

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра будівельних матеріалів, конструкцій та споруд

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять і виконання індивідуальних завдань

з дисципліни

«ДІАГНОСТИКА ТА ПІДСИЛЕННЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА»

Харків – 2023

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд 18 вересня 2023 р., протокол № 1.

Методичні вказівки призначено для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 273 «Залізничний транспорт» освітньої програми «Залізничні споруди та колійне господарство» усіх форм навчання.

Укладачі:

професори А. А. Пługін,

Л. В. Трикоз

Рецензент

доц. О. В. Лобяк

ВСТУП

Методичні вказівки складено згідно з рекомендованим робочою програмою переліком робіт з курсу «Діагностика та підсилення земляного полотна». Викладено загальні положення до кожного практичного заняття, перелік завдань, що повинні виконати здобувачі під час заняття, необхідні рисунки та схеми. Перед початком заняття здобувачі ознайомлюються з загальними положеннями і мають змогу поставити викладачу запитання з незрозумілих моментів. Далі здобувачі отримують від викладача роз'яснення щодо виконання кожної окремої роботи і працюють самостійно.

Для оцінювання успішності виконання практичних занять методичні вказівки містять контрольні запитання, на які здобувачі дають відповіді усно або письмово залежно від вказівок викладача. Більш детальна інформація про систему оцінювання наведена в силабусі дисципліни.

Робочою програмою дисципліни передбачено виконання однієї розрахунково-графічної роботи, завдання на яку наведено наприкінці методичних вказівок. Варіант розрахунково-графічної роботи визначається порядковим номером здобувача в журналі групи. Оформлення РГР має відповідати вимогам оформлення студентської звітності.

Практичне заняття 1

ОСНОВНІ МЕТОДИ І ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Загальні положення. Діагностування земляного полотна є складовою його поточного утримання і виконується під час систематичного, поточного, періодичного оглядів, спеціальних обстежень і спостережень. Метою діагностування є своєчасне виявлення деформацій і пошкоджень, що виникають у земляному полотні або його спорудах. Відсутність сучасної нормативно-технічної документації на залізницях України з методів діагностування та оцінювання стану земляного полотна призводить до несвоєчасного виявлення дефектів і необхідності обмеження швидкості поїздів або проведення ремонтно-відновлювальних робіт.

За складністю й обсягами спостережень за земляним полотном методи діагностування поділяються на візуальні, інструментальні та спеціальні.

Візуальні спостереження виконуються обхідниками залізничних колій і штучних споруд, бригадирами колії, бригадирами спеціалізованих бригад із земляного полотна з використанням найпростіших приладів і пристроїв (рулетки, рейки, рівні, віхи, виски і т. п.). Візуальні спостереження полягають в огляді земляного полотна і його споруд по всій ширині смуги відведення. При цьому встановлюється наявність або відсутність ознак деформацій і несправностей земляного полотна, а саме положення і ріст тріщин, огляд маяків і марок, стан нагорних канав у виїмках, наявність застою води в кавальєрі, розміри узбіччя, висота верху баластної призми над узбіччям, крутість укосів, наявність обдимань і виплесків і т. п.

Інструментальні спостереження виконуються нівелюванням, перевіркою створів теодолітом, зйомкою поперечних профілів, перевірою бурінням

неглибоких свердловин, визначенням дебету води, розкопками, розкриттям споруд. Бурінням установлюють наявність і глибину баластових лож, мішків, гнізд, наявність води і водонасиченого ґрунту у верхній частині земляного полотна. Крім того, за побудованим у результаті буріння поперечним і поздовжнім розрізами основного майданчика визначають і характер деформацій земляного полотна, з'ясовують, у якому напрямку вони розвиваються, уточнюють границі ненадійних ділянок. Виконуються інженерно-технічними працівниками дистанції колії або відділів з перевірки земляного полотна регіональних центрів діагностики філії «Центр діагностики залізничної інфраструктури» (ЦДЗІ).

Дані експлуатаційних спостережень та інженерно-геодезичних методів дають змогу охарактеризувати лише зовнішні ознаки деформацій. Інженерно-геологічні методи визначають внутрішню будову і стан ґрунтів шляхом механічного проникнення всередину земляного полотна. Досвід показує, що завдання своєчасного виявлення небезпечних для руху поїздів ділянок земляного полотна з використанням тільки традиційних методів і за існуючих темпів їхнього розвитку не може бути вирішено в найближчі десятиліття. Крім того, ці методи не дають змогу виконувати діагностування земляного полотна в динаміці (наприклад під час проходження поїздів), що дуже важливо для будь-якої системи технічної діагностики. Отже, дуже актуальним є залучення для діагностування земляного полотна геофізичних методів, широко застосовуваних у розвідувальній та інженерній геології.

Геофізичні методи використовують для виявлення аномалій у фізичних полях, обумовлених неоднорідностями геологічної будови, пов'язаних із зміною фізичних властивостей і геометрії шарів досліджуваних об'єктів. Геофізична інформація відображує фізико-геологічні неоднорідності середовища в плані, за глибиною і в часі. Виникнення аномалій пов'язано з тим, що експлуатований об'єкт дослідження спотворює, наприклад, від

контакту з різними шарами ґрунту штучно створене (тестова діагностика) або природне фізичне поле (функціональна діагностика).

Спеціальні обстеження й спостереження за земляним полотном і його спорудами здійснюються відділами з перевірки земляного полотна регіональних центрів діагностики філії «Центр діагностики залізничної інфраструктури» за планами, що узгоджуються зі службою колії, або, позапланово – на ділянках, де виникли деформації, а також за необхідності виконання проєктних робіт на реконструкцію, капітальний ремонт, верхньої будови колії, інженерних споруд і земляного полотна. За необхідності для проведення спеціальних обстежень і спостережень можуть залучатися науково-дослідні, проєктні та інші організації, фахівці яких мають відповідні сертифікати державного зразка (або сертифіковані фахівці), оснащені необхідними технічними засобами діагностики.

Ефективність діагностики земляного полотна значно підвищується, коли традиційні та геофізичні методи застосовуються в комплексі, даючи змогу отримати більш достовірну інформацію. Тому виникла необхідність у створенні автономної рухомої лабораторії на базі пасажирського вагона, оснащеної сучасними приладами та обладнанням, необхідним комп'ютерним забезпеченням і нормальними побутовими умовами для технічного персоналу. Такий службовий вагон-лабораторія входить до складу відділу з перевірки земляного полотна регіонального центру діагностики філії ЦДЗІ. До складу вагона входить таке технологічне обладнання: комплект геодезичних інструментів; бурова установка на базі автомобіля з комплектом бурового інструменту; комплект з устаткуванням для електродинамічного зондування; комплект для геолокаційної діагностики (георадар з комплектом антен); лабораторне обладнання для аналізу проб ґрунту і отримання фізико-механічних характеристик; службовий автомобіль. У вагоні передбачені майстерня, побутові приміщення, автономне енергопостачання (рисунок 1.1).

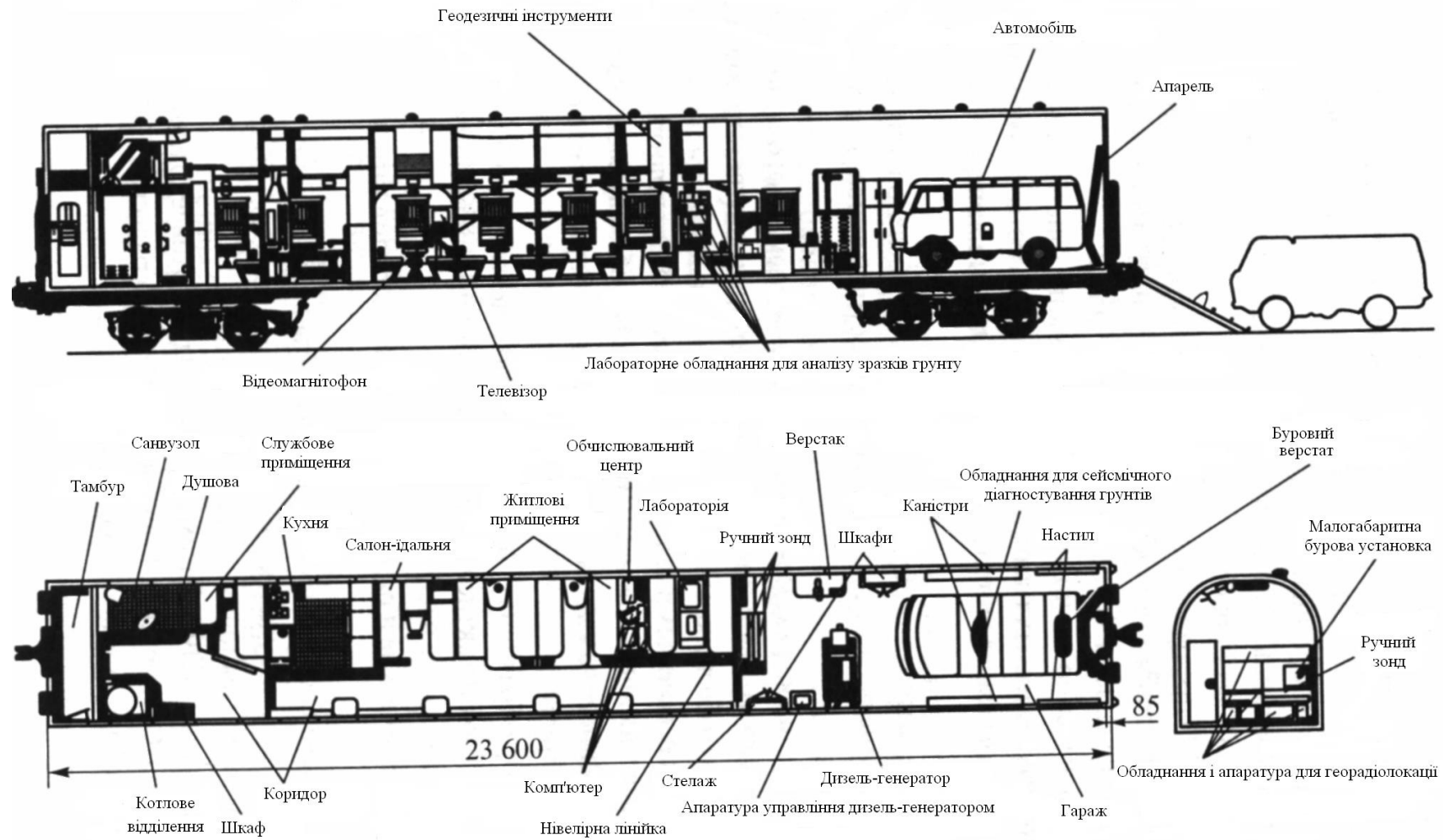


Рисунок 1.1 – Компонування службового вагона-лабораторії

Завдання для здобувачів

За наданими викладачем даними скласти діаграми методів і засобів діагностування земляного полотна.

