

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Будівельні матеріали, конструкції та споруди»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до практичних занять та виконання
контрольних завдань з дисципліни**

***«ДІАГНОСТИКА ТА ПІДСИЛЕННЯ ЗЕМЛЯНОГО
ПОЛОТНА»***

Харків - 2012

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку
на засіданні кафедри «Будівельні матеріали, конструкції та

споруди» 17 вересня 2010 р., протокол № 2.

Призначено для студентів спеціальності 8.100502 «Залізничні споруди та колійне господарство», які навчаються за ОКР «магістр»

Укладачі:

проф. А.А. Плугін,
доценти Л.В. Трикоз,
О.С. Герасименко

Рецензент

доц. С.І. Возненко

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та виконання контрольних завдань
з дисципліни «Діагностика та підсилення
земляного полотна»

Відповідальний за випуск Трикоз Л.В.

Редактор Решетилова В..В.

Підписано до друку 23.03.11 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,0. Тираж 25. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

Міністерство транспорту та зв'язку України
Українська державна академія залізничного транспорту
Кафедра «Будівельні матеріали, конструкції та споруди»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до практичних занять та виконання контрольних завдань
з дисципліни «Діагностика та підсилення земляного полотна»**

для студентів спеціальності 8.100502 «Залізничні споруди та колійне
господарство», які навчаються за ОКР «магістр»

Харків 2012

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Будівельні матеріали, конструкції та споруди» 17 вересня 2010 р., протокол № 2.

Укладачі:

проф. А.А. Пługін,
доценти Л.В. Трикоз,
О.С.Герасименко

Рецензент

доц. С.І. Возненко

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1

ОСНОВНІ МЕТОДИ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

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

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

Візуальні спостереження виконуються обхідниками залізничних колій, бригадами колії, дорожніми майстрами або майстрами по земляному полотну з використанням найпростіших приладів і пристроїв (рулетки, рейки, рівні, вешки, 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 рост тріщин, огляд маяків і марок, стан нагорних каналів у виїмках, наявність застою води в кавальєрі, розміри обочин, висота верху баластної призми над узбіччям, крутизна укосів, наявність обдимань і виплесків і т. п.

Інструментальні спостереження виконуються нівелюванням, перевіркою створів теодолітом, зйомкою поперечних профілів, перевірочним бурінням неглибоких свердловин, визначенням дебету води, розкопками, розкриттям споруд. Виконуються інженерно-технічними працівниками дистанції колії або колієобстежувальних станцій по земляному полотну та інженерно-геологічних баз служб колії.

Дані експлуатаційних спостережень та інженерно-геодезичних методів дозволяють 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 їх розвитку не може бути вирішено в найближчі десятиліття. Крім того, ці методи не дозволяють виконувати діагностування земляного полотна в динаміці (наприклад, у процесі проходження поїздів), що дуже важливо для будь-якої системи технічної діагностики. Отже, вельми актуальним є залучення для діагностування земляного полотна геофізичних методів, які широко застосовуються в розвідувальній та інженерній геології.

Геофізичні методи використовують для виявлення аномалій у фізичних полях, обумовлених неоднорідностями геологічної будови, які пов'язані із зміною фізичних властивостей і геометрії шарів досліджуваних об'єктів. Геофізична інформація відображає 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).

Складні обстеження виконуються працівниками колієобстежувальних станцій по земляному полотну, інженерно-геологічним персоналом залізниці, інженерно-геологічних баз, проектних і науково-дослідних організацій за індивідуальними проектами. Ефективність діагностики земляного полотна значно підвищується, коли традиційні та геофізичні методи застосовуються в комплексі, дозволяючи 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. Така лабораторія під назвою вагон для інженерно-геологічного обстеження земляного полотна (ВІГО) була створена НВФ «Спецмаш» (Санкт-Петербург), в якому визначення функціонального призначення та методичного забезпечення

використовуваного технологічного обладнання було виконано ВНДІЗТ.

До складу ВІГО входить таке технологічне обладнання:

- комплект геодезичних інструментів;
- автономний буровий верстат на базі автомобіля для буріння свердловин та взяття проб ґрунту з глибини до 25 м (тип УКБ 12/25);
- малогабаритна бурова установка для буріння свердловин та взяття проб ґрунту з глибини до 12 м (МБУ-12);
- лабораторне обладнання для аналізу проб ґрунту та отримання фізико-механічних характеристик;
- сейсмічна апаратура «Діоген-24»;
- установка електроконтактного динамічного зондування (ЕДЗ);
- радіолокаційна апаратура (георадар «Зонд-12»);
- персональний комп'ютер для розрахунків земляного полотна за результатами обстеження і лабораторного аналізу ґрунтів;
- радіотелефонні засоби зв'язку;
- автомобіль УАЗ-462 для доставки устаткування і технічного персоналу до місця робіт.

У ВІГО передбачені майстерня, побутові приміщення, автономне енергопостачання (рисунок 1.1).

Завдання для студентів

За наданими викладачем даними скласти діаграми методів та 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 та 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 відносяться до інструментальних методів діагностування земляного полотна?

7 Які способи відносяться 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, який 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, які є головними провідниками електричного струму. Якісною характеристикою опору є питомий електричний опір, який чисельно дорівнює опору ґрунту у формі куба висотою 1 м і перерізом 1 м², позначається символом ρ та вимірюється в ом-метрах (Ом·м).

Геоелектричну модель тривало експлуатованого піщано-глинистого насипу можна уявити в наступному вигляді. Шар щебеневого баласту має питомий електричний опір ρ , який дорівнює кільком тисячам ом-метрів (Ом·м); ρ піщаного шару у вигляді подушки і баластних заглиблень в основній площадці в залежності 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 – в межах від 5 до 30 Ом·м; для суглинків – від 10 до 60 Ом·м; для супісків – від 40 до 100 Ом·м. Зазначені границі опорів можуть змінюватись в залежності від зміни мінералізації ґрунтових вод. Забруднений баласт має більш низький опір, ніж чистий. Опір мерзлих ґрунтів, наявних у тілі насипу, в десятки разів більше, ніж талих, і залежить від їх 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'яна сіль відрізняються ρ порядку тисяч ом-метрів (Ом·м). Карбонатні ґрунти, які мають тріщини або зазнали карстових процесів, мають ρ на порядок менше, ніж непорушені ґрунти. Карстові порожнини виділяються різкими аномаліями у величинах ρ у порівнянні з навколишніми ґрунтами: вони

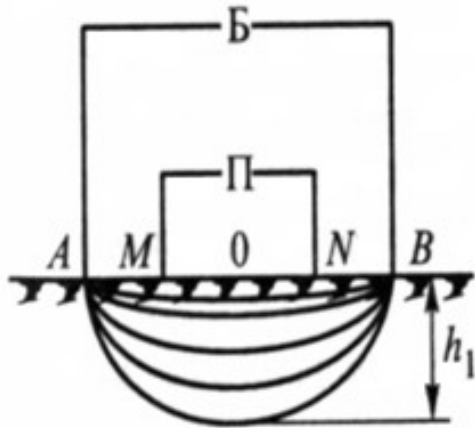
зменшуються, якщо порожнини заповнені пухкими ґрунтами, і збільшуються, якщо повітрям. Ґрунти, що залягають нижче рівня ґрунтових вод і знаходяться у водонасиченому стані, мають невелике ρ , а у тих, що лежать вище рівня ґрунтових вод, він значно вищий. Багаторічномерзлі і сезонно промерзаючі ґрунти мають різко підвищені значення ρ в порівнянні з талими.

