

УДК 625.12

*Ольга Сорока*

**АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА.  
ЇХ ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ**

*Стаття розкриває поняття діагностики земляного полотна та його споруд. Звертається увага на необхідність діагностики, перш за все, для забезпечення безпеки руху та прогнозування роботи даного елемента конструкції колії. Коротко описані існуючі методи діагностики та приведені їх переваги і недоліки. Як висновки – рекомендації щодо введення на українських залізницях більш сучасних методів діагностики земляного полотна.*

*Статья раскрывает понятие диагностики земляного полотна и его сооружений. Уделяется внимание необходимости диагностики, прежде всего, для обеспечения безопасности движения и прогнозирования работы данного элемента конструкции пути. Кратко описаны существующие методы диагностики и приведены их преимущества и недостатки. В качестве выводов – рекомендации относительно введения на украинских железных дорогах более современных методов диагностики земляного полотна.*

*The article exposes the concept diagnostics of earthen linen and his buildings. Attention applies on the necessity of diagnostics, foremost, to providing safety of motion and prognostication of work of this element of construction of track. shortly described the existent methods of diagnostics and their advantages and failings. In quality conclusions – recommendation for relation to introduction on the Ukrainian railways more modern methods diagnostics of earthen linen.*

**Ключові слова:** земляне полотно, деформації земляного полотна, огляди земляного полотна, геофізичні методи, метод електрометрії, сейсмічний метод, метод радіолокації.

Земляне полотно та споруди є важливим елементом конструкції залізничної колії і потребують належного утримання і своєчасного виявлення дефектів та деформацій. Згідно з «Правилами технічної експлуатації залізниць» земляне полотно та його споруди повинні забезпечувати безпеку руху поїздів із заданими навантаженнями й швидкостями руху при встановленій вантажонапруженості, а також повинні відповідати нормативам міцності та стійкості протягом всього періоду служби [6].

Саме тому всі дефекти, деформації та пошкодження земляного полотна та його споруд мають бути вчасно виявлені шляхом діагностики і усунені в процесі

© Сорока О. О., 2011

поточного утримання колії, при планово-запобіжних ремонтах верхньої будови колії, а також при ремонтах і підсиленні земляного полотна за індивідуальними проектами.

Діагностика земляного полотна – це комплексна система оцінки, що складається з сукупності взаємопов'язаних елементів, таких як: визначення фактичного стану земляного полотна, якісна і кількісна оцінка змін, що відбуваються в ньому під впливом динамічних поїзних навантажень і вплив природно-кліматичних чинників, а також періодичний контроль земляного полотна в процесі експлуатації залізничної колії. Система діагностики колії і споруд має бути спрямована на вирішення основного цільового завдання поточного утримання і ремонту: всі елементи залізничної колії (земляне полотно, верхня будова колії і штучні споруди) по міцності, стійкості і стану повинні забезпечувати безпечний і плавний рух поїздів зі встановленими швидкостями.

Основними завданнями моніторингу земляного полотна є: своєчасне виявлення деформацій, що зароджуються, і контроль вже існуючих для підвищення рівня безпеки руху поїздів, зниження експлуатаційних витрат і обґрунтованого вкладення коштів на реконструкцію, ремонт і підсилення земляного полотна; прогнозування стану земляного полотна і його захисних споруд для попередження раптових деформацій або зниження негативних економічних і соціальних наслідків від їх виникнення.

Враховуючи збільшення вантажонапруженості в зв'язку з проведенням ЄВРО-2012 і відповідно можливе зростання витрат на ліквідацію раптових порушень стабільності земляного полотна і його споруд, важливість своєчасного виявлення зародкових деформацій, попередження розвитку вже існуючих, а також необхідність прогнозування можливих наслідків впливу техногенних і природних факторів необхідне створення концепції моніторингу земляного полотна, що буде спрямована на вирішення практичних та техніко-економічних завдань.

