЗИКУ ПРИ ВИБОРІ ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНОГО ЗАХИСТУ ЕЛЕМЕНТІВ ТУНЕЛІВ ТА МЕТРОПОЛІТЕНІВ

Розглядаються питання виявлення та урахування можливих ризиків при виборі ефективних технологій та матеріалів для гідроізоляційного захисту несучих елементів тунелів та метрополітенів. Гідроізоляція, водовідвід та дренаж забезпечують довговічність та надійність несучих конструкцій тунелів та метрополітенів. В свою чергу, гідроізоляційний захист як комплексне рішення, має власну надійність та довговічність. Якщо довговічність гідроізоляційного захисту знижена, та його елементи мають відмови, можливі негативні наслідки, виникнення аварійних станів обробок та інших частин тунелів. Наслідки аварій з прогнозуванням втрат можна оцінювати за допомогою аналізу ризиків. Пропонується схема, за якою можливо заздалегідь проаналізувати ризики при будівництві тунелів а також при виборі нових засобів для комплексного гідрозахисту несучих елементів. Також пропонується проведення аналізу зазначених ризиків за допомогою кількісних та якісних методів (методів статистичної обробки даних щодо аварійних ситуацій, методів оцінки досвіду застосування прийнятих технологій та нових матеріалів, методів експертних оцінок).

Ключові слова: Тунелі, гідроізоляційний захист, фактори ризику, довговічність.

Тунелі та метрополітени є важливими об'єктами транспортної мережі України. Ефективність їх використання полягає в безпосередньому економічному ефекті від зниження експлуатаційних витрат і зменшення капітальних вкладень, спрямованих на розвиток наземного маршрутного транспорту. Також для метрополітенів, як для підземного транспорту великих міст, суттєвими є економія часу пасажирів, зниження їх транспортної втоми, зменшення числа дорожньо-транспортного пригод і поліпшення екології. Роль цих соціально-економічних чинників суттєво зростає в перспективі. В той же час, за можливими наслідками відмов основних елементів тунелів та метрополітенів відносять до категорій зі значними та середніми наслідками для безпеки людей та можливих збитків. Орієнтовне значення встановленого сучасними нормами терміну експлуатації для тунелів та метрополітенів - 120 років. Одним з основних факторів, що забезпечують нормальні умови експлуатації підземних споруд, є надійна гідроізоляція. Результати обстеження підземних споруд за 10 років показали, що практично у всіх підземних споруд через відсутність системного підходу до проектування, улаштування та експлуатації гідроізоляційної системи відбуваються її відмови на ранніх стадіях експлуатації [1- 4]. За даними фахівців збитки від корозії бетону і залізобетону підземних споруд дуже великі і доходять до 40% загальних інвестицій в будівництво таких об'єктів. Ці збитки складаються з вартості матеріалів, витрат на ремонтно-відновлювальні роботи, вартості порушення режиму експлуатації об'єкта в період ремонту у зв'язку із зупинкою виробництва. Тому, при створенні підземного об'єкту транспортного будівництва одним з важливіших етапів повинно бути призначення матеріалу та конструктивних рішень гідроізоляції з урахуванням можливих ризиків як при проектуванні нових споруд, так і при відновленні споруд, що експлуатуються.