Для вимірювання електричного опору ґрунтів і визначення закономірності їх поширення в ґрунтах земляного полотна застосовують в основному дві схеми спостережень: електропрофілювання (ЕП) і вертикальне електричне зондування (ВЕЗ). В обох випадках використовується симетрична установка, що наведена на рисунку 2.1 і яка складається з джерела живлення Б, вимірювального приладу П, проводів і металевих заземлювачів (електродів). Електричний струм від батареї Б під впливом різниць потенціалів у 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 ґрунті. 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, який залежить тільки від взаємного розташування і відстані між електродами AMNB.

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 дозволяє проводити обстеження по глибині ґрунтового масиву),

таку схему називають вертикальним електричним зондуванням (рисунок 2.1, б).

а)



б)

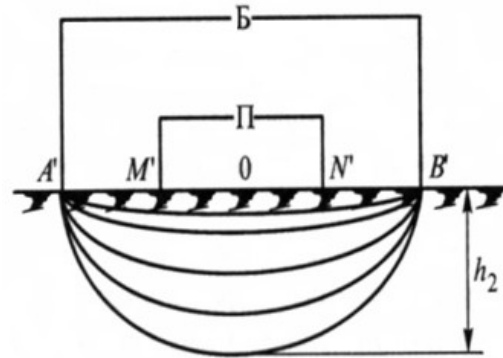


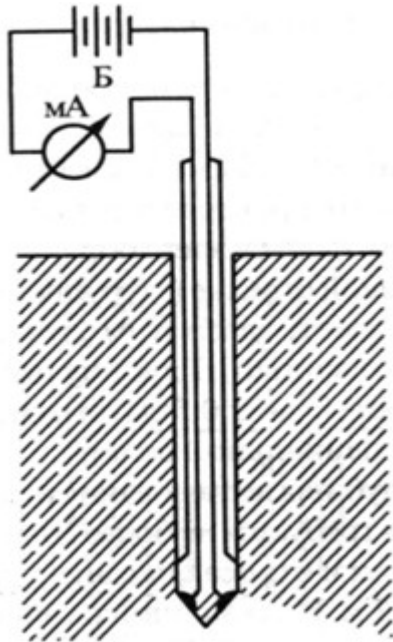
Рисунок 2.1 – Вимірювання електричного опору ґрунтів за схемою електропрофілювання (а) і вертикального електричного зондування (б)

Різновидом електрометричних досліджень є метод електроконтактного динамічного зондування (ЕДЗ), який був розроблений в лабораторії інженерної геології і геофізики ВНДІ транспортного будівництва (В.Я. Пригода). Цей метод поєднує два способи одночасного дослідження ґрунтів: динамічне зондування і струмовий каротаж. Дані динамічного зондування дозволяють оцінювати фізико-механічні властивості ґрунтів у природному заляганні безперервно по всій глибині дослідження. Дані струмового каротажу дозволяють розчленовувати ґрунти за літологічним складом, за результатами динамічного зондування оцінюють їх 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.

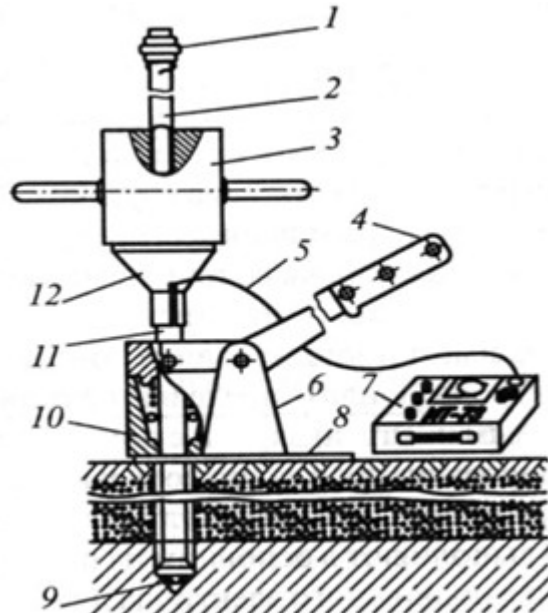
Для зондування на верхній торець рухомого електрода надягають упор для вантажу масою 10 кг, що скидається напрямною штангою з висоти 0,5 м. Електричний струм вимірюють у міліамперах через кожні 10 см занурення електрода. Одночасно підраховують кількість однакових за силою ударів вантажу в основі, необхідних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

Р_д. Після закінчення зондування на задану глибину електрод піднімають спеціальним видобувним пристроєм. Необхідна глибина досягається поступовим нарощуванням сталевих труб довжиною 0,5 або 1 м кожна.

а)



б)



1 – обмежувач висоти підйому вантажу; 2 – напрямна штанга; 3 – вантаж;
 4 – важіль витягаючого 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)

Двоконттактний конічний наконечник має суцільнометалевий сталевий корпус з зовнішнім діаметром 35,6 мм, площею поперечного перерізу 10 см² і кутом при вершині 60°. Ізольовані від корпусу наконечника круглі латунні електроди діаметром 9 мм розташовані в його нижній конічній частині, в зоні максимального ущільнення ґрунту, що забезпечує постійний і надійний їх контакт з досліджуваним ґрунтом. Від електродів всередині порожнистих труб йде кабель, що з'єднується з вимірювальним приладом. Діаметр наконечника в 1,5 рази більше діаметра несучих штанг, що зменшує (а при глибині зондування до 3-5 м виключає) їх бічне тертя об

грунт.

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

Завдання для студентів

1 За даними електроконтактного динамічного зондування визначити глибину залягання шарів ґрунту різного літологічного складу, консистенцію глинистих ґрунтів та 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 їх вологості?