Контрольні запитання

1 Як поділяються методи діагностування земляного полотна за складністю й обсягами спостережень?

2 Якими методами можна оцінити зовнішні ознаки деформацій земляного полотна?

3 Якими методами можна визначити внутрішню будову і стан ґрунтів?

4 Які способи діагностування земляного полотна дають кількісні характеристики ґрунтів?

5 Які способи діагностування земляного полотна дають якісні характеристики ґрунтів?

6 Які способи належать до інструментальних методів діагностування земляного полотна?

7 Які способи належать до геофізичних методів діагностування земляного полотна?

8 Для яких методів обстеження земляного полотна використовуються рулетки, рейки, рівні, вешки, виски?

9 Для яких методів обстеження земляного полотна використовуються теодоліти, нівеліри?

10 Для яких методів обстеження земляного полотна використовуються змійовики, бурові ложки, желонки, долота?

11 Для яких методів обстеження земляного полотна використовуються вагони-лабораторії, пересувні навантажувальні комплекси, вагони-колієвимірювачі?

Практичне заняття 2

ЕЛЕКТРОМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Загальні положення. Різні ґрунти неоднаково опираються електричному струму, що проходить крізь них. Електричний опір ґрунтів визначається наявністю в них мінеральних частинок різної твердості, пор різної величини і конфігурації, вмістом води і розчинених у ній солей – головних провідників електричного струму. Якісною характеристикою опору є питомий електричний опір, що чисельно дорівнює опору ґрунту у формі куба висотою 1 м і перерізом 1 м², позначається символом ρ і вимірюється в ом-метрах (Ом·м).

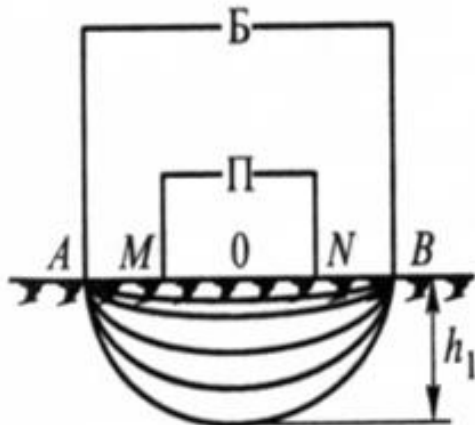
Геоелектричну модель тривало експлуатованого піщано-глинистого насипу можна уявити в такому вигляді. Шар щебеневого баласту має питомий електричний опір ρ , що дорівнює кільком тисячам ом-метрів; ρ піщаного шару у вигляді подушки і баластних заглиблень в основній площадці залежно від складу піску, вмісту в ньому щебеню, глинистих частинок і зволоженості змінюється від 100 до 3000 Ом·м; ρ тіла насипу, складеного з глинистих ґрунтів, при побутовій вологості коливається для глин у межах від 5 до 30 Ом·м; суглинків – від 10 до 60 Ом·м; супісків – від 40 до 100 Ом·м. Зазначені границі опорів можуть змінюватися залежно від зміни мінералізації ґрунтових вод. Забруднений баласт має більш низький опір, ніж чистий. Опір мерзлих ґрунтів, наявних у тілі насипу, у десятки разів більше, ніж талих, і залежить від їхнього складу, текстури і льодистості. Відношення питомих опорів тонкодисперсних ґрунтів при переході від талих до мерзлих не перевищує 10, а для крупноуламкових обводнених може досягати декількох сотень.

Непорушені скельні (граніт, базальт тощо) і карбонатні ґрунти (вапняк, гіпс), а також кам'яну сіль відрізняє ρ порядку тисяч ом-метрів (Ом·м). Карбонатні ґрунти, що мають тріщини або зазнали карстових процесів, мають ρ на порядок менше, ніж непорушені ґрунти. Карстові порожнини виділяються різкими аномаліями у величинах ρ порівняно з навколишніми ґрунтами: вони зменшуються, якщо порожнини заповнені пухкими ґрунтами, і збільшуються, якщо повітрям. Ґрунти, що залягають нижче рівня ґрунтових вод і знаходяться у водонасиченому стані, мають невелике ρ , а у тих, що лежать вище рівня ґрунтових вод, він значно вищий. Багаторічномерзлі і сезонно промерзлі ґрунти мають різко підвищені значення ρ порівняно з талими.

Для вимірювання електричного опору ґрунтів і визначення закономірності їхнього поширення в ґрунтах земляного полотна застосовують в основному дві схеми спостережень: електропрофілювання (ЕП) і вертикальне електричне зондування (ВЕЗ). В обох випадках використовується симетрична установка, наведена на рисунку 2.1, що складається з джерела живлення Б, вимірювального приладу П, проводів і металевих заземлювачів (електродів). Електричний струм від батареї Б під впливом різниці потенціалів в електродах А і В поширюється від одного електрода до іншого через товщу ґрунту. З рисунка 2.1 видно, що при збільшенні відстаней між електродами А і В струмові лінії проникають на більшу глибину ($h_2 > h_1$). Прийнято вважати, що глибина дослідження за цією схемою залежить від поєднання шарів ґрунту в масиві і знаходиться в межах від 1/3 до 1/10 відстані між електродами А і В, що визначається дослідним шляхом для конкретного об'єкта при проведенні електророзвідки поблизу контрольної свердловини. Між живильними електродами А і В встановлюють приймальні електроди М і N, за допомогою яких вимірюють різницю потенціалів, що виникає між ними при пропусканні постійного електричного струму через електроди А і В у

грунті. Вимірювання полягають у визначенні сили струму I між електродами А і В, різниці потенціалів ΔU між електродами М і N і величини $\rho = k(\Delta U / I)$, де k – лінійний коефіцієнт установки, що залежить тільки від взаємного розташування і відстані між електродами АМNB.

а)



б)

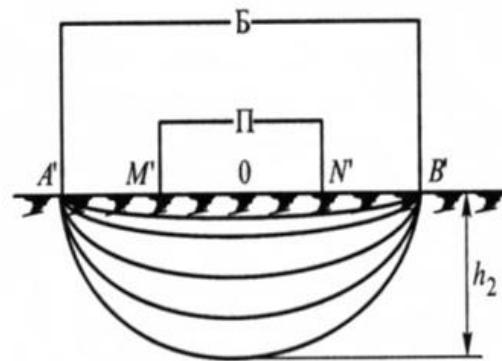
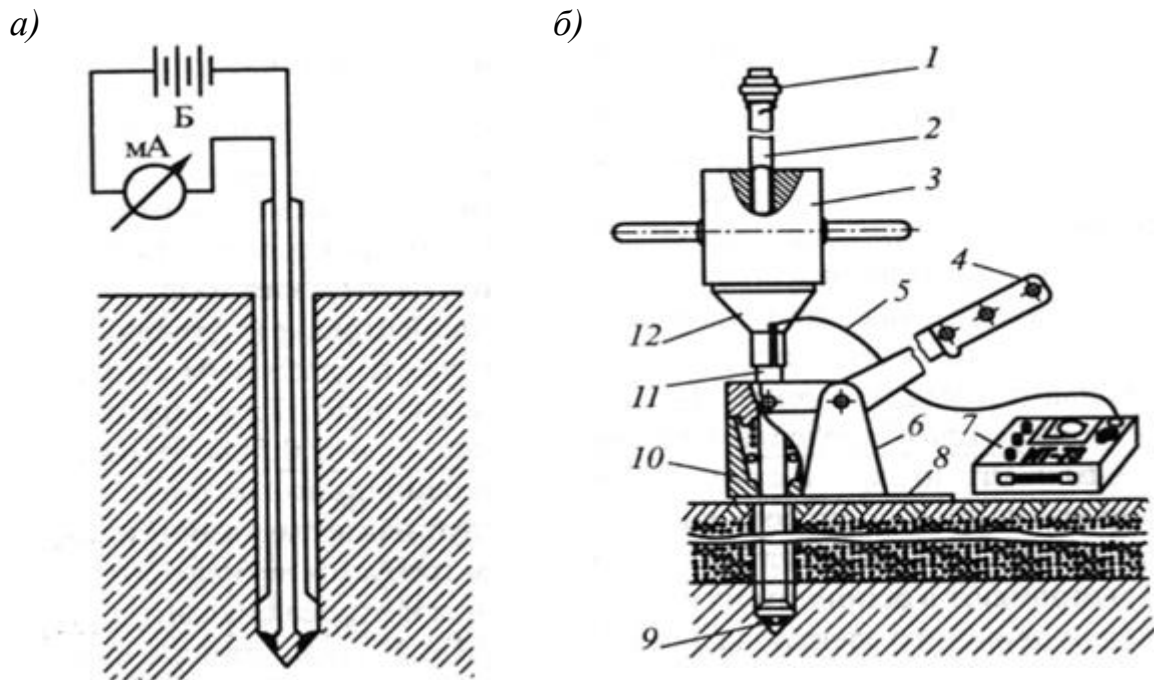


Рисунок 2.1 – Вимірювання електричного опору ґрунтів за схемою електропрофілювання (а) і вертикального електричного зондування (б)

При постійних значеннях відстаней між електродами А і В дослідження ґрунтової товщі виконується практично на однакову глибину, така схема спостережень називається електропрофілюванням (рисунок 2.1, а). При спостереженнях за схемою, коли відстань між електродами А і В поступово збільшують (що дає змогу проводити обстеження за глибиною ґрунтового масиву), таку схему називають вертикальним електричним зондуванням (рисунок 2.1, б).