До системи діагностики земляного полотна входять: об'єкти дослідження; методи і технічні засоби діагностування; класифікація діагностичних ознак (критеріїв розпізнавання деформацій); спеціально підготовлений персонал, що взаємодіє з об'єктом діагностування за правилами, встановленими відповідною нормативно-методичною документацією; висновок про технічний стан об'єкта з обґрунтуванням можливості подальшої його експлуатації або пропозиції щодо вжиття термінових заходів з його посилення. З позиції діагностики земляне полотно, що експлуатується, поділяється на такі категорії: I категорія – аварійне земляне полотно, тобто є ділянки, де сталися значні деформації і зупинений рух поїздів (наприклад, змиви укосів, руйнування насипів, карстові провали). В такому разі потрібне негайне відновлення земляного полотна і одночасне оперативне обстеження не лише зруйнованої ділянки, але і суміжних з ним ділянок земляного полотна; II категорія – ділянки з виявленими деформаціями земляного полотна, на яких діють попередження про обмеження швидкостей руху поїздів; III категорія – ділянки земляного полотна, розміщені в складних інженерно-геологічних умовах, які вимагають підвищеної уваги через можливість появи на них деформацій (райони поширення карсту, боліт, зсувів, вічної мерзлоти); IV категорія – високі насипи з глинистих ґрунтів, які, як правило, потенційно ненадійні; V категорія – стабільне земляне полотно, але його стан необхідно оцінювати при призначенні термінів ремонту колії. Залежно від категорії стану земляного полотна і експлуатаційних умов діагностичні дослідження розділяються на детальні,

рекогносцирувальні (попередні) і режимні. Детальна діагностика проводиться на об'єктах земляного полотна із вже виявленими або з явними ознаками прояву деформацій (I, II, III категорії) і має на меті отримання початкових даних для розробки заходів щодо посилення земляного полотна. Рекогносцирувальна діагностика виконується з метою попередньої оцінки стану об'єкта і визначення необхідності його подальшого детального обстеження (III, IV і V категорії). Режимна діагностика об'єкта (моніторинг його технічного стану) проводиться періодично в процесі експлуатації колії для виявлення аномальних і сумнівних за станом ділянок (надалі вони детально обстежуються) та визначення термінів і черговості виконання ремонтних робіт. Вони застосовуються для усіх категорій земляного полотна, але передусім для IV і V категорій.

Деформації земляного полотна призводять до суттєвих матеріальних втрат на відновлювальні роботи і втрат від перерв у русі поїздів, до збільшення втрат на утримання колії, знижують рівень безпеки руху. Відповідно до Інструкції з утримання земляного полотна залізниць України за земляним полотном і його спорудами повинен бути організований нагляд, що містить:

- систематичний нагляд;
- поточні огляди;
- періодичні огляди;
- спеціальні обстеження і спостереження.

При систематичному огляді працівники, що його проводять, зобов'язані слідкувати за справним станом земляного полотна, водовідвідних, захисних та укріплювальних споруд, виявляти усі дефекти, деформації та пошкодження, своєчасно організовуючи виконання необхідних робіт підтримання земляного полотна та його споруд у справному стані.

При поточних оглядах виявляють всі несправності і виділяють дефекти, що потребують негайного усунення (тріщини й розмиви на узбіччях та укусах земляного полотна), визначають обсяги необхідних ремонтних робіт, проводять контроль за виконанням систематичного нагляду і утримання земляного полотна та його споруд, а також інструктаж працівників, що здійснюють цей нагляд. До поточного огляду належить також спостереження за роботою дренажних споруд і особливостями пропускання зливових і паводкових вод.

Під час періодичного огляду проводять детальну перевірку загального стану земляного полотна, водовідвідних, захисних та укріплювальних споруд з виконанням, у разі необхідності, інструментальних та інших вимірювань. При цьому виявляють дефекти, встановлюють причини несправностей, складають перелік необхідних профілактичних та ремонтних робіт, перевіряють повноту та якість раніше виконаних робіт систематичного нагляду, дають вказівки щодо порядку подальшого нагляду та спостережень.

Спеціальні обстеження й спостереження за земляним полотном та його спорудами здійснюються інженерно-геологічними базами та колієобстежувальними станціями по земляному полотну. В разі необхідності для проведення спеціальних спостережень можуть залучатися науково-дослідні, проектні та інші організації, оснащені необхідними технічними засобами діагностики [1].