6 Як залежить питомий електричний опір баластних ґрунтів від ступеня їх забрудненості?

7 Як залежить питомий електричний опір ґрунтів від їх виду?

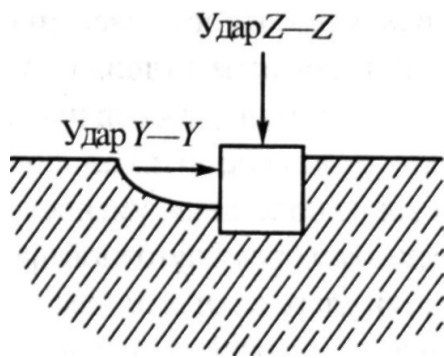
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3

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 в 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, яка пов'язана із зміненням фізичних властивостей ґрунту, зумовлених зміненням його літології та стану – ступеня напруженості, тріщинуватості, неоднорідності та ін. Сильно заломлювальні границі виникають між ґрунтами з різним типом структурних зв'язків, а також такими, які знаходяться в різних станах (неводонасиченому, водонасиченому та мерзлому).

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

а)



б)

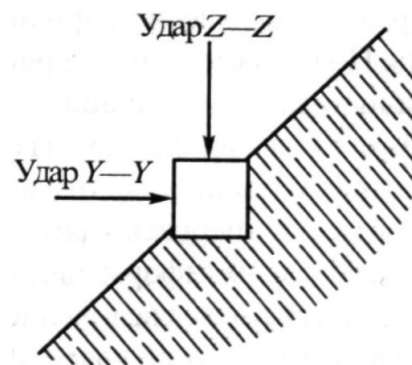
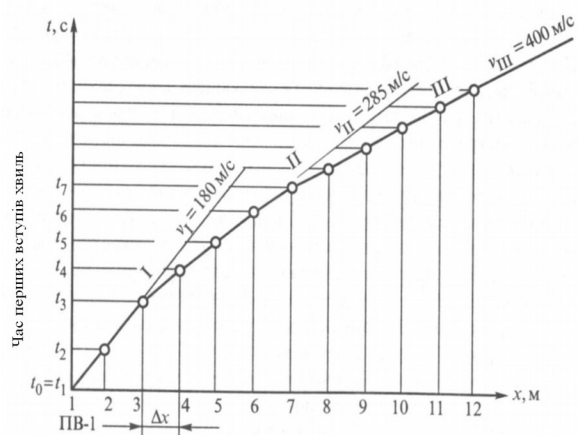
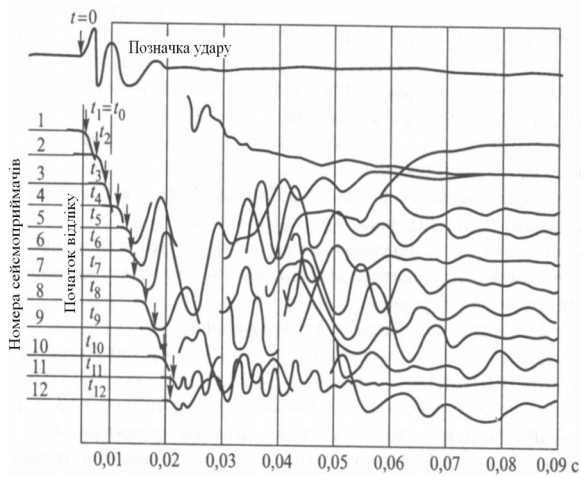


Рисунок 3.1 – Схеми збудження поздовжніх і поперечних хвиль ударами на горизонтальній поверхні (а) і на укосі насипу (б)

При ударі по ґрунту на осцилограмі з'являється різкий імпульс, що дозволяє чітко відзначити початок коливань ґрунту (рисунок 3.2, а). Сейсмічні дані обробляються в такій послідовності: виділяють на сейсмограмі окремі типи хвиль і визначають час їх розповсюдження t_i , потім будують графіки залежності часу t_i від відстані x_i по довжині 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 геосейсмічні розрізи земляного полотна (рисунок 3.3). Далі йде найбільш складний етап – інженерно-геологічне тлумачення сейсмічної інформації з використанням розроблених діагностичних ознак і даних, отриманих від контрольних (опорних) бурових свердловин.

а)

б)



В)

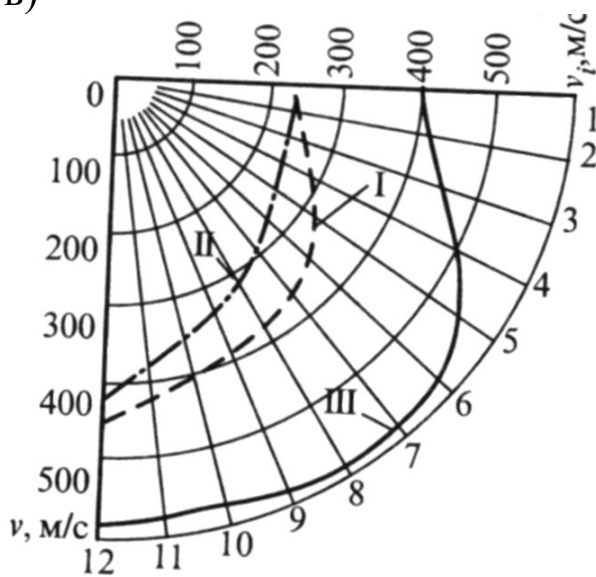
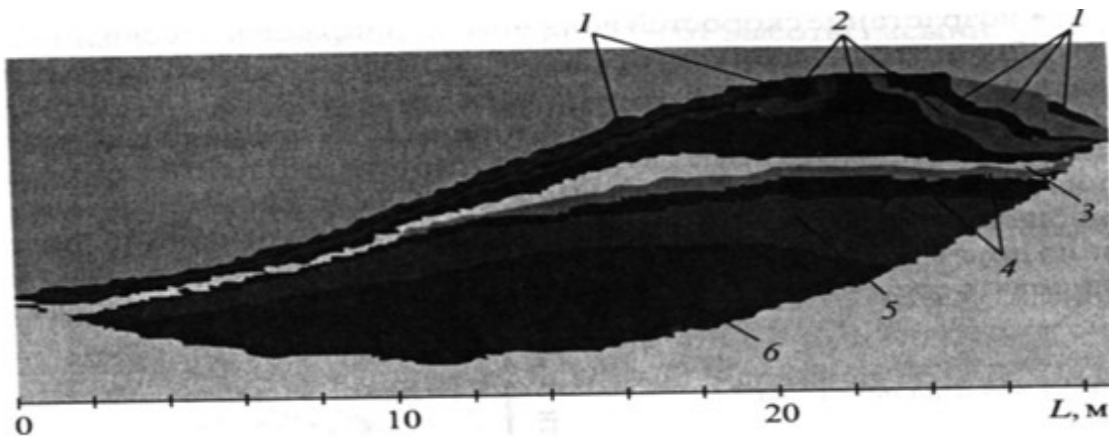