Різновидом електрометричних досліджень є метод електроконтактного динамічного зондування (ЕДЗ). Цей метод поєднує два способи одночасного дослідження ґрунтів: динамічне зондування і струмовий каротаж. Дані динамічного зондування дають змогу оцінювати фізико-механічні властивості ґрунтів у природному заляганні безперервно по всій глибині дослідження. Дані струмового каротажу дають змогу

розчленовувати ґрунти за літологічним складом, а за результатами динамічного зондування оцінюють їхні фізико-механічні властивості. Для обстеження застосовують установку ЕДЗ з двоконтактним наконечником, циліндричним рухомих електродом і вимірювальним приладом. Принцип роботи і загальний вигляд установки ЕДЗ зображений на рисунку 2.2.



- 1 – обмежувач висоти піднімання вантажу; 2 – напрямна штанга;
 3 – вантаж; 4 – важіль витягального пристрою; 5 – провід, що з'єднує ізольовані контакти з вимірювальним приладом; 6 – стояк;
 7 – вимірювальний прилад; 8 – опорна плита; 9 – двоконтактний наконечник; 10 – самозахоплювальний механізм;
 11 – рухомий електрод; 12 – упор для вантажу

Рисунок 2.2 – Принцип роботи (а) і загальний вигляд установки ЕДЗ (б)

Для зондування на верхній торець рухомого електрода 11 надягають упор 12 для вантажу 3 масою 10 кг, що скидається напрямною штангою 2 з висоти 0,5 м. Електричний струм вимірюють у міліамперах через кожні 10 см занурення електрода. Одночасно підраховують кількість однакових за силою ударів вантажу в основі, необхідних для визначення величини

умовного динамічного опору R_d . Після закінчення зондування на задану глибину електрод піднімають спеціальним витягальним пристроєм. Необхідна глибина досягається поступовим нарощуванням сталевих труб довжиною 0,5 або 1 м кожна.

Двоконтатний конічний наконечник 9 має суцільнометалевий сталевий корпус з зовнішнім діаметром 35,6 мм, площею поперечного перерізу 10 см^2 і кутом при вершині 60° . Ізольовані від корпусу наконечника круглі латунні електроди діаметром 9 мм розташовані в його нижній конічній частині – зоні максимального ущільнення ґрунту, що забезпечує постійний і надійний їхній контакт з досліджуваним ґрунтом. Від електродів всередині порожнистих труб йде кабель, що з'єднується з вимірювальним приладом. Діаметр наконечника в 1,5 раза більше діаметра несучих штанг, що зменшує (а при глибині зондування до 3-5 м виключає) їхнє бічне тертя об ґрунт.

Впливаючи постійними за силою ударами, рухливий електрод занурюють у ґрунт і визначають два параметри: питому електропровідність ґрунтів і опір їхній динамічній penetрації. Спільна інтерпретація графіків струму і penetрації дає змогу отримати більш однозначну і повну інформацію про склад і стан досліджуваних ґрунтів порівняно з роздільним.

Завдання для здобувачів

1 За даними електроконтактного динамічного зондування визначити глибину залягання шарів ґрунту різного літологічного складу, консистенцію глинистих ґрунтів і динамічну стійкість піщаних ґрунтів.

2 За даними електропрофілювання визначити потужність баластного шару.

3 За даними електропрофілювання визначити межі розповсюдження баластової шапки.

Контрольні запитання

- 1 У чому полягає електрометричний метод діагностування земляного полотна?
- 2 На чому засновано використання електрометричного методу для діагностування земляного полотна?
- 3 Як називається електрометричний метод діагностики земляного полотна, при якому відстань між електродами зберігається незмінною?
- 4 Як називається електрометричний метод діагностики земляного полотна, при якому відстань між електродами поступово збільшується?
- 5 Як залежить питомий електричний опір ґрунтів від їхньої вологості?
- 6 Як залежить питомий електричний опір баластних ґрунтів від ступеня їхньої забрудненості?
- 7 Як залежить питомий електричний опір ґрунтів від їхнього виду?

Практичне заняття 3

СЕЙСМІЧНИЙ МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Загальні положення. Застосування сейсмічного методу для діагностування земляного полотна засновано на вивченні полів пружних хвиль, що виникають під дією ударного навантаження та розповсюджуються в ґрунті. У реальному ґрунтовому масиві під впливом імпульсного джерела збудження (удар) утворюються різні сейсмічні хвилі – поздовжні і поперечні. Поширення сейсмічних хвиль у ґрунтовому масиві відбувається за законами геометричної оптики, тобто на межах розділу та неоднорідностей ці хвилі можуть відбиватися, переломлюватися

і поглинатися подібно до світлових на границях середовищ з різною оптичною щільністю. Для тривало експлуатованого земляного полотна характерна поява границь, пов'язана зі зміненням фізичних властивостей ґрунту, зумовлених зміненням його літології і стану – ступеня напруженості, тріщинуватості, неоднорідності тощо. Сильно заломлювальні границі виникають між ґрунтами з різним типом структурних зв'язків, а також такими, що знаходяться в різних станах (неводонасиченому, водонасиченому та мерзлому).

Внутрішня будова експлуатованого земляного полотна може бути описана сейсмічними моделями, у яких окремим шарам ґрунту відповідає певний сейсмічний параметр – швидкість поздовжніх хвиль v_p , швидкість поперечних хвиль v_s , а також їхнє відношення v_p / v_s . Поздовжні хвилі збуджуються ударом, що наноситься вертикально (рисунок 3.1, а), а поперечні – горизонтально, у напрямку, перпендикулярному до сейсмічного профілю (рисунок 3.1, б).

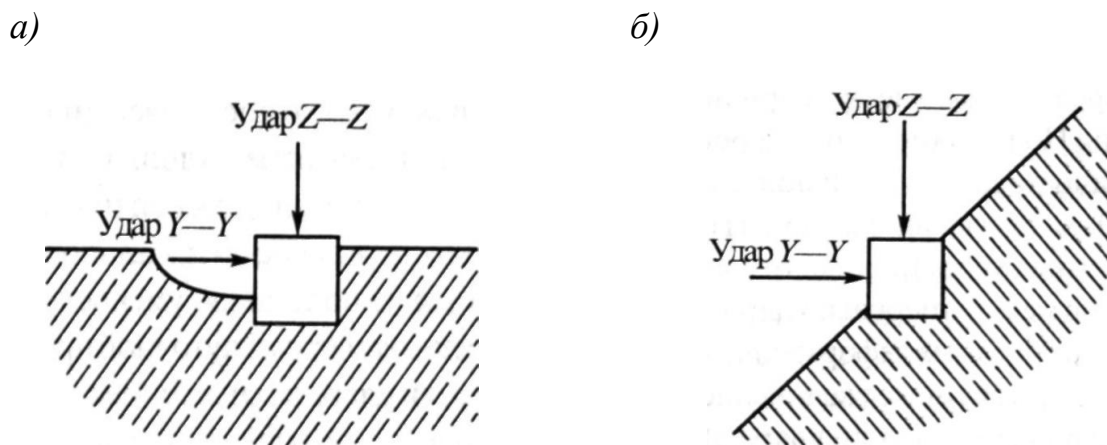


Рисунок 3.1 – Схеми збудження поздовжніх і поперечних хвиль ударами на горизонтальній поверхні (а) та укосі насипу (б)

При ударі по ґрунту на осцилограмі з'являється різкий імпульс, що дає змогу чітко відзначити початок коливань ґрунту (рисунок 3.2, а).

Сейсмичні дані обробляються в такій послідовності: виділяють на сейсмограмі окремі типи хвиль і визначають час їхнього розповсюдження t_i , потім будують графіки залежності часу t_i від відстані x_i за довжиною профілю вимірювань – годографи (рисунок 3.2, б). За годографами розраховують швидкості хвиль – індикатриси (рисунок 3.2, в), визначають межі між шарами ґрунту h_i , що відрізняються між собою швидкостями хвиль v_i . За цими параметрами будують геосейсмичні розрізи земляного полотна (рисунок 3.3). Далі йде найбільш складний етап – інженерно-геологічне тлумачення сейсмичної інформації з використанням розроблених діагностичних ознак і даних, отриманих від контрольних (опорних) бурових свердловин.