Гідроізоляцію, водовідвід та дренаж відносять до елементів, що забезпечують довговічність та надійність основних несучих елементів тунелів та метрополітенів. Однак гідроізоляційний захист як комплексне рішення, в свою чергу, має певну надійність та довговічність силу системності складних об'єктів. Якщо довговічність гідроізоляційного захисту знижена та його елементи мають відмови, вірогідними стають негативні наслідки, зокрема аварійні ситуації для обробок та інших частин тунелів. При цьому при будівництві тунелю аварійна ситуація виникає в переважній більшості в навікозобойній зоні, а в тунелях що експлуатуються нештатна ситуація може виникнути в будь якому місці за довжиною тунелю. Частіше такі ситуації виникають на ділянках, які знаходяться тривалий час під дією корозії, процесів деградації, деформацій несучих конструкцій. До аварій в транспортних тунелях можуть призвести промерзання дренажних та водовідвідних пристроїв, утворення льоду на конструкціях, проїзній частині, на верхніх частинах шляху з неприпустимими деформаціями від сил морозного спучення та просідання. В тунелях, що експлуатуються іноді трапляються аварії з руйнуванням обробок, порталів, з обрушенням ґрунту. В таких випадках частково або повністю припиняється рух, виникають великі економічні збитки, обмежується рух та склад транспортних засобів. Наслідки аварій з прогнозуванням втрат можливо оцінювати за допомогою аналізу ризиків. Основу такого аналізу надають сценарії можливих аварійних ситуацій внаслідок прийняття певних науково-технічних та конструктивних рішень. На рис.1 показана схема, за якою можна проаналізувати ризики, що вірогідні при будівництві тунелів, а також при виборі нових засобів для комплексного гідрозахисту несучих елементів. Серед

основних виділяються: технічні, організаційні, фінансові, договірні, політичні та природні ризики[5]. До групи технічних ризиків зокрема відносять так званий «людський фактор» та «невиконання технологічних режимів та правил». Ці фактори завжди супроводжують низьку культуру виробництва, хоча при посиленні контролю та відповідальності виконавців робіт, могли би бути зведені до поодиноких виключних випадків. Також пропонується проведення аналізу зазначених ризиків за допомогою кількісних та якісних методів (методів статистичної обробки даних щодо аварійних ситуацій, методів оцінки досвіду застосування прийнятих технологій та нових матеріалів, методів експертних оцінок).