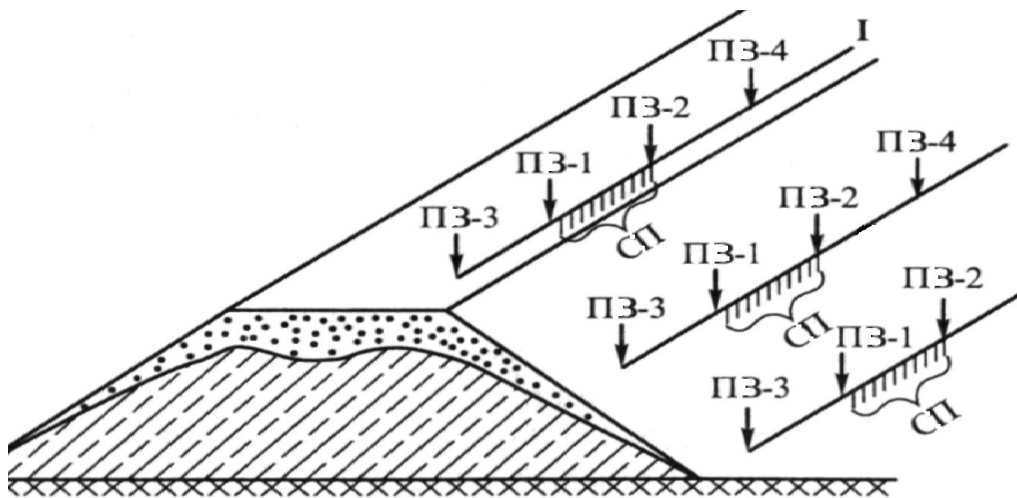
Рисунок 3.2 – Приклади осцилограми (а), годографа (б) та індикатриси (в) при сейсмічному методі діагностування земляного полотна



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

У залежності від взаємного розміщення пунктів збудження хвиль та 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 (рисунки 3.4). Його довжину вибирають у залежності 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 ймовірність пропуску ненадійних ділянок земляного полотна.

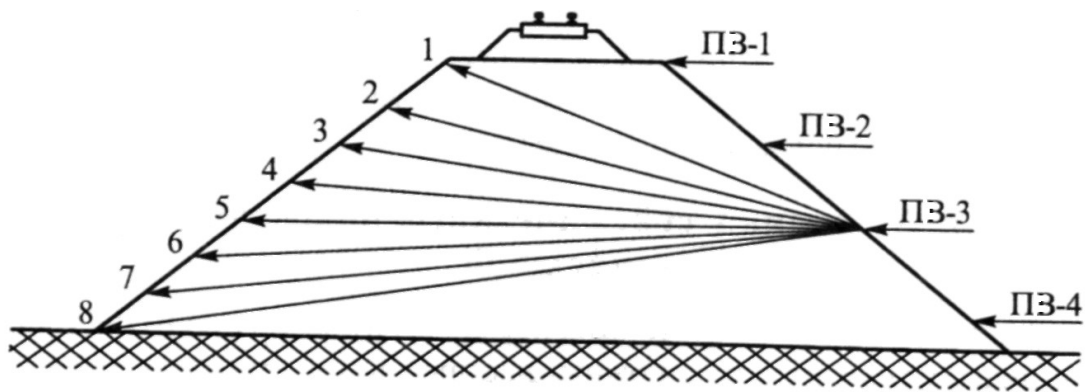


ПЗ-1 – ПЗ-4 – пункти збудження пружних хвиль; СП – сейсмоприймачі

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 (рисунки 3.5). Це дозволяє простежити зміну параметрів пружних хвиль в залежності

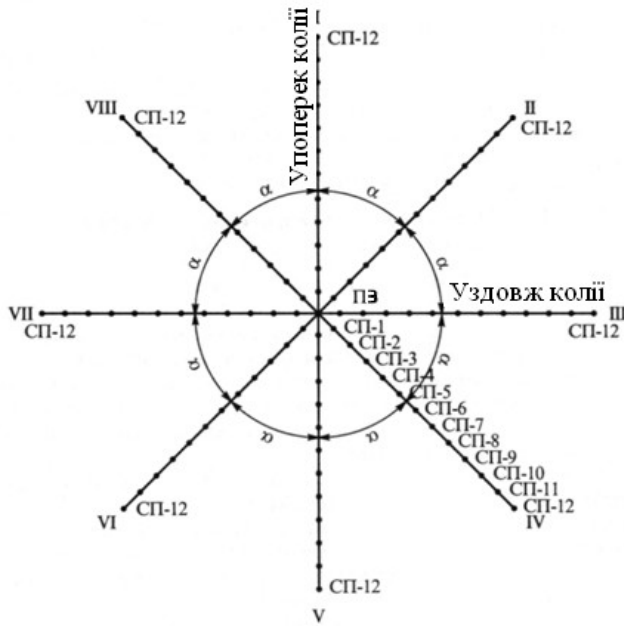
від напрямку хвильового фронту (спрощено - променів) і різного об'єму досліджуваних ґрунтів. Усі роботи із сейсмічного просвічування проводяться за межами рейко-шпальної решітки, в основному на укосах насипу, що має велике значення для дотримання безпеки руху поїздів і працюючого технічного персоналу. 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.



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

Рисунок 3.5 – Схема спостережень за методикою сейсмічного просвічування

При круговому сейсмічному зондуванні (КСЗ) профілі розташовують на укосі по радіусах кола, в центрі якого знаходиться пункт збудження коливань. Всього для кожного кругового сейсмічного зондування послідовно виконують спостереження за вісьмома профілями, розташованими через 45° по відношенню один до одного (рисунок 3.6). Така схема спостережень дозволяє 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 та контролювати їх стан при режимних спостереженнях в 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 студентів

- 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, в центрі якого знаходиться пункт збудження хвиль?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4

РАДІОЛОКАЦІЙНИЙ МЕТОД ДІАГНОСТУВАННЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Загальні положення. Радіолокаційний метод ґрунтується на вивченні параметрів електромагнітних хвиль, які утворюються 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 та 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 відбиваючих границь, вид і стан ґрунтів у розрізі та ін.

