

льша розробка методу ВСП ПБ на основі сумісної реєстрації віброакустичного сигналу модулем "Вібро" та пружних коливань наземною сейсмостанцією. Вирішення значеної проблеми дозволить розширити перелік вирішуваних геолого-геофізичних задач і перейти від досліджень розрізу свердловини до вивчення будови та параметрів навколосвердловинного простору.

1. Ветюков Ю.М. Крутильно-продольные колебания буровой колонны с долотом режущего типа: Дис. к. т. н.: 01.02.06: Санкт-Петербург, 2004. 2. Гогоненков Г.Н., Табаков А.А. Современное состояние и перспективы развития метода ВСП. Мат. конф. "Гальперинские чтения". – М., 2001. 3. Курганский В.Н. Промысловая геофизика как составная часть геоинформационной системы // НТВ "Каротажник".

Тверь. 2005. Вып.130-131. С.135-140. 4. Лукьянов Э.Е., Стрельченко В.В. Геолого-технологические исследования в процессе бурения. – Москва. Нефть и газ. 1997. 5. Малярчук Б.М. Поширення хвиль у буринній колоні як періодичній структурі. Нафтова та газова промисловість. – 2005. – №2. С. 22-23. 6. Михальцев А.В., Шехтман Г.А., Федотов С.А. Способ обращенного вертикального сейсмического профилирования. Патент Российской Федерации № 2066469. <http://ru-patent.info/20/65-69/2066469.html> 7. Силаев В.А. Скважинная сейсморазведка. Метод глубинного сейсмического торпедирования. – Пермь, – 2002. 8. Шехтман Г.А. Состояние и перспективы развития модификаций метода ВСП. Мат. конф. "Гальперинские чтения". – М., 2001. 9. Poletto F., Miranda F. Seismic While Drilling: Fundamentals of Drill-Bit Seismic for Exploration, Handbook of geophysical exploration, Seismic exploration series, Vol. 35, Elsevier, 2004. 10. Rector J.W., Marion B.P. The use of drill-bit energy as a downhole seismic source // Geophysics, v. 56, N 5, 1991.

Надійшла до редколегії 25.11.09

УДК 550.34

О. Кендзера, канд. фіз.-мат. наук, Ю. Семенова, геофізик I к.

ВРАХУВАННЯ АМПЛІТУДНО-ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ҐРУНТОВОЇ ТОВЩІ ПРИ СЕЙСМІЧНОМУ МІКРОРАЙОНУВАННІ БУДІВЕЛЬНОГО МАЙДАНЧИКА В М. ОДЕСІ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-наук, проф. С.А. Вижвою)

При проектуванні сейсмостійких споруд виникає необхідність оцінити вплив ґрунтових умов на майданчику. В даній роботі для розрахунку впливу локальних інженерно-геологічних умов будівельного майданчика по вул. Французький бульвар 60/1 в м. Одеса, на якому проектується спорудження оздоровчого комплексу, визначалися теоретичні амплітудно-частотні характеристики середовища на основі сейсмогеологічної вертикально-неоднорідної моделі розрізу.

At designing of aseismic buildings there is a necessity of an estimation of influence of soil conditions on site. In this work for calculation of influence of local engineering-geological conditions of a building site along the French boulevard street in Odessa on which the building of an improving complex is projecting, was defined theoretical amplitude-frequency characteristics of environment on the basis of seismogeological vertically-non-uniform model of a cut.

Метою сейсмічного мікрорайонування будівельних майданчиків є прогноз поведінки ґрунтів при можливому сильному землетрусі для попередження руйнування будівель і споруд при землетрусах [1, 2]. Незважаючи на велику кількість робіт в цій галузі, прогноз поведінки ґрунтів при сильних сейсмічних впливах залишається однією з найактуальніших проблем сейсмології [3].

Коло задач, що вирішуються при сейсмічному мікрорайонуванні, є досить широким [1, 2]: від дослідження морфологічних особливостей будівельного майданчика, встановлення наявності тектонічних порушень, їх кінематики, наявності сучасної активізації тектонічних структур в межах майданчика і поблизу від нього; сейсмічного профілювання, з метою вивчення внутрішньої будови середовища для застосування методу сейсмічних жорсткостей; дослідження літологічного складу ґрунтів, їх фізичних параметрів, – до вивчення реально спостережених приростів (відносно еталонного пункту) рівня сейсмічних коливань за даними інструментальної реєстрації віддалених та близьких землетрусів, вибухів і мікросейсм.

Відомо, що реакція ґрунту на сейсмічні хвилі різних типів від близьких і віддалених землетрусів є складною [1, 2]. Вона залежить від спектрального складу коливань в сейсмічних хвилях і від трансформуючого впливу середовища під досліджуваним майданчиком. На деяких частотах ґрунтова товща передає коливання майже без змін, а на інших – або підсилює їх, або поглинає. У зв'язку з цим прогнозування резонансних властивостей ґрунтів при розрахунку кількісних параметрів сейсмічних впливів є важливою і актуальною задачею.