В даний час крім візуального існує велика кількість методів діагностики земляного полотна. Вони передбачають застосування різноманітних засобів. Геофізичні методи складають основу сучасної системи діагностики земляного

полотна, базуються на вивченні закономірностей зміни різних фізичних полів в ґрунтах земляного полотна залежно від їх складу, властивостей і стану. До них належать: інженерно-геологічне буріння, динамічне зондування, нівелювання, лабораторне фізичне моделювання, лабораторні і польові випробування ґрунтів, оцінка деформативності підрейкової основи по пружних осадках колії під навантажувальним поїздом, спеціальна обробка стрічок вагонів колієвимірників, сейсмічний, вібросейсмічний, електромагнітний і радіолокаційний методи, аерофотозйомка, космозйомка, наземне і авіаційне лазерне сканування. Нижче наведена стисла характеристика даних методів.

Фізичні поля в земляному полотні можуть виникати від спрямованих дій постійного або змінного електричного струму через забиті в ґрунт електроди (метод електрометрії); від дії ударних навантажень (наприклад, молотом) по ґрунту (сейсмічний метод); від поїзда, що рухається (вібраційний метод); від випромінювання електромагнітних високочастотних зондуючих сигналів (метод радіолокації). Принципова схема застосування геофізичних методів полягає в такому: збудження фізичних полів в земляному полотні – прийом і перетворення сигналів (відгук системи) у відповідь – реєстрація сигналів вимірною апаратурою – автоматизована система обробки отриманої інформації – інтерпретація і інженерно-геологічне пояснення результатів діагностики. Нижче наведена стисла характеристика геофізичних методів, які застосовуються при діагностиці земляного полотна.

Метод електрометрії дозволяє виявляти деформації основної площадки у вигляді баластних заглиблень і зволжених зон ґрунту; визначати карстові порожнини; оцінювати величину просадки насипу на болотах; визначати межі мерзлих ґрунтів в тілі і основі насипів, а також вирішувати низку інших завдань. Розроблена також модифікація методу електрометрії – електродинамічне зондування (ЕДЗ). Суть ЕДЗ полягає в тому, що в масив ґрунту на глибину, яка досліджується, ударами еталонного вантажу забивається металевий зонд, що складається з декількох сполучених між собою труб. По мірі занурення зонду в земляне полотно через певні інтервали по глибині вимірюється пропущена сила струму через електроди, що знаходяться на кінці зонду. Метод ЕДЗ дозволяє отримувати не лише літологічний розріз земляного полотна, але і дані міцнісних характеристик піщано-глинистих ґрунтів до глибини близько 5-7 м.

Сейсмічний метод дозволяє зондувати земляне полотно вздовж колії і на укосах насипу і вирішувати переважну більшість завдань, які зустрічаються при усіх видах діагностичних досліджень земляного полотна. Серед них детальні дослідження внутрішньої будови земляного полотна, визначення водонасичених зон в насипах і рівня ґрунтових вод в їх основі; оцінка показників властивостей ґрунту і визначення ослаблених по міцності зон в насипах та їх основі; обстеження земляного полотна, що експлуатується, в складних інженерно-геологічних умовах.

Вібраційний метод розроблений для перетворення вхідної динамічної дії, що змінюється в часі, і відгуку системи на цю дію (наприклад, коливальні процеси). Істотною перевагою такого методу є можливість оцінювати динамічний стан насипу під час її функціонування, тобто в процесі дії рухомого складу. Вібраційний метод застосовується при попередній діагностиці насипів з виділенням аномальних об'єктів; при моніторингу стану насипів в процесі експлуатації залізниці протягом року з метою прогнозування їх стану, в тому числі при організації швидкісного

руху пасажирських поїздів; для виявлення насипів, на яких можливі аварійні деформації від дії рухомого складу.

Метод радіолокації базується на випромінюванні радіопередавачем коротких електромагнітних сигналів, що проникають в ґрунт через антену. Відбиваючись від шарів ґрунту, що мають різні електромагнітні властивості, сигнали з інформацією про стан середовища уловлюються антеною. Таким чином визначається неоднорідність ґрунтів у тілі земляного полотна. Метод радіолокації характеризується великою розподільною здатністю, технологічністю і високими техніко-економічними показниками. Це пояснюється можливістю безперервних безконтактних вимірювань з використанням транспортного засобу. Для обстеження порівняно невеликих за протяжністю ділянок використовується комплекс радіолокації «Геодефектоскоп», що переміщається по рейковій колії, створений на базі георадара (транспортного засобу типу дефектоскопного візка) та іншого допоміжного устаткування. Вимірювальний комплекс «Геодефектоскоп» призначений для оцінки стану верхньої частини земляного полотна на глибинах 1,5-2 м з прив'язкою до конкретних пікетів. Завдання, що вирішуються: виявлення баластних заглиблень в основній площадці, визначення меж промерзання і відтаювання ґрунту, виділення ділянок з баластними виплесками та ін. Вимірювання виконуються безперервно по довжині колії зі швидкістю пересування оператора 3-4 км/год.