Радіолокаційні спостереження виконуються за двома методиками: профілювання і похиле зондування (рисунок 4.2). Радіолокаційне профілювання полягає у вимірах при безперервному переміщенні вздовж даного профілю з 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.

Для діагностики основного майданчика земляного полотна з рейкової колії в 1991-1993 рр. у ВНДІЗТ був розроблений пересувний радіолокаційний апаратурно-вимірвальний комплекс «Геодефектоскоп», що встановлюється на спеціальному візку (рисунок 4.3).

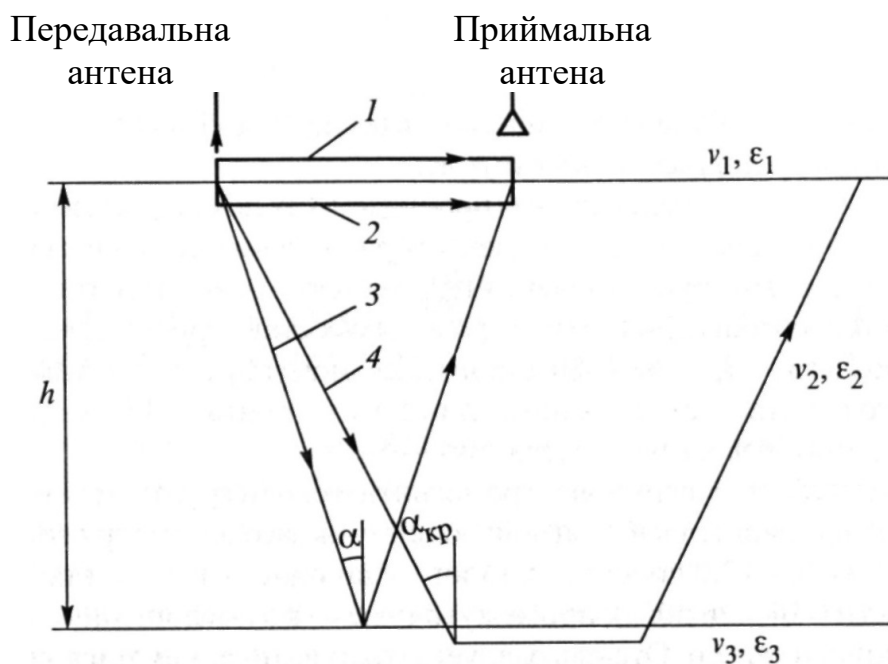


Рисунок 4.1 – Типи хвиль, що реєструються радіолокаційним методом

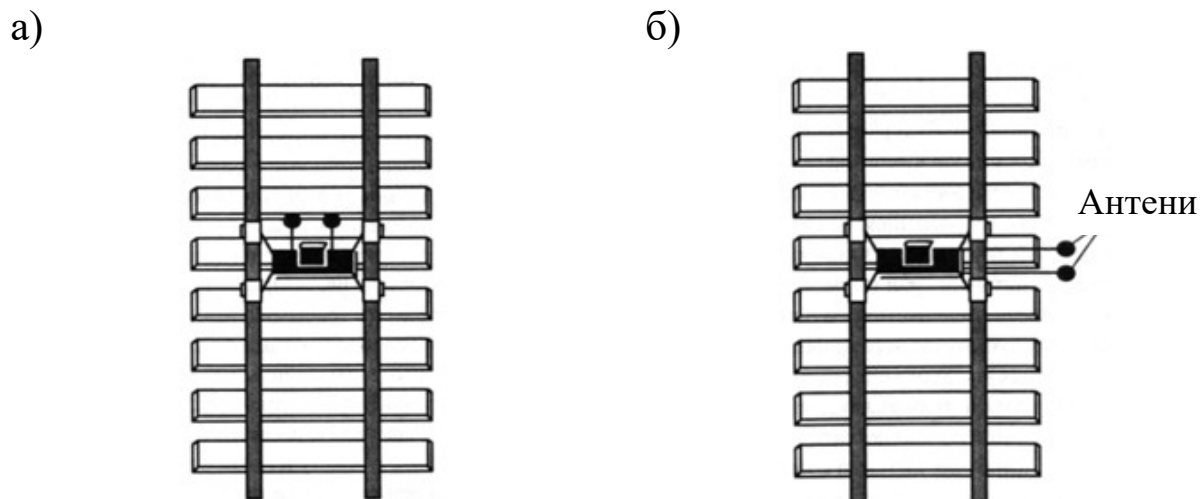
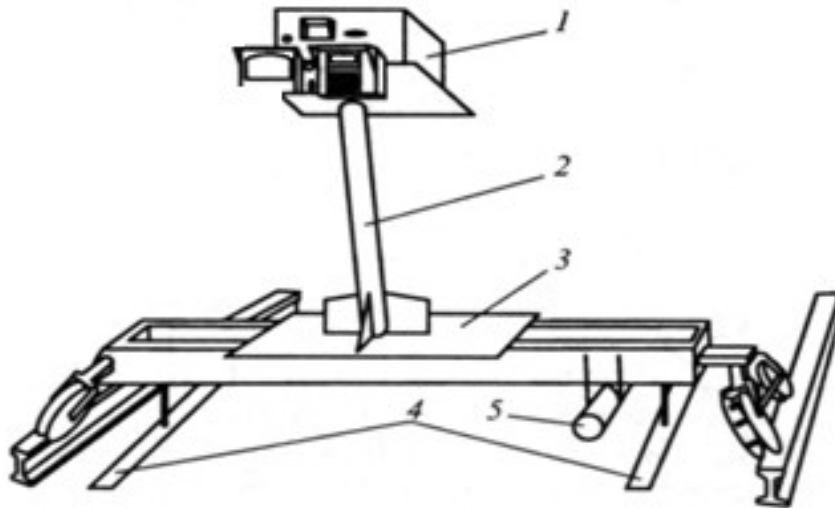


Рисунок 4.2 – Схеми розташування антен при профілюванні (а) і похилому зондуванні (б) земляного полотна



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 дозволяє 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 із застосуванням «Геодефектоскопа» виконують у заплановане «вікно» або в проміжках між рухом потягів. Вимоги з техніки безпеки аналогічні тим, які ставляться при роботі операторів з дефектоскопними візками.