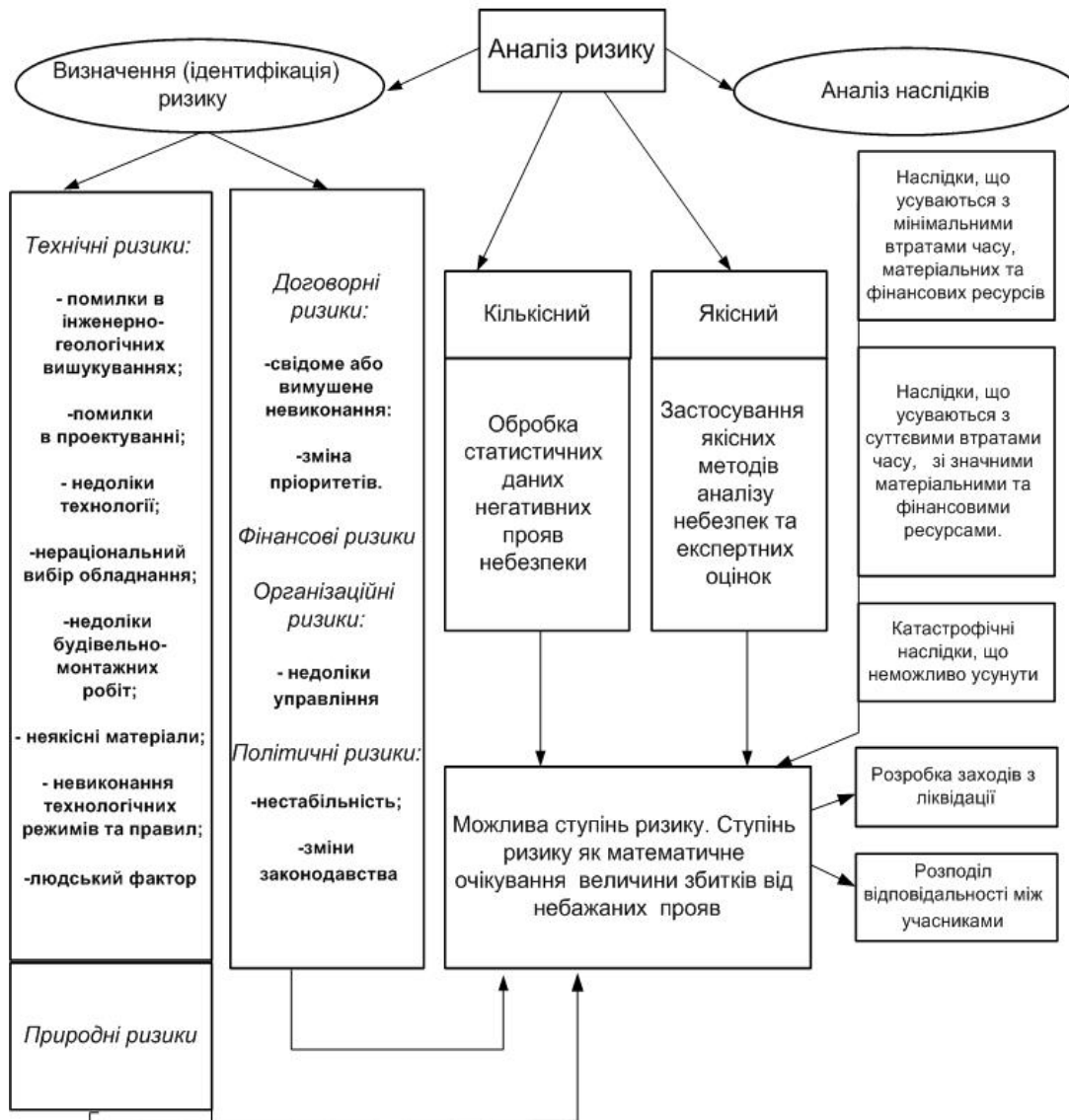


Рис. 1 – Схема дослідження ризиків при будівництві тунелю і при виборі нових засобів гідрозахисту.

Дуже важливою при аналізі ризиків є оцінка можливих наслідків нештатних ситуацій та засобів їх усунення. В більшості випадків при нештатних ситуаціях спостерігається одночасна дія декількох ризиків, що свідчить про недоліки системного підходу до вирішення питань надійного функціонування споруд. Одним з таких прикладів в тунелебудівництві є Волоколамський тунель (Москва). Будівництво було розпочато у 2008р, рух було відкрито в два етапи - в серпні та грудні 2009р. Тунель є частиною транспортного комплексу Ленінградського та Волоколамського шосе. Спочатку генпідрядником було НПО «Космос», яке незабаром стало банкрутом. Добудовувала проект інша організація. Тунель неодноразово закривали внаслідок поривів водопроводу. Постійні підтоплення та утворення льоду на проїзній частині, накопичення ґрунтових вод як слідство неважкої гідроізоляції, порушення герметичності деформаційних швів призводять до великих додаткових витрат (перекриття руху; проведення всебічної кваліфікованої експертизи; пошук нових підрядників для ліквідації дефектів проектування, будівництва та неякісної експлуатації). Сполучення технічних, договірних, організаційних, фінансових ризиків збільшило втрати на споруду та комплекс споруд

великого міста в цілому та створило довготривалу невирішену проблему для міста. Інший приклад - необхідність реконструкції тунелю, побудованого в 90-і роки на автодорозі Адлер-Червона Поляна з заміною гідрозахисту [6]. В процесі експлуатації тунель зазнав часткові деформації з порушенням гідроізоляції. По довжині всього тунелю є мокрі ділянки поверхні оброблення, течі скрізь стіни і склепіння, сліди протікання скрізь технологічні шви з винесенням продуктів вилуговування і с утворенням на окремих ділянках сталактитів.