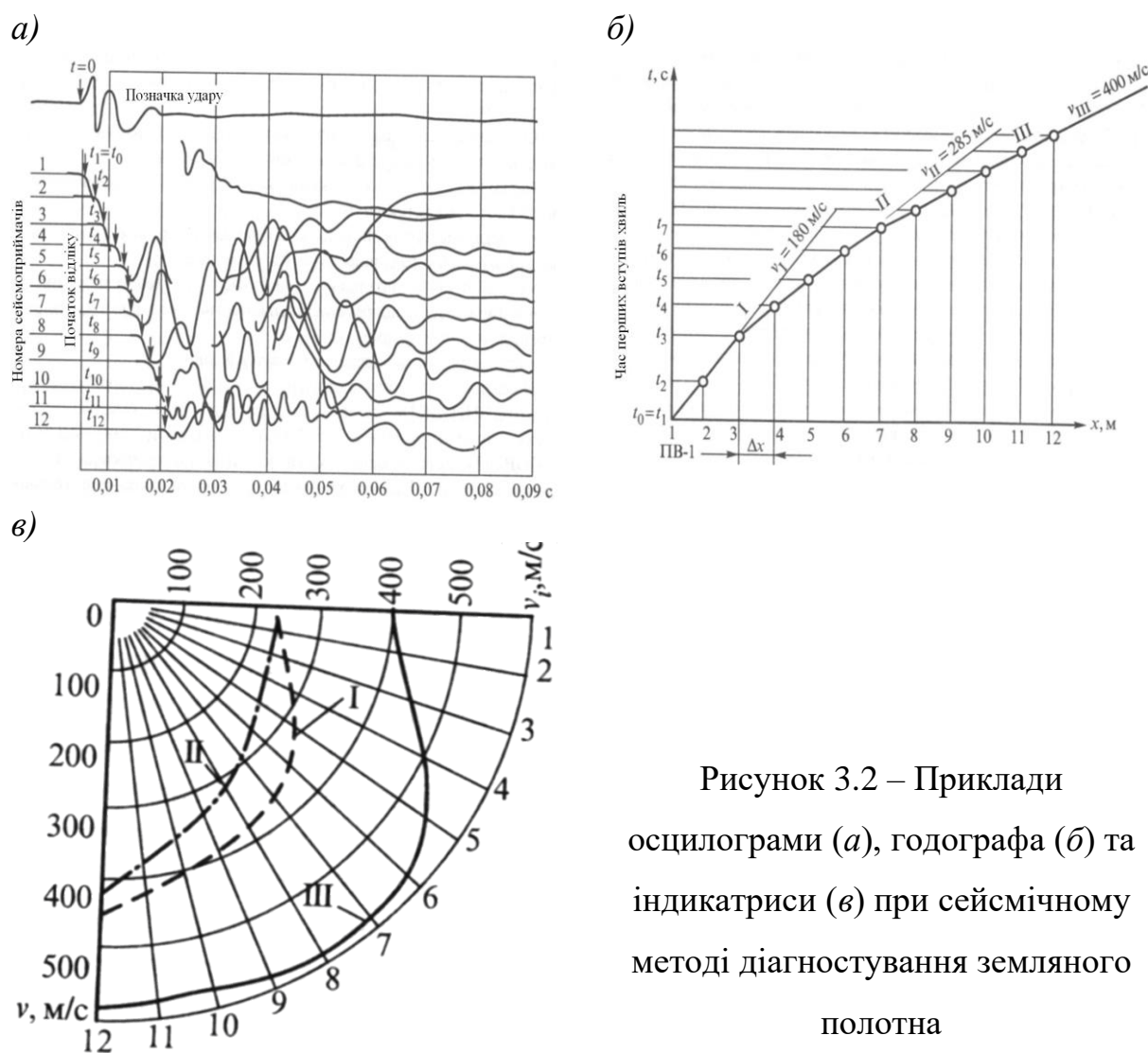
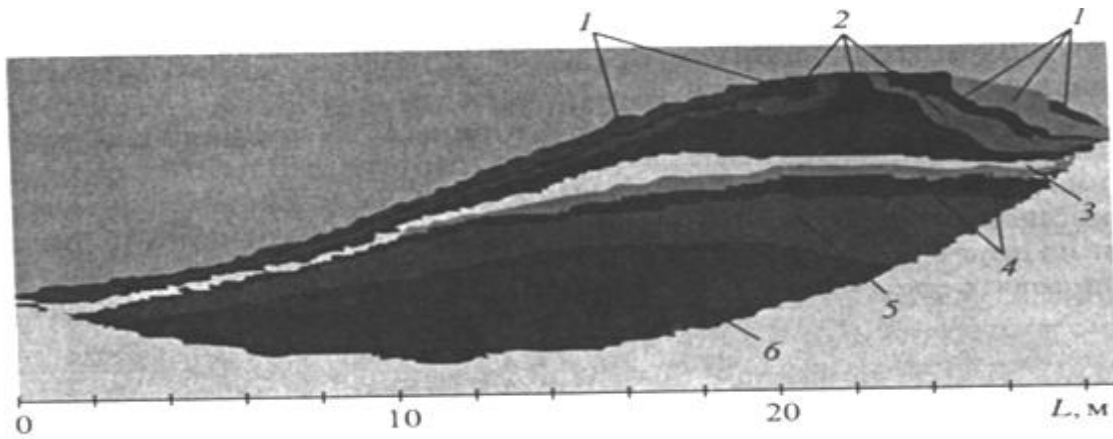


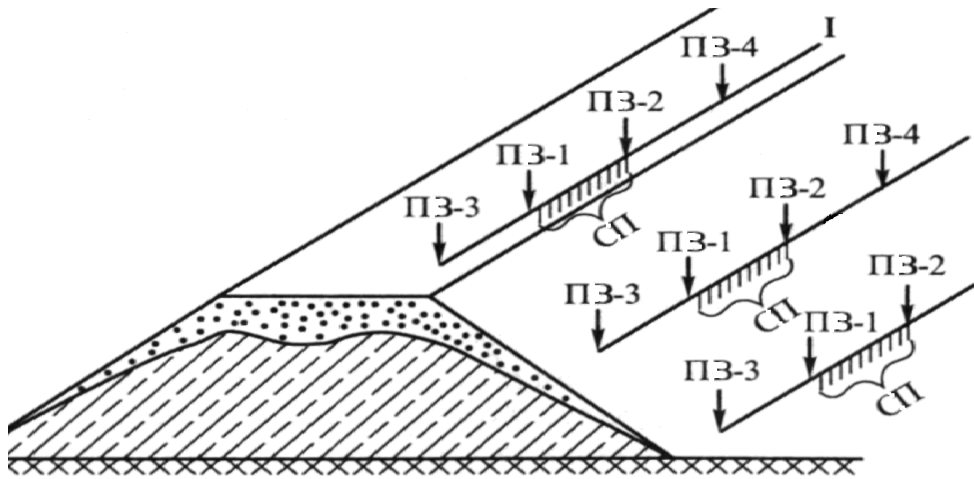
Рисунок 3.2 – Приклади осцилограм (а), годографа (б) та індикатриси (в) при сейсмичному методі діагностування земляного полотна



1 – щебінь; 2 – піщано-гравійний баласт, пісок або супісок; 3 – супісок;
4 – гравійний баласт із суглинистим заповнювачем; 5 – суглинок
пластичний; 6 – суглинок текучопластичний

Рисунок 3.3 – Сейсмотомографічний розріз насипу за швидкостями
поздовжніх хвиль

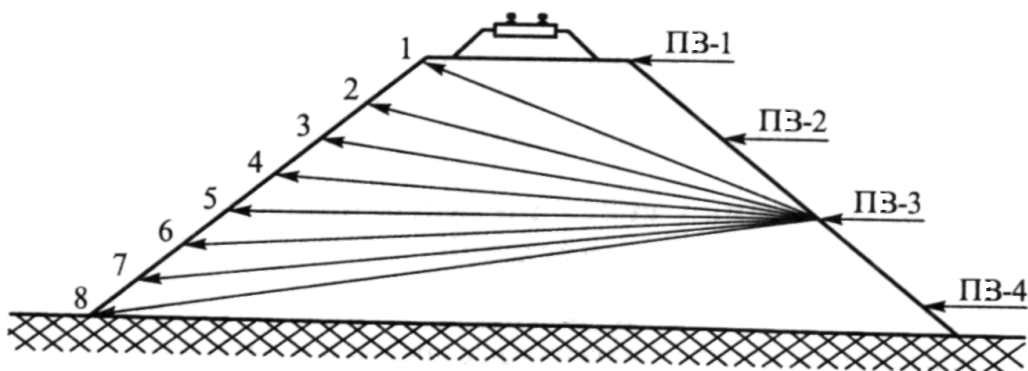
Залежно від взаємного розміщення пунктів збудження хвиль і сейсмоприймачів розрізняють такі методи сейсмічного діагностування: поздовжнього сейсмічного профілювання, сейсмічного просвічування, кругового сейсмічного зондування. При поздовжньому сейсмічному профілюванні пункти збудження хвиль (ПЗ) і сейсмоприймачі (СП) розташовуються на одній прямій лінії – сейсмічному профілі (рисунок 3.4). Його довжину вибирають залежно від глибини дослідження та ґрунтових умов. Наприклад, при вивченні глибин 10-15 м довжина профілю складає 40-60 м при відстані між сейсмоприймачами 0,5-2 м. При детальному дослідженні нестійких ділянок земляного полотна застосовують систему безперервного сейсмічного профілювання, що досягається перенесенням ПЗ на місце стоянки останнього СП. Ця система забезпечує безперервність простежування сейсмогеологічних границь, зменшуючи тим самим імовірність пропустити ненадійні ділянки земляного полотна.



ПЗ-1 – ПЗ-4 – пункти збудження пружних хвиль; СП – сейсмоприймачі

Рисунок 3.4 – Схема спостережень за методикою поздовжнього сейсмічного профілювання

При сейсмічному просвічуванні джерела збудження хвиль (удар молотом, тампером, еталонним пристроєм) знаходяться на одному з укосів, а реєстрація хвиль, що проходять через насип, здійснюється сейсмоприймачами на іншому укосі насипу (рисунок 3.5). Це дає змогу простежити зміну параметрів пружних хвиль залежно від напрямку хвильового фронту (спрощено – променів) і різного об'єму досліджуваних ґрунтів.

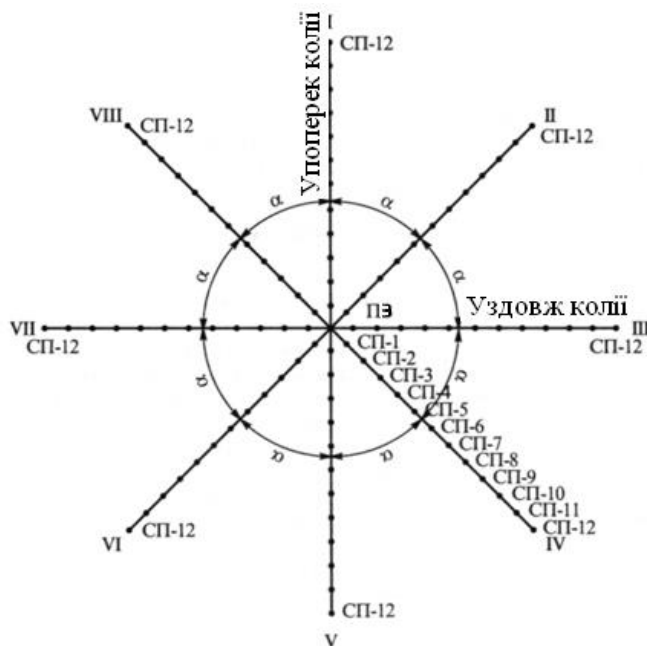


ПЗ-1 – ПЗ-4 – пункти збудження пружних хвиль; 1–8 – пункти приймання хвиль

Рисунок 3.5 – Схема спостережень за методикою сейсмічного просвічування

Усі роботи з сейсмічного просвічування проводяться за межами рейко-шпальної решітки, в основному на укосах насипу, що має велике значення для дотримання безпеки руху поїздів і працівників з технічного персоналу. Крім того, подібна методика незамінна на невеликих за довжиною ділянках насипу, підходах до мостів, крутих кривих, коли важко розміщувати сейсмоприймачі і пункти збудження коливань вздовж колії.