Завдання для студентів

- 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 приходу відбитої електромагнітної хвилі при радіолокаційному методі діагностування від вологості ґрунтів?
- 3 Назвіть діагностичну ознаку радіолокаційного методу, який вказує на наявність баластних заглиблень.
- 4 Назвіть діагностичну ознаку радіолокаційного методу, який вказує на наявність пухкого неміцного ґрунту.
- 5 Назвіть діагностичну ознаку радіолокаційного методу, який вказує на наявність сторонніх тіл.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5

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

Загальні положення. Паспорт складається інженером дистанції колії на кожне зареєстроване місце земляного полотна, що деформується, або нестійке (спливи, осідання, обвал, карсти, підробітки, зсуви, яроутворення, розмив, селеві виноси та ін.)

Паспорт складається на основі натурних оглядів і спеціальних обстежень місць, що деформуються, або нестійких, які проводяться не рідше ніж двічі на рік, та даних про виконання робіт із їх «лікування». Заповнення паспорта ведеться під час кожного огляду «хворого» місця і в міру виконання будівництва або ремонту укріплювальних, водовідвідних і захисних споруд.

Такі ж паспорти ведуться на ті місця земляного полотна, які деформувалися і «лікувалися» раніше, а також служать для здійснення нагляду за такими місцями.

Паспорт є документом постійного зберігання й складається

одночасно в двох примірниках, один із яких зберігається в дистанції колії, а другий в службі колії.

На особливо великі місця земляного полотна, що деформуються або схильні до деформації, на вимогу Головного управління колійного господарства складається третій примірник паспорта.

Завдання для студентів

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

Контрольні запитання

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

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

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

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

5 Скільки становить 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, які деформувалися і «лікувалися» раніше? Для чого це робиться?

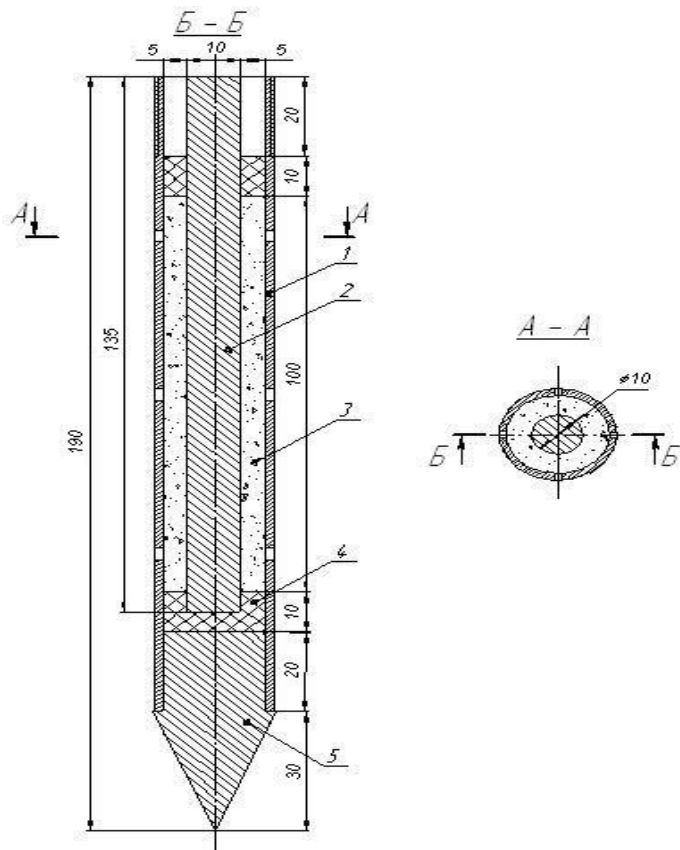
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 6

МЕТОДИКА МОНІТОРИНГУ ВОЛОГІСНОГО СТАНУ ГРУНТІВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЗА ДОПОМОГОЮ СТАЦІОНАРНИХ ДАТЧИКІВ

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

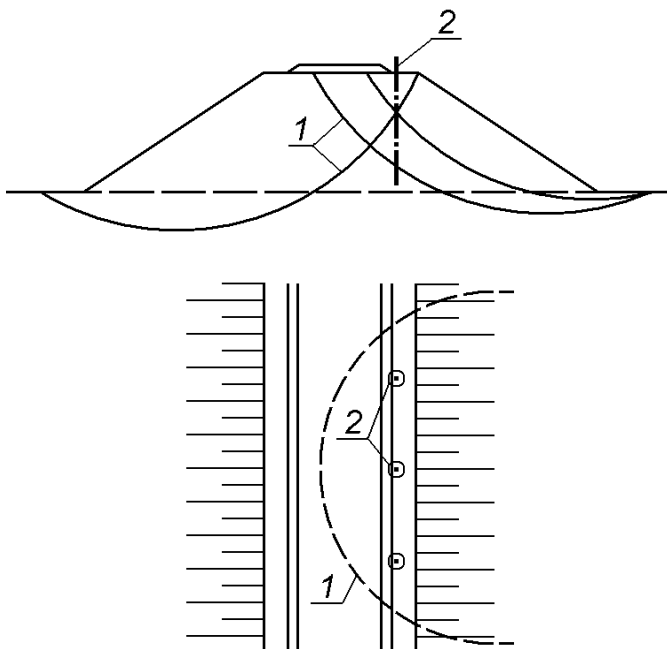
Методика ґрунтується на застосуванні коаксіального капілярного датчика, зазор між електродами якого заповнюють спеціальною капілярною засипкою (рисунок 6.1). Капілярна засипка через перфорований зовнішній електрод сполучається з навколишнім ґрунтом, поточна вологість якого визначає вологість капілярної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

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



- 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



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

Рисунок 6.2 – Схема
встановлення капілярних
датчиків у насипу

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. 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, який 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, в яких вважають можливим виникнення деформацій і пошкоджень внаслідок перезволоження ґрунтів.

Для вимірювання електричного опору (і електричної ємності) застосовують цифровий мультиметр DT9208A. Перед установкою датчиків на об'єкті виконують їх тарування. Для цього із різних в 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 в 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 із маси ґрунту в ємності. При цьому після зрошення поверхню ґрунту накривають поліетиленовою плівкою і витримують до наступного вимірювання не менше 1 години. Вимірювання проводять декілька разів з інтервалом в 1 годину до стабілізації результату. Результати вимірювань заносять в таблицю і за ними будують графік залежності електричного опору і електричної ємності від вологості (рисунок 6.3).