У при портальній частини тунелю як з одного, так і з іншого боку присутні ділянки з пухким бетоном, є каверни площиною до $0,5 \text{ м}^2$ і глибиною до 150 мм. Зазначені дефекти ведуть до руйнування бетону оброблення. Порушення або відсутність гідроізоляції, а також неякісне виконання нагнітання розчину за обробку при будівництві (технічні ризики) посилюють наслідки зазначених дефектів. За неможливістю повного припинення руху автотранспорту на період ремонту, технологічний процес виробництва ремонтних робіт потребував реорганізації руху з обмеженням швидкості та перекриттям половини зони проїзду, що призвело до фінансових та соціальних втрат (фінансові ризики).

Інфільтрація води є основною причиною більшості погіршень конструкцій та елементів тунелів і може відбуватися у всіх типів тунелів. Навіть у заглибленому тунелі, який розроблений, як водонепроникний, може статися виток води через недостатній зв'язок всіх складових процесу спільного проектування, через неякісне будівництво, а також через погіршення водонепроникних властивостей матеріалів під дією хімічних або біологічних агентів у воді, тощо. Оскільки наземні структури потоку води можуть змінитися з часом, а водостоки часто забиваються, вода визначає свій шлях у тунель через структурні тріщини або слабкі місця. Іноді змінюється рівень ґрунтових вод, який може суттєво піднятися внаслідок навколишнього наземного будівництва. Негативні наслідки проникнення води до тунелів можуть варіюватися від незначної поверхневої корозії тунельних елементів до значних погіршень структури і зменшення несучої здатності конструкцій тунелю. Можливі деякі види деградації тунелю або поява власних ризиків, які можуть виникнути в результаті просочування води. Розмивається цемент і компоненти бетону, послабляється його структура. Кородує арматура та бетон, відшаровується бетон захисту арматури. Болти, що з'єднують сегментні прокладки, стикові елементи, можуть під дією корозії відмовити. Будівельний розчин набухає або стає крихким в залежності від хімічних речовин у воді та температурних умов. Дрібні частинки ґрунту вимиваються через тріщини з водою, з часом створюючи порожнечі позаду обробки, що може викликати ексцентричне навантаження на тунель і привести до непередбачених напружень. Кріпильні елементи внутрішньої обробки або інших елементів (вентиляторів, освітлювальних приладів тощо) можуть кородувати та створювати небезпеку для автомобілістів або поїздів, що проходять через тунель. Вода при замерзанні на проїзній частині створює небезпеку у вигляді льоду або ефекту аквапланування. Швидкість корозії для тунельних компонентів транзитних тунелів метрополітенів значно збільшується при одночасній дії блукаючого струму та дії хлоридів, що проникають ззовні крізь течі.

В даний час проблема забезпечення водонепроникності залізобетонних обробок вирішується в двох напрямках: створення водонепроникного тіла блоків і надійної гідроізоляції швів між блоками. Оскільки більшість обробок метрополітенів виготовляють з бетону або залізобетону, на розвиток процесів корозії впливають фактори зовнішнього середовища (атмосферні, ґрунтові води, властивості породи, зміни температури, блукаючі струми та ін.) [4,5]. Також впливовою є інша група факторів – особливості структури матеріалу та складових (цементу, води, наповнювачів, домішок). Руйнування бетону під дією фізичних факторів здійснюється внаслідок змін заморожування-відтавання вологи, що знаходиться у бетоні, дії масел, емульсій, інших нафтопродуктів, кристалізації солі при зволоженні бетону мінералізованими водами та подальшого випаровування а також внаслідок механічних пошкоджень. Особливо небезпечними є також течі з вимивання породи. Ліквідація течі під час експлуатації перетворюється в складний процес. Зменшити витрати на ремонти споруд можливо, якщо підвищити якість проектування, будівництва, розробити комплексну стратегію гідроізоляційного захисту конструкцій від впливів оточуючого середовища. Вважається, що підвищення якості матеріалів для гідроізоляції може також суттєво вплинути на її власну довговічність. Нові матеріали від деяких фірм мають декларований термін служби в 50 років, але поки що досвід роботи таких матеріалів в конструкціях тунелів невеликий за часом і потрібно мати дані обстежень та моніторингу, щоб підтвердити або спростувати такі прогнози. Поки що більша частина підземних споруд, зокрема тунелів мають передчасні відмови елементів гідроізоляційної системи, що призводить до непередбачених затратних ремонтів.