При круговому сейсмічному зондуванні (КСЗ) профілі розташовують на укосі по радіусах кола, у центрі якого знаходиться пункт збудження коливань. Загалом для кожного кругового сейсмічного зондування послідовно виконують спостереження за вісьмома профілями, розташованими через 45° відносно один одного (рисунок 3.6). Така схема спостережень дає змогу контролювати стан ґрунту за глибиною на певній площі укосу. Дослідження за методикою КСЗ дають можливість визначати зміну сейсмічних параметрів на площі укосів насипів, порівнювати стан різних ділянок насипів і контролювати їхній стан при режимних спостереженнях у процесі експлуатації колії.



I–VIII – профілі;
 СП-1 – СП-12 – сейсмоприймачі;
 ПЗ – пункт збудження;
 $\alpha = 45^\circ$ – кут між профілями

Рисунок 3.6 – Схема спостережень за методикою кругового сейсмічного зондування

Завдання для здобувачів

1 За наданими викладачем сейсмограмами порівняти стан правого та лівого укосів насипу.

2 За наданими викладачем даними сейсмічного просвічування виявити деформації земляного полотна.

Контрольні запитання

1 На чому ґрунтується застосування сейсмічного методу діагностики земляного полотна?

2 Як залежить час поширення ударної хвилі при сейсмічному методі діагностики (t) від вологості ґрунтів?

3 Як залежить час поширення ударної хвилі при сейсмічному методі діагностики (t) від ступеня ущільнення ґрунтів?

4 Як називається метод сейсмічної діагностики, при якому пункти збудження хвиль і сейсмоприймач розташовуються на одній прямій лінії?

5 Як називається метод сейсмічної діагностики, при якому пункти збудження хвиль знаходяться на одному укосі, а сейсмоприймач – на іншому?

6 Як називається метод сейсмічної діагностики, при якому сейсмоприймач розташовують на укосі по радіусах кола, у центрі якого знаходиться пункт збудження хвиль?

Практичне заняття 4

РАДІОЛОКАЦІЙНИЙ МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Загальні положення. Радіолокаційний метод ґрунтується на вивченні параметрів електромагнітних хвиль, утворених у ґрунті за допомогою імпульсної дії високочастотного генератора. Сигнали від

генератора приймаються на поверхні після взаємодії з ґрунтовим середовищем. Наприклад, для двошарового середовища (баластний шар і ґрунт основного майданчика) реєструються такі типи хвиль (рисунок 4.1):

- 1 – пряма хвиля (повітряна), що розповсюджується зі швидкістю v_1 ;
- 2 – пряма хвиля (поверхнева), що розповсюджується зі швидкістю v_2 у верхній частині першого шару;
- 3 – хвиля, відбита від покриву товщі ґрунту другого шару, що характеризується швидкістю v_3 і поширюється за законами геометричної оптики в першому шарі зі швидкістю v_2 ;
- 4 – головна хвиля, що розповсюджується у верхній частині другого шару ґрунту зі швидкістю v_3 за умови, що $v_3 > v_2$. За параметрами електромагнітних хвиль (швидкість розповсюдження v і коефіцієнт поглинання α) визначають геологічні характеристики середовища: наявність, форму і глибину залягання відбивальних границь, вид і стан ґрунтів у розрізі та ін.

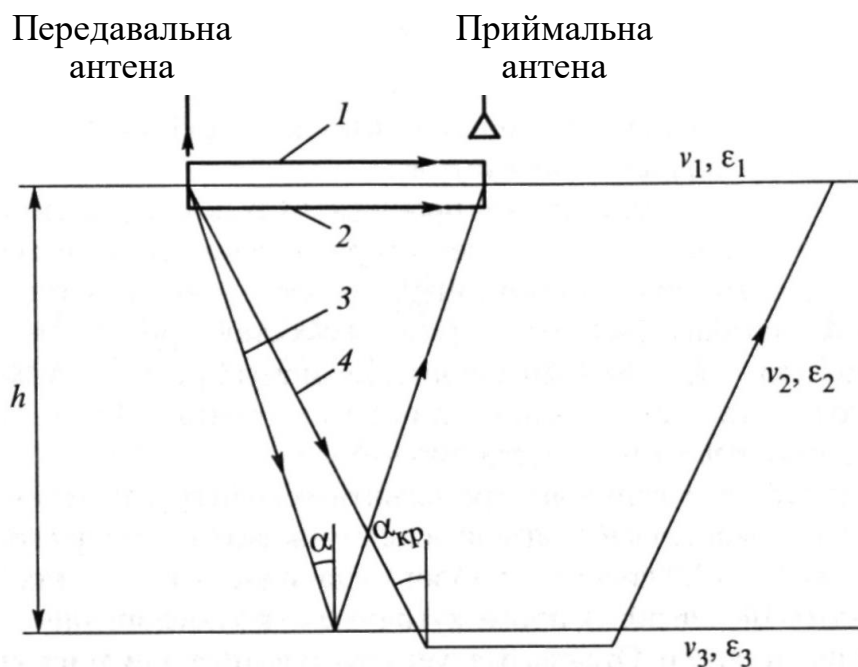


Рисунок 4.1 – Типи хвиль, що реєструються радіолокаційним методом (пояснення в тексті)

Радіолокаційні спостереження виконуються за двома методиками: профілювання і похиле зондування (рисунок 4.2). Радіолокаційне профілювання полягає у вимірюваннях при безперервному переміщенні вздовж цього профілю зі збереженням незмінної відстані між приймальною і передавальною антенами. При методиці похилого радіолокаційного зондування при постійному положенні передавальної антени приймальна антена послідовно переміщується уздовж профілю з кроком 0,5-1 м.

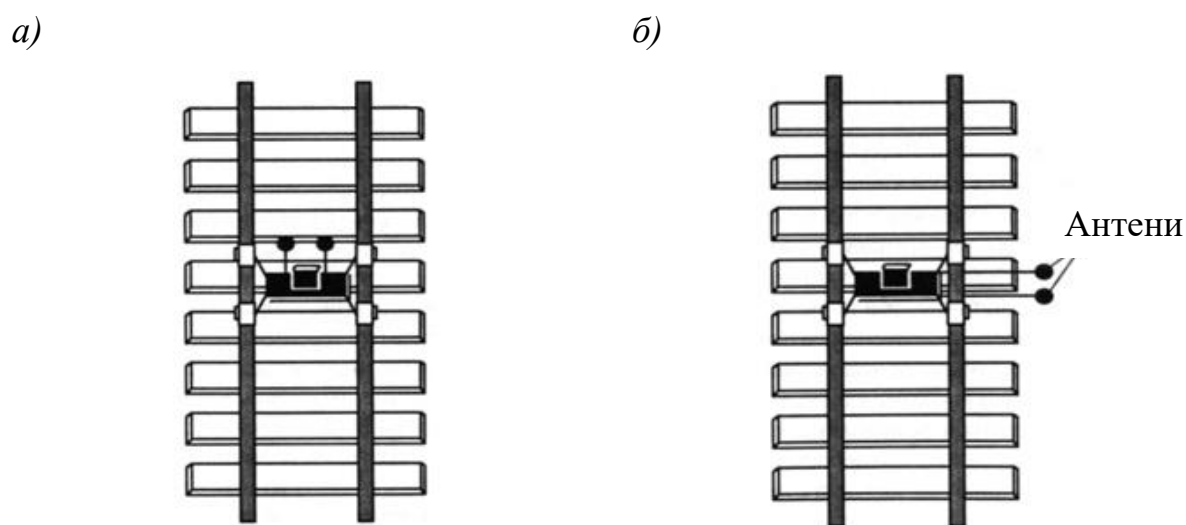
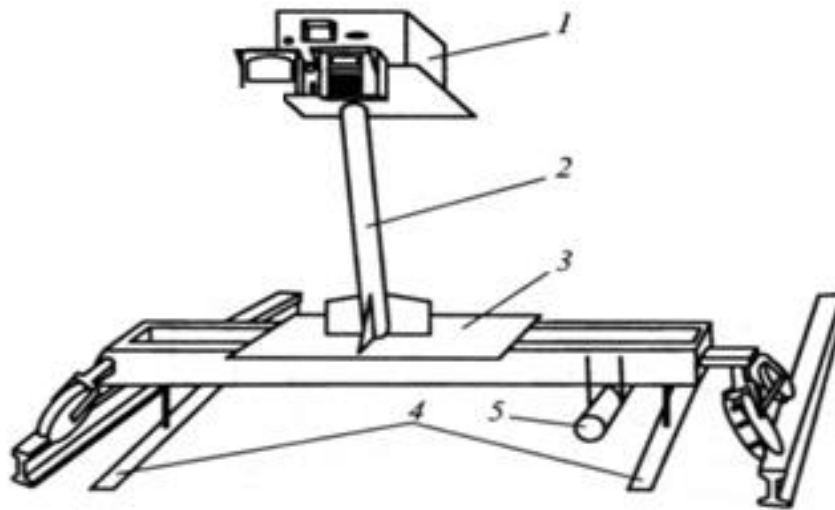


Рисунок 4.2 – Схеми розташування антен при профілюванні (а) і похилому зондуванні (б) земляного полотна

Для діагностики основного майданчика земляного полотна з рейкової колії був розроблений пересувний радіолокаційний апаратурно-вимірювальний комплекс «Геодефектоскоп», що встановлюється на спеціальному візку (рисунок 4.3).