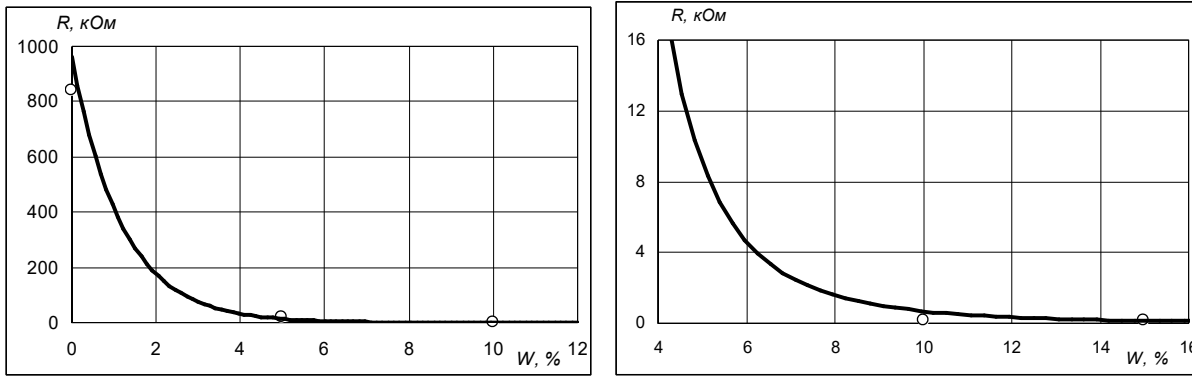


Рисунок 6.3 – Графіки залежності електричного опору від вологості ґрунту

Завдання для студентів

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, які 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 Яким чином можна оцінити реологічний стан ґрунту при проведенні моніторингу вологісного стану ґрунту?

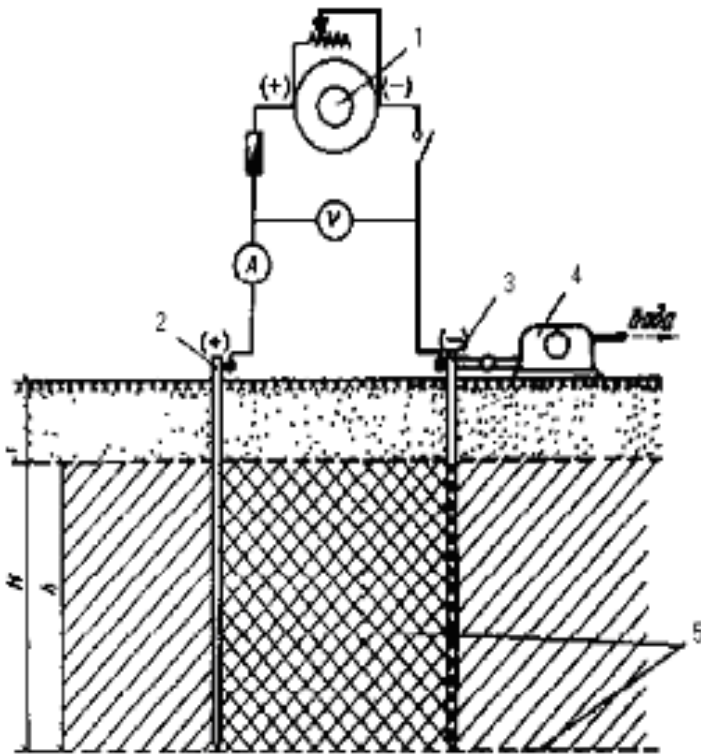
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 7

СПОСІБ ОСУШЕННЯ ГРУНТІВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА МЕТОДОМ ЕЛЕКТРООСМОСУ

Загальні положення. Електроосмотична обробка використовується для осушення й ущільнення всіх видів ґрунтів, які мають коефіцієнт фільтрації менше 0,5 м/доб. До них відносяться дрібні і пилюваті піски, супіски, суглинки, глини, мул і торф, що розклався. Відмінною рисою цього методу осушення і зміцнення ґрунтів, у порівнянні 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 у полі електричного струму позитивно заряджених іонів у дифузійній 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 привести до розриву електричного кола.

Установка (рисунок 7.2) для вивчення способу осушення являє собою ємність з діелектричного матеріалу, у якій горизонтально розміщуються електроди: верхній (анод) у вигляді стержня 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.



1 – джерело постійного струму; 2 – анод (сталеві труби або стержні);
 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

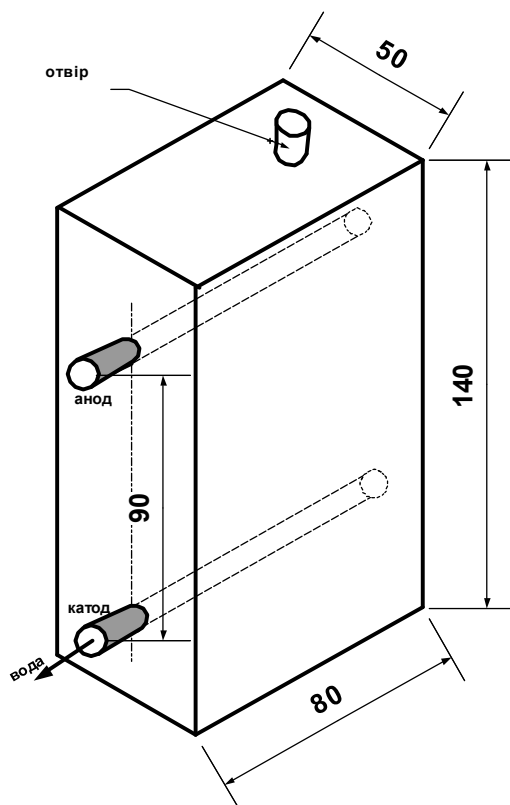


Рисунок 7.2 – Схема установки для експериментальних досліджень електроосмотичного осушення ґрунту

Завдання для студентів

- 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 можливо 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?

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

для виконання розрахунково-графічної роботи «ОЗДОРОВЛЕННЯ ОСНОВНОЇ ПЛОЩАДКИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА»

Задача 1. Визначити розміри зрізування для ліквідації баластних корит (за варіантом, поданим у таблиці 1).

Таблиця 1 – Вихідні дані

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Глибина корита δ_K , м	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Довжина ділянки l_K , м	25	35	45	55	65	75	85	95	25	35
Товщина бал. шару δ_C , м	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,5

Продовження таблиці 1

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Глибина промерзання Z_p , м	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,8
Величина обдимання h_p , мм	35	40	20	25	30	35	40	20	25	30
Уклон відводів i_0	0,00 1	0,00 2	0,00 3	0,00 1	0,00 2	0,00 3	0,00 1	0,00 2	0,00 3	0,00 1

Задача 2. Визначити відстань між поперечними прорізами для ліквідації баластного ложа (за варіантом, поданим у таблиці 2).