Не дивлячись на вагомі переваги, технології використання цих засобів не відпрацьовані достатньою мірою. Це викликано, перш за все, складністю оцінки фактичного стану земляного полотна через велику кількість чинних на нього факторів, що впливають на його стабільну роботу (в тому числі прихованих, активних лише в період несприятливих природно-кліматичних явищ).

Відсутні також чіткість в нормативно-технічних документах, що регламентують критерії оцінки стану земляного полотна, а також вивірені концептуальні підходи до його діагностики.

До основних недоліків існуючих технологій оцінки і прогнозування стану земляного полотна належать:

- суб'єктивність і недостовірність діючої системи візуальних методів нагляду;
- значна трудомісткість, низька продуктивність і велика вартість інженерно-геологічних методів вибіркового обстежень;
- відсутність достовірної інформаційної бази даних про стан об'єктів;
- відсутність чітких нормативних вимог до конструкції земляного полотна, ув'язаних з експлуатаційними умовами;
- недостатнє використання сучасних методів прогнозування природних процесів, особливо в районах зі складними природно-кліматичними інженерно-геологічними і геоландшафтними умовами, з метою запобігання неочікуваних, катастрофічних руйнувань і деформацій;
- недооснащеність інженерно-геологічних баз залізниць сучасними засобами діагностування та недоукомплектованість їх кадрами;
- недосконалість програмних засобів обробки та інтерпретації результатів діагностики технічними засобами, що є наслідком маловивченості складних гідрологічних і геодинамічних процесів в земляному полотні і його основі та відсутності в зв'язку з цим чітких розпізнавальних ознак деформацій і критеріїв відповідності їх нормам, що вимагає залучення широкого кола спеціалістів;

– недостатність координації наукових досліджень і експертизи рішень впровадження в області діагностики, що приводить в деяких випадках до невиправданих витрат на обстеження без реального результату [2].

*Висновки.* Проаналізувавши відомі методи діагностики земляного полотна, можна зробити такі висновки: на даний момент на українських залізницях проведенню діагностики земполотна приділяється недостатня увага. Найпоширенішими методами є огляди, що не завжди ефективно і надійно. В зв'язку із введенням на українських залізницях швидкісного руху потрібно більш відповідально відноситися до діагностики залізничної колії в цілому і до діагностики земляного полотна зокрема. Необхідно вивчити більш детально існуючі сучасні зарубіжні методи діагностики і шляхи їх впровадження на українських залізницях, а також визначити економічний ефект від їх впровадження.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Інструкція з утримання земляного полотна залізниць України/Л. І. Дяченко. Г. П. Кислий, В. О. Курач. – Д.: Вид-во АТЗТ ВКФ «Арт-Прес», 2001. – 104 с.
2. Яковлева Е .В. Прогнозировать деформации земляного полотна/ Путь и путевое хозяйство. – № 6, 2005. – С. 29-32.
3. Даніленко Е. І. Залізнична колія/Улаштування, проектування і розрахунки, взаємодія з рухомих складом/Підручник для вищих навчальних закладів (у 2-х томах). – Київ: Інпрес, 2010.
4. Усовершенствование метода диагностирования и критериев состояния земляного полотна железных дорог/Р 761/3 Памятка ОСЖД от 30 октября 2003 г., г. Варна.
5. Концепция разработки комплексной системы диагностики технического состояния элементов железнодорожной инфраструктуры/О 733 Памятка ОСЖД от 27 апреля 2007 г., г. Тбилиси, Грузия.
6. Правила технічної експлуатації залізниць України. – К.: «Видавничий дім «Сам», 2003. – 133 с.