1 – георадар; 2 – пристрій для встановлення і закріплення георадара;
3 – рейковий візок; 4 – антени; 5 – апаратура для багатоваріантного розміщення антен

Рисунок 4.3 – Апаратурно-вимірювальний комплекс «Геодефектоскоп»

Випробування показали, що він має такі переваги:

- забезпечення безперервної діагностики робочої зони земляного полотна під рейко-шпальною решіткою при русі колією зі швидкістю 3-5 км/год;
- загальна вага, що дає змогу силами двох людей прибрати його з колії;
- широка смуга пропускання частот хвильового процесу, що забезпечує глибину дослідження до 2-3 м;
- колеса на візку електрично ізольовані, що виключає замикання рейкових кіл;
- наявність датчика обертів колеса, що фіксує на радарограмі пройдену відстань.

Роботи з застосуванням «Геодефектоскопа» виконують у заплановане «вікно» або в проміжках між рухом потягів. Вимоги з техніки безпеки аналогічні чинним при роботі операторів з дефектоскопними візками.

Завдання для здобувачів

- 1 Перелічити діагностичні ознаки радіолокаційного методу.
- 2 Позначити на наведених радарограмах пошкодження земляного полотна.

Контрольні запитання

- 1 На чому ґрунтується застосування радіолокаційного методу діагностики земляного полотна?
- 2 Як залежить час появи відбитої електромагнітної хвилі при радіолокаційному методі діагностування від вологості ґрунтів?
- 3 Назвіть діагностичну ознаку радіолокаційного методу, що вказує на наявність баластних заглиблень.
- 4 Назвіть діагностичну ознаку радіолокаційного методу, що вказує на наявність пухкого неміцного ґрунту.
- 5 Назвіть діагностичну ознаку радіолокаційного методу, що вказує на наявність сторонніх тіл.

Практичне заняття 5

ПАСПОРТ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА, ЩО ДЕФОРМУЄТЬСЯ АБО НЕСТІЙКЕ (ФОРМА ПУ-9)

Загальні положення. На всі ділянки земляного полотна та його споруд, на яких відбувались або відбуваються деформації, у дистанції колії слід складати Паспорт земляного полотна, що деформується або нестійке (форма ПУ-9), за необхідності – окрему картку у Книзі протидеформаційних та укріплювальних споруд земляного полотна (форма ПУ-14), у яких регулярно відображувати результати оглядів, обстежень,

інструментальних експлуатаційних спостережень. У випадках, коли деформації повністю усунені, працівники дистанцій колії продовжують вести Паспорт форми ПУ-9, і ділянка протягом десяти років стоїть на обліку як нестійка з моменту останніх деформацій. Зняття з обліку виконується на підставі акта комісійного огляду за участю відділу з перевірки земляного полотна регіонального центру діагностики філії ЦДЗІ, начальника дистанції колії, майстра з земляного полотна (або працівника, на якого покладені його обов'язки). Акт затверджує начальник або головний інженер служби колії. Після зняття ділянки з обліку Паспорт форми ПУ-9, що був заведений на неї, постійно зберігається в дистанції колії.

Паспорт є документом постійного зберігання й складається одночасно у двох примірниках, один із яких зберігається в дистанції колії, а другий у службі колії. На особливо великі місця земляного полотна, що деформуються або схильні до деформації, на вимогу Департаменту колії та споруд АТ «Укрзалізниця» складається третій примірник паспорта.

Завдання для здобувачів

1 На основі даних обстежень земляного полотна заповнити паспорт форми ПУ-9.

Контрольні запитання

1 Ким складається паспорт земляного полотна, що деформується або нестійке?

2 На які об'єкти складається паспорт земляного полотна, що деформується або нестійке?

3 З якою періодичністю складається паспорт земляного полотна, що деформується або нестійке?

4 Які дані про місця, що деформуються або нестійкі, заносяться до паспорта земляного полотна?

5 Який термін зберігання паспорта земляного полотна?

6 У скількох примірниках складається паспорт земляного полотна?

7 Де зберігається паспорт земляного полотна?

8 У яких випадках складається додатковий примірник паспорта земляного полотна? Де він зберігається?

9 Чи складається паспорт земляного полотна на ті місця земляного полотна, що деформувалися і «лікувалися» раніше? Для чого це робиться?

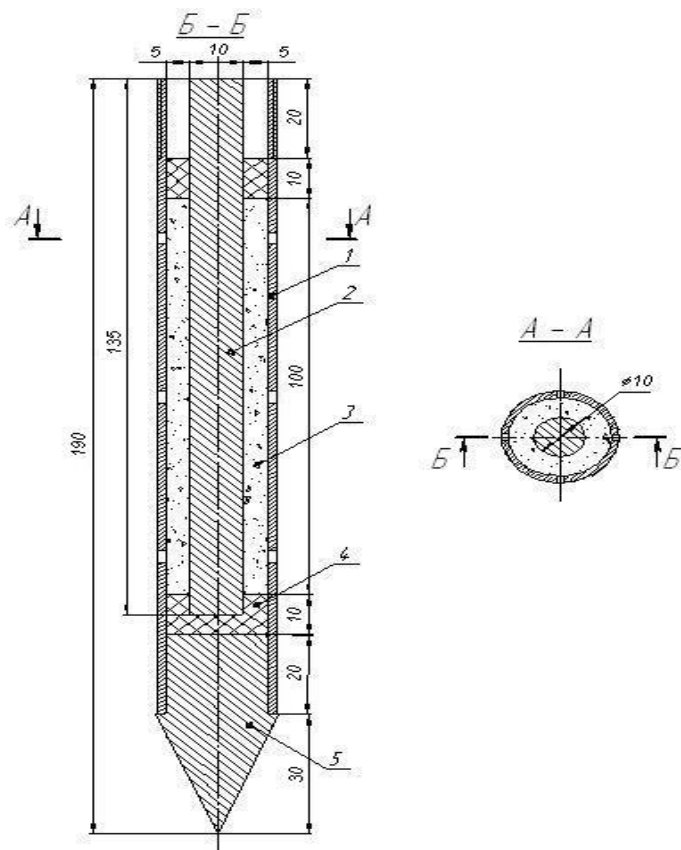
Практичне заняття 6

МЕТОДИКА МОНІТОРИНГУ ВОЛОГІСНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЗА ДОПОМОГОЮ СТАЦІОНАРНИХ ДАТЧИКІВ

Загальні положення. Методика призначена для визначення вологості ґрунтів усередині об'єктів земляного полотна, у яких вважають можливим виникнення деформацій і пошкоджень внаслідок перезволоження ґрунтів. Методика здійснюється шляхом занурення в ґрунт спеціального капілярного датчика, проведення електричних вимірювань і оцінювання за їхніми результатами вологості ґрунту і його реологічного стану – пластичного, текучого. Методика дає змогу проводити постійний контроль – моніторинг вологості і реологічного стану ґрунту об'єктів земляного полотна.

Методика ґрунтується на застосуванні коаксіального капілярного датчика, зазор між електродами якого заповнюють спеціальною капілярною засипкою (рисунок 6.1). Капілярна засипка через перфорований зовнішній електрод сполучається з навколишнім ґрунтом,

поточна вологість якого визначає вологість капілярної засипки і електричні показники датчика – електричний опір і електричну ємність. Такий спосіб забезпечує набагато більшу точність визначення вологості, ніж прямі вимірювання електричних характеристик ґрунту, на які має значний вплив фракційний, сольовий склад ґрунту і т. п.

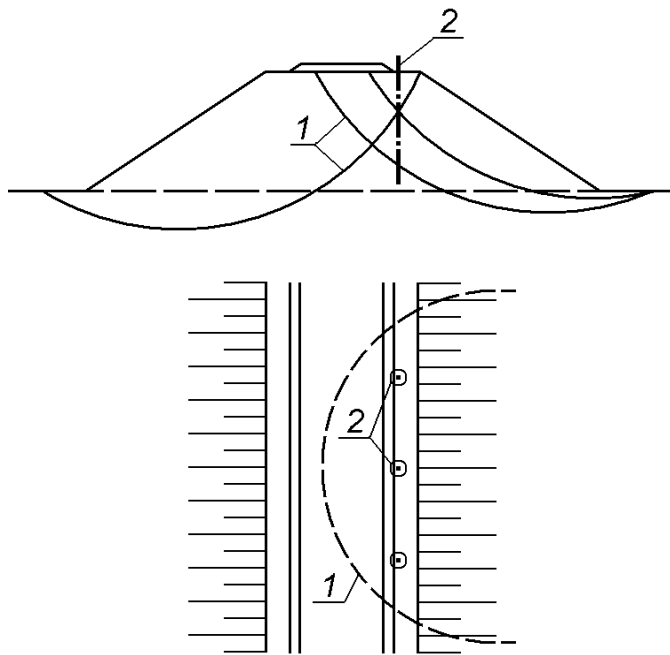


- 1 – зовнішній електрод;
- 2 – внутрішній електрод;
- 3 – капілярна засипка;
- 4 – полімерні вкладиші;
- 5 – наконечник

Рисунок 6.1 – Коаксіальний датчик для визначення вологості ґрунту всередині об'єктів земляного полотна

Датчики встановлюють у місцях на плані та глибині, у яких вважають можливим виникнення деформацій і пошкоджень внаслідок перезволоження ґрунтів. Приклад схеми розташування датчиків наведено на рисунку 6.2.

Датчики занурюють забиванням за допомогою труб-подовжувачів Ду20 довжиною 1 м кожна. При цьому датчик і труби-подовжувачі з'єднують між собою нарізними муфтами і шплінтами. При забиванні датчик нарощують трубами-подовжувачами, на кінцеву трубу встановлюють ударний хвостовик.