Таким чином, чисельні недоліки можуть бути результатом неякісного проектування, будівництва, недосконалої конструкції, або в результаті непередбачених впливів в місцях, де проходить тунель. Іншою поширеною причиною є той факт, що у багатьох тунелів матеріали окремих елементів вичерпали свою призначену тривалість життя і тому будівельні матеріали самі по собі є фізично застарілими. Тому, докладні описи різних типів конкретних недоліків і способів їх усунення, виконання оцінок аварій та руйнувань, аналіз

та оцінка ризиків, є необхідними для удосконалення тунелобудування, для розробки нових ефективних конструктивних рішень при проектуванні та реконструкції споруд. Комплексний підхід до вибору матеріалів для гідроізоляції окремих вузлів, конструкцій і споруди в цілому і своєчасний контроль за станом гідроізоляції дозволять зменшити витрати при експлуатації та запобігти аварійним ситуаціям.

Література

1. Богачев Г.Г. Обзор современных материалов для обеспечения гидроизоляции подземных сооружений/Г.Г.Богачев // Горный информационно-аналитический бюллетень. Горная книга. – 2007. – №9 – С. 55-60.
2. Гончаров А.С.Обоснование и разработка технологии ремонта и гидроизоляции подземных сооружений, обеспечивающей их долговечность: автореф. дисс. на соискание науч. степени канд.техн. наук: спец. 05.15.04 «Строительство шахт и подземных сооружений» /А.С. Гончаров. – Москва, 1999. – 138с.
3. Шилин А. А. Обоснование стратегии эксплуатации и разработка конформативных технологий ремонта конструкций подземных сооружений: автореф. дисс.доктора техн. наук: спец. 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)»/ А.А. Шилин. – Москва,2002. – 47с.
4. Гарбер В.А. Проблемы качества в туннеле- и метростроении. Роль науки в обеспечении высокого уровня качества / В.А. Гарбер//Метро и туннели. –2015. –№2. – С.21-25.
5. Фролов Ю.С. Содержание и реконструкция туннелей / Фролов Ю.С., Гурский В.А., Молчанов В.С.– М.: ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. - 300с.
6. Пиянзин В.Я. Опыт восстановления гидроизоляции автодорожного туннеля/ В.Я. Пиянзин, В.М.Дианов //Транспорт Российской Федерации. – 2008. – № 2 (15). – С. 60—61.

References

1. Bogachev G.G.Obzor sovremennykh materialov dlya obespecheniya gidroizolyatsii podzemnykh sooruzhenii [Review of modern materials for waterproofing of underground structures].Gorny i informatsionno-analiticheskiy byulleten. Gornaya kniga. [Mining information-analytical Bulletin. Mountain book.], 2007, no.9, pp. 55-60.
2. Goncharov A.S. Obosnovanie i razrabotka tekhnologii remonta i gidroizolyatsii podzemnykh sooruzhenii, obespechivayushchei ikh dolgovечnost. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk. [Substantiation and development of technology of repair and waterproofing of underground structures, ensuring their durability. Ph.D. (Philosophy) Thesis]. Moscow, 1999. 138 p.
3. Shilin A. A. Obosnovanie strategii ekspluatatsii i razrabotka konformativnykh tekhnologii remonta konstruktivnykh podzemnykh sooruzhenii. Avtoref. diss. doktora tekhn. nauk [Substantiation of the operational strategy and the development of conformance technologies for the repair of structures of underground structures. Dr.Sci. (Philosophy) Thesis]. Moscow, 2002. 47p.
4. Garber V.A. Problemy kachestva v tonnele- i metrostroenii. Rol' nauki v obespechenii vysokogo urovnya kachestva [Quality problems in tunnel and metro construction. The role of science in ensuring a high level of quality]. Metro i tonneli. [Metro and tunnels], 2015, no. 2, pp. 21-25.
5. Frolov Yu.S., Gurskii V.A., Molchanov V.S. Soderzhanie i rekonstruktsiya tonnelei. [Maintenance and reconstruction of tunnels]. Moscow. FGOU, Uchebno-metodicheskiy tsentr po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte. [Educational and methodological center for education in railway transport], 2011. 300p.
6. Piyanzin V.Y., Dianov V.M. Opyt vosstanovleniya gidroizolyatsii avtodorozhnogo tonnelya [Experience in restoring waterproofing of a road tunnel]. Transport Rossiiskoi Federatsii. [Transport of the Russian Federation], 2008, no. 2 (15), pp. 60—61.