Метою роботи є вибір адаптованої до умов України методики визначення амплітудно-частотних характеристик ґрунтової товщі під будівельними майданчиками при сейсмічному мікрорайонуванні.

Під резонансними властивостями ґрунтів розуміють їх здатність до суттєвого підсилення сейсмічних коливань на певних частотах. Амплітудний рівень і частота резонансних піків у спектрах коливань ґрунту залежать від спектру сейсмічних коливань випромінених з вогнища землетрусу, товщини шарів гірських порід під майданчиком, їх пружних і реологічних властивостей.

На рис. 1 зображена показова ілюстрація зміни резонансних властивостей ґрунтів зі зміною потужності рихлих відкладів. З рисунка видно, що зі збільшенням потужності абсолютні максимуми характеристик АЧХ змінюються в область нижчих частот. Амплітудно-частотні характеристики зображені на рис.1 обчислені по алгоритму розрахунку коливань у пружному вертикально-неоднорідному горизонтально-шаруватому середовищі на півпросторі [4].

При вивченні резонансних властивостей ґрунтів необхідно як можна точніше знати швидкість поперечних хвиль в верхніх низькошвидкісних шарах, так як основні, найбільш високі піки на спектральних характеристиках пов'язані з розповсюдженням кратних хвиль саме в таких шарах. Зміна швидкостей поперечних хвиль в розрізі призводить до суттєвої зміни виду спектральних характеристик: змінюються резонансні частоти і амплітуди максимумів [4].

Серйозною проблемою при теоретичному розрахунку АЧХ ґрунтів під досліджуваними майданчиками є оцінка нелінійної поведінки ґрунтів при землетрусах. Розрахунками встановлено, що введення поглинання і нелінійного характеру співвідношень між деформаціями і напруженнями можуть суттєво змінити частотний склад сейсмічного сигналу. Це може бути продемонстровано співставленням на рис. 2 і 3 спектральних кривих трьохшарової товщі ґрунту, розрахованих у припущенні ідеальної пружності середовища (1) і з врахуванням поглинання і нелінійності (2) [5].

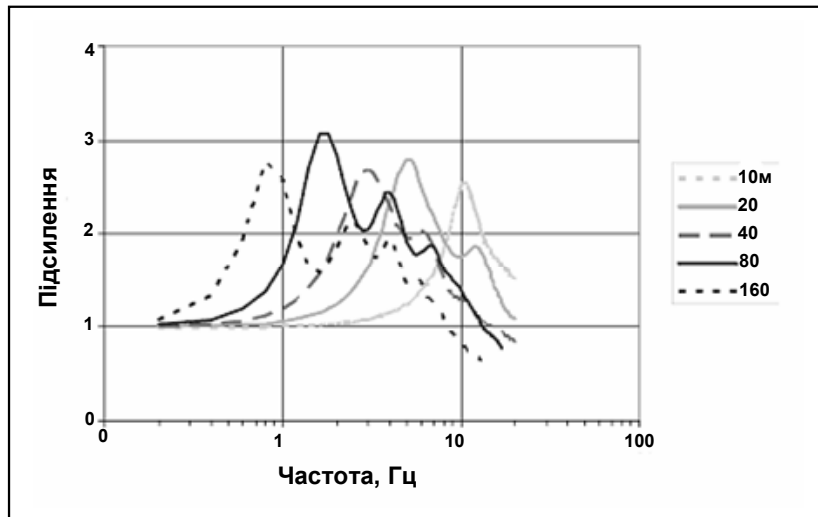


Рис. 1. Ампліудно-частотна характеристика для різних потужностей рихлих відкладів

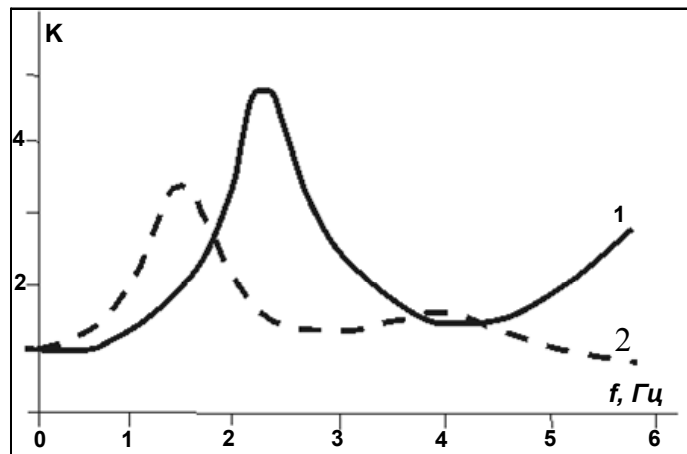


Рис. 2. Спектральна характеристика трьохшарової товщі ґрунту: 1 – ідеально пружне середовище, 2 – середовище з поглинанням