1 – можливі поверхні зсуву
укошу насипу; *2* – місця
встановлення датчиків

Рисунок 6.2 – Схема
встановлення капілярних
датчиків у насипу

Забивання здійснюють молотом вагою до 15 кг. Для видалення колони труб з датчиком використовують спеціальне пристосування, а також рейковий домкрат. Утворену свердловину зашпаровують ґрунтом для попередження потрапляння в нього атмосферних опадів, провід, що виходить на поверхню, також захищають від атмосферних опадів і вживають заходи для його схоронності. Для постійного моніторингу вологісного стану ґрунтів вимірювання проводять декілька разів на місяць (або здійснюють безперервний запис) у точках, у яких вважають можливим виникнення деформацій і пошкоджень внаслідок перезволоження ґрунтів.

Для вимірювання електричного опору (і електричної ємності) застосовують цифровий мультиметр DT9208A. Перед установленням датчиків на об'єкті виконують їхнє тарування. Для цього з різних у плані і за висотою місць досліджуваної ділянки ґрунту відбирають п'ять проб ґрунту масою близько 1 кг кожна. Проби висушують, подрібнюють, змішують до однорідності, висипають у ємність об'ємом не менше 1 л і висотою не менше 160 мм, ущільнюють, зважують і занурюють у неї датчик. Електричний опір вимірюють спочатку при сухому ґрунті, потім

при вологому, збільшуючи вологість ступенями по 5 % до 20 % (повне насичення піску водою). Збільшення вологості здійснюють шляхом зрошення поверхні ґрунту потрібною кількістю води, одержаною розрахунком, виходячи з маси ґрунту в ємності. При цьому після зрошення поверхню ґрунту накривають поліетиленовою плівкою і витримують до наступного вимірювання не менше 1 год. Вимірювання проводять декілька разів з інтервалом в 1 год до стабілізації результату. За результатами вимірювань будують графік залежності електричного опору і електричної ємності від вологості (рисунок 6.3).

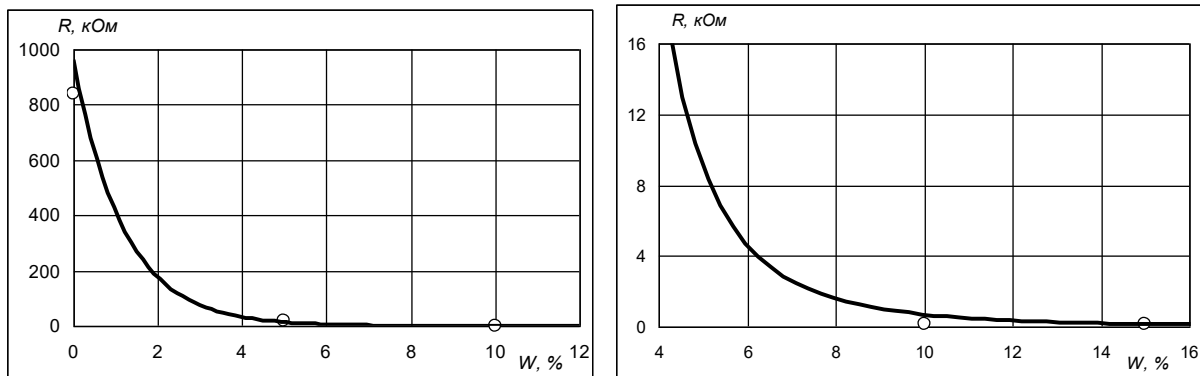


Рисунок 6.3 – Графіки залежності електричного опору від вологості ґрунту

Завдання для здобувачів

1 Виміряти за допомогою стаціонарних датчиків значення електричного опору ґрунту і занести до журналу контролю вологості ґрунту об'єкта земляного полотна.

2 За величинами електричного опору за допомогою тарувальних залежностей визначити вологість ґрунту.

3 Одержані величини вологості зіставити з небезпечними величинами, що відповідають переходу ґрунтів у текучий стан.

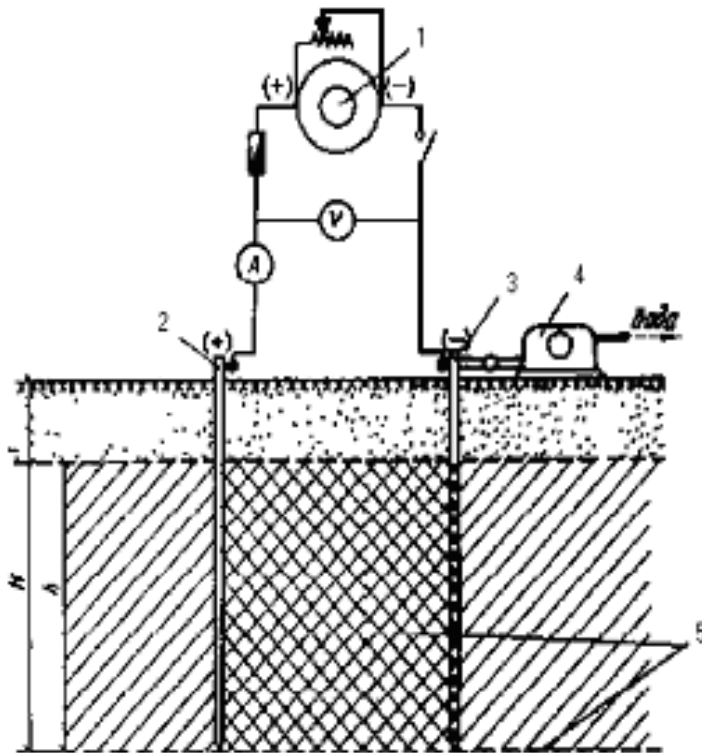
Контрольні запитання

- 1 На чому ґрунтується методика визначення вологісного стану ґрунту?
- 2 Які показники вимірюють при проведенні моніторингу вологісного стану ґрунту?
- 3 Як можна оцінити реологічний стан ґрунту при проведенні моніторингу вологісного стану ґрунту?

Практичне заняття 7

СПОСІБ ОСУШЕННЯ ҐРУНТІВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА МЕТОДОМ ЕЛЕКТРООСМОСУ

Загальні положення. Електроосмотична обробка використовується для осушення й ущільнення всіх видів ґрунтів, що мають коефіцієнт фільтрації менше 0,5 м/доба. До них належать дрібні і пилюваті піски, супіски, суглинки, глини, мул і торф, що розклався. Відмінною рисою цього методу осушення і зміцнення ґрунтів порівняно з хімічними є використання постійного електричного струму. Електроосмос являє собою спрямоване переміщення води в полі постійного електричного струму. Вода переміщується від анода до катода завдяки пересуванню в полі електричного струму позитивно заряджених іонів у дифузній частині подвійного електричного шару. З катодних електродів вода відкачується насосами чи самопливом назовні (рисунок 7.1). Електроосушення виконується при визначених показниках електричного струму. З підвищенням напруженості електричного струму процес електроосушення ґрунту прискорюється, але при цьому збільшується і щільність струму. Надмірне збільшення щільності струму може викликати пересушення ґрунту біля анодного електрода і призвести до розриву електричного кола.



1 – джерело постійного струму; 2 – анод (сталеві труби або стрижні);
 3 – катод (сталеві перфоровані труби);
 4 – насос; 5 – зона осушення;
 А – амперметр;
 V – вольтметр;
 h – глибина зони осушення; H – глибина занурення електродів

Рисунок 7.1 – Схема електроосушення ґрунту

Пристроєм для вивчення способу осушення (рисунок 7.2) є ємність з діелектричного матеріалу, у якій горизонтально розміщуються електроди: верхній (анод) у вигляді стрижня і нижній (катод) у вигляді перфорованої трубки для відведення води.

У кришці є отвір для доливання води і виходу газів, що утворюються при електрообробці ґрунту. Ємність заповнюємо досліджуваним ґрунтом, доведеним до водонасиченого стану і ущільненим. Спочатку вимірюємо об'єм води, що витікає з трубки, без подавання на електроди різниці потенціалів і за цими даними будуємо графік залежності сумарного об'єму води, що виділилася, V , мл, від часу t , хв. Потім до електродів прикладаємо різницю потенціалів і також будуємо залежність $V = f(t)$. Водонасичений стан ґрунту підтримуємо постійно шляхом доливання води.

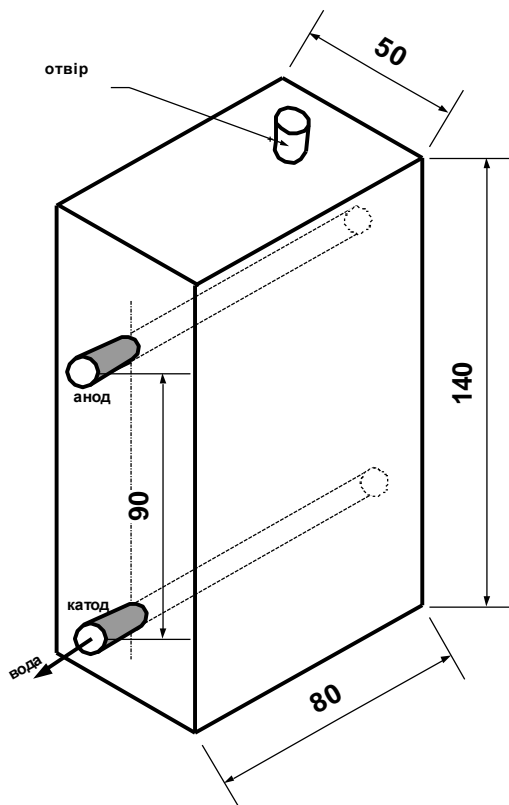


Рисунок 7.2 – Схема установки для експериментальних досліджень електроосмотичного осушення ґрунту

Завдання для здобувачів

- 1 Виміряти об'єм води V , мл, що виділилася під дією електричного струму, за різні проміжки часу t , хв.
- 2 За даними вимірювань побудувати відповідний графік.