Безбабичева О. И., Овчинников И. А.

ФАКТОРЫ РИСКА ПРИ ВЫБОРЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕМЕНТОВ ТОННЕЛЕЙ И МЕТРОПОЛИТЕНОВ

Рассматриваются вопросы выявления и учета возможных рисков при выборе эффективных технологий и материалов для гидроизоляционной защиты несущих элементов туннелей и метрополитенов. Гидроизоляция, водоотвод и дренаж обеспечивают долговечность и надежность несущих конструкций туннелей и метрополитенов. В свою очередь, гидроизоляционная защита как комплексное решение, имеет свою надежность и долговечность. Если долговечность гидроизоляционной защиты снижена и её элементы имеют отказы, то возможны негативные последствия в виде аварийных состояний обделок и других частей туннелей. Последствия аварий с прогнозированием потерь можно оценивать с помощью анализа рисков. Предлагается схема, по которой возможно заранее проанализировать риски при строительстве туннелей, а также при выборе новых средств для комплексной гидрозащиты несущих элементов. Также предлагается проведение анализа указанных рисков с помощью количественных и качественных методов (методов статистической обработки данных по аварийным ситуациям, методов оценки опыта применения принятых технологий и новых материалов, методов экспертных оценок).

Ключевые слова: туннели, гидроизоляционная защита, факторы риска, долговечность.

Bezbabicheva O. I., Ovchinnikov I. A.

RISK FACTORS IN THE ELECTION OF EFFECTIVE TECHNOLOGIES AND MATERIALS FOR WATERPROOFING PROTECTION OF ELEMENTS OF TUNNELS AND METROPOLITENES

The issues of identifying and accounting for possible risks in the selection of effective technologies and materials for waterproofing the supporting elements of tunnels and subways are considered. Waterproofing, drainage and drainage ensure durability and reliability of load-bearing structures of tunnels and subways. In turn, waterproofing protection as a comprehensive solution has its reliability and durability. If the durability of waterproofing protection is reduced and its elements have failures, then negative consequences are possible in the form of emergency conditions of lining and other parts of tunnels. The consequences of accidents with loss forecasting can be assessed using risk analysis. A scheme is proposed, according to which it is possible to analyze in advance the risks in the construction of tunnels, as well as in the selection of new means for complex hydro protection of bearing elements. It is also proposed to conduct analysis of these risks using quantitative and qualitative methods (methods of statistical processing of data on emergencies, methods for assessing the experience with the application of adopted technologies and new materials, methods of expert assessments).

Keywords: *tunnels, waterproofing protection, risk factors, durability.*

Відомості про авторів:

Безбабічева О.І. – канд. техн. наук, доцент кафедри мостів, конструкцій та будівельної механіки
Харьковского національного автомобільно-дорожного університету

Овчінніков І.А. – магістрант Харьковского національного автомобільно-дорожного університету