Таблиця 2 – Вихідні дані

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Коефіцієнт фільтрації забрудненого баласту K_f , м/доб	1	1,5	2	2,5	3	1	1,5	2	2,5	3
Пористість n_p , част.од.	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,42	0,40	0,38	0,36	0,44
Максимальна молекулярна вологоємність W_M , %	3,5	4	3	3,5	4	3	3,5	4	3	3,5
Щільність баласту ρ , т/м ³	1,62	1,60	1,58	1,56	1,54	1,56	1,58	1,60	1,62	1,64
Частка капілярно-зв'язаної води, α	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5
Глибина ложа H_L , м	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
Величина заглиблення f_{UG} , м	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
Необхідний строк осушення t , доб	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Дяченко Л.І. Інструкція з утримання земляного полотна залізниць України (ЦП 0072) [Текст] / Л.І. Дяченко, Г.П. Кислий, О.В. Курач. – Д.: АТЗТ ВКФ „Арт-Прес”, 2001. – 104 с.

2 Грицьк В.И. Возможные деформации земляного полотна: учеб. пособие для вузов [Текст] / В.И. Грицьк. – М.: Маршрут, 2003. – 64 с.

3 Грицьк В.И. Оздоровление земляного полотна: метод. указ. к курс. и дипл. проект. [Текст] / В.И. Грицьк. – Ростов-на-Дону: РИИЖТ, 1981. – 32 с.

4 Коншин Г.Г. Диагностика земляного полотна железных дорог: учеб. пособие для вузов ж.д. трансп. [Текст] / Г.Г. Коншин. – М.: ГОУ «Учеб.-метод. центр по образованию на ж.д. транспорте», 2007. – 204 с.

5 Инструкция по содержанию земляного полотна железнодорожного пути [Текст]. – М.: Транспорт, 1999. – 188 с.

6 Справочник по земляному полотну эксплуатируемых железных дорог [Текст] / М.В. Аверочкина, С.С. Бабицкая, С.М. Большаков и др.; под ред. А.Ф. Подпалого, М.А. Чернышева, В.П. Титова. – М.: Транспорт, 1978. – 766 с.

Методичні вказівки
до практичних занять з контрольними завданнями
з дисципліни «Діагностика та підсилення земляного полотна»
для студентів спеціальності «Залізничні споруди та колійне
господарство», які навчаються за ОКР «магістр»

Відповідальний за випуск Трикоз Л.В.

Редактор

Підписано до друку
Формат паперу Папір писальний
Умовн.-друк.арк. 1,25. Обл.-вид.арк. 1,5.
Замовлення № Тираж 30 Ціна

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК 2874 від 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу,
61050, Харків – 50, пл.Фейєрбаха, 7

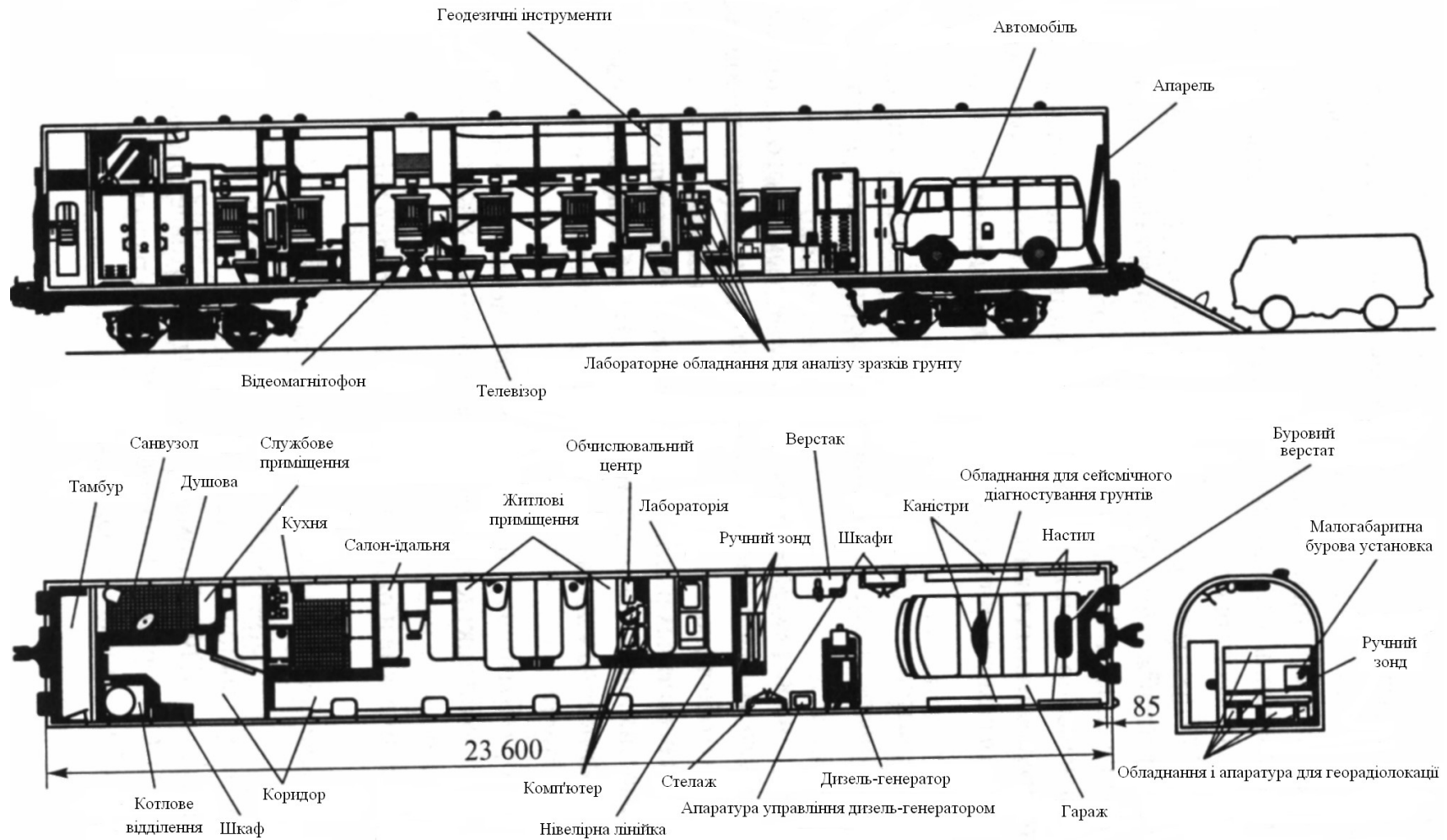


Рисунок 1.1 – Компонування вагона для інженерно-геологічного обстеження земляного полотна (ВІГО)