Контрольні запитання

- 1 На чому ґрунтується метод електроосмотичного осушення ґрунтів?
- 2 Для яких ґрунтів можливе застосування електроосмотичного осушення ґрунтів?
- 3 Як залежить інтенсивність електроосмотичного осушення ґрунтів від напруженості електричного струму?
- 4 Від чого залежить напрям переміщення води при електроосмосі – від анода до катода чи у зворотному напрямку?

8 КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

для виконання розрахунково-графічної роботи

«ОЗДОРОВЛЕННЯ ОСНОВНОГО МАЙДАНЧИКА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА»

Задача 8.1. Визначити розміри зрізування для ліквідації баластних корит за варіантом, поданим у таблиці 8.1. Розрахункова схема наведена на рисунку 8.1.

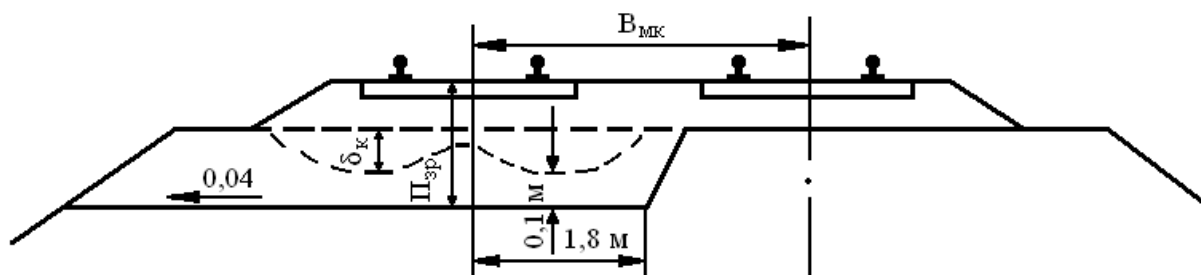


Рисунок 8.1 – Розрахункова схема для ліквідації баластних корит

Таблиця 8.1 – Вихідні дані

Варіант	Глибина корита δ_k , м	Довжина ділянки l_k , м	Товщина баластного шару δ_c , м	Глибина промерзання Z_p , м	Величина обдимання h_p , мм	Уклон відводів i_0
1	2	3	4	5	6	7
1	0,1	25	0,5	1,3	35	0,001
2	0,2	35	0,6	1,4	40	0,002
3	0,3	45	0,7	1,5	20	0,003
4	0,4	55	0,5	1,6	25	0,001
5	0,5	65	0,6	1,7	30	0,002
6	0,6	75	0,7	1,6	35	0,003
7	0,7	85	0,5	1,5	40	0,001
8	0,8	95	0,6	1,4	20	0,002
9	0,9	25	0,7	1,3	25	0,003
10	1,0	35	0,5	1,8	30	0,001
11	0,9	85	0,6	1,5	35	0,002
12	0,8	75	0,7	1,4	40	0,003

Продовження таблиці 8.1

1	2	3	4	5	6	7
13	0,7	45	0,5	1,3	20	0,001
14	0,6	55	0,6	1,4	25	0,002
15	0,5	65	0,7	1,5	30	0,003
16	0,4	25	0,5	1,6	35	0,001
17	0,3	35	0,6	1,7	40	0,002
18	0,2	45	0,7	1,8	20	0,003
19	0,1	55	0,5	1,3	25	0,001
20	1,0	65	0,6	1,4	30	0,002
21	0,9	85	0,7	1,3	40	0,003
22	0,8	95	0,5	1,4	20	0,001
23	0,7	25	0,6	1,5	25	0,002
24	0,6	35	0,7	1,6	30	0,003
25	0,5	85	0,5	1,7	35	0,001
26	0,4	75	0,6	1,6	40	0,002
27	0,3	45	0,7	1,5	20	0,003
28	0,2	55	0,5	1,4	25	0,001
29	0,1	65	0,6	1,3	30	0,002
30	1,0	25	0,7	1,8	35	0,003

Задача 8.2. Визначити відстань між поперечними прорізами для ліквідації баластного ложа за варіантом, поданим у таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – Вихідні дані

Варіант	Коефіцієнт фільт- рації забрудненого баласту K_{ϕ} , м/діб	Пористість n_p , част. од.	Максимальна молекулярна вологоємність W_M , %	Щільність баласту ρ , т/м ³	Частка каплярно- зв'язаної води, α	Глибина ложа H_l , м	Величина заглиблення f_{zag} , м	Необхідний строк осушення t , діб
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	0,36	3,5	1,62	0,6	1,3	0,1	16
2	1,5	0,38	4	1,60	0,5	1,4	0,15	15
3	2	0,40	3	1,58	0,6	1,5	0,2	14
4	2,5	0,42	3,5	1,56	0,5	1,6	0,25	13

Продовження таблиці 8.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	3	0,44	4	1,54	0,6	1,7	0,3	12
6	1	0,42	3	1,56	0,5	1,8	0,1	11
7	1,5	0,40	3,5	1,58	0,6	1,9	0,15	10
8	2	0,38	4	1,60	0,5	2,0	0,2	9
9	2,5	0,36	3	1,62	0,6	2,1	0,25	8
10	3	0,44	3,5	1,64	0,5	2,2	0,3	7
11	1	0,40	4	1,56	0,6	1,3	0,1	16
12	1,5	0,42	3	1,54	0,5	1,4	0,15	15
13	2	0,36	3,5	1,62	0,6	1,5	0,2	14
14	2,5	0,38	4	1,60	0,5	1,6	0,25	13
15	3	0,40	3	1,58	0,6	1,7	0,3	12
16	1	0,42	3,5	1,56	0,5	1,8	0,1	11
17	1,5	0,44	4	1,58	0,6	1,9	0,15	10
18	2	0,42	3	1,60	0,5	2,0	0,2	9
19	2,5	0,40	3,5	1,62	0,6	2,1	0,25	8
20	3	0,38	4	1,64	0,5	2,2	0,3	7
21	1	0,40	3	1,56	0,6	1,3	0,1	16
22	1,5	0,42	3,5	1,54	0,5	1,4	0,15	15
23	2	0,44	4	1,56	0,6	1,5	0,2	14
24	2,5	0,42	3	1,58	0,5	1,6	0,25	13
25	3	0,40	3,5	1,60	0,6	1,7	0,3	12
26	1	0,38	4	1,62	0,5	1,8	0,1	11
27	1,5	0,36	3	1,64	0,6	1,9	0,15	10
28	2	0,44	3,5	1,56	0,5	2,0	0,2	9
29	2,5	0,40	4	1,54	0,6	2,1	0,25	8
30	3	0,42	3	1,62	0,5	2,2	0,3	7

Задача 8.3. Побудувати потенціальні діаграми одиничного тягового навантаження при двобічному живленні секції. Вказати на діаграмі катодну, анодну і знаковмінні зони. Характеристики секції і тип локомотиву подано в таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 – Вихідні дані

Показник	Величина для варіанта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Довжина секції, км	15	17	20	23	15	17	20	23	15	17
Тип ЕРС	ВЛ23	ВЛ8	ВЛ10	ЧС2	ЧС6	ЧС7	ВЛ23	ВЛ8	ВЛ10	ЧС2
Тип рейок	Р43	Р50	Р65	Р75	Р43	Р50	Р65	Р75	Р50	Р65
Тип баласту	Щебневий чистий	Щебневий забруднений	Піщаний	Щебневий чистий	Щебневий забруднений	Піщаний	Щебневий чистий	Щебневий забруднений	Піщаний	Щебневий забруднений

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 ДСТУ EN ISO 5579:2014. Неруйнівний контроль. Радіографічний контроль металевих матеріалів із застосуванням плівки та рентген- і гамма-випромінювання. Основні правила (EN ISO 5579:2013, IDT). Прийнятий Міністерством економічного розвитку і торгівлі 30.12.2014 р. Чинний від 2016-01-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 22 с.

2 ДСТУ ISO 16587:2015. Механічна вібрація та удар. Робочі параметри для моніторингу стану конструкцій (ISO 16587:2004, IDT). Чинний від 2016-01-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 10 с.

3 СОУ 45.120-00034045-015:2012. Оцінка технічного стану та експлуатаційної придатності інженерних споруд: затв. наказом Укрзалізниці від 27.11.2012 р. № 419-Ц. Київ: Держадміністрація залізничного транспорту України, 2012. 98 с.

4 СОУ 73.1-041-08.11.15:2011. Електричний опір гірських порід. Методика визначення. Чинний від 2012-06-01. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2012. 25 с.

5 СТП 02-01-015:2023 (проект). Інженерні споруди. Земляне полотно. Правила улаштування та утримання. Київ: АТ «Укрзалізниця», 2023. 236 с.

6 М 218-03450778-426:2005. Методика акустико-емісійного діагностування стану дорожніх одягів: затв. Державною службою автомобільних доріг України 01.01.2005. Чинна від 2005-12-02. Київ: Укравтодор, 2005. 23 с.

7 М 218-03450778-677:2010. Методика постійного спостереження за транспортними спорудами акустико-емісійним методом: затв. Державною службою автомобільних доріг України 01.01.2010. Чинна від 2010-12-13. Київ: Укравтодор, 2010. 75 с.

8 М 02071168-725:2013. Методика комплексного моніторингу автомобільних доріг методами підповерхневого зондування: затв. Державним агентством автомобільних доріг України 01.01.2013. Чинна від 2013-12-12. Київ: Укравтодор, 2012. 52 с.

9 Р В.3.1-02070915-811:2012. Рекомендації по удосконаленню методу оцінювання стану покриття при використанні тепловізійного обладнання: рекомендовані Державним агентством автомобільних доріг України 14.12.2012. Чинні від 2012-12-14. Київ: Укравтодор, 2012. 48 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних занять і виконання індивідуальних завдань
з дисципліни
«ДІАГНОСТИКА ТА ПІДСИЛЕННЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА»

Відповідальна за випуск Партала Н. М.

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 26.09.2023 р.
Умовн. друк. арк. 2,5. Тираж . Замовлення № .
Видавець та виготовлювач Український державний університет залізничного
транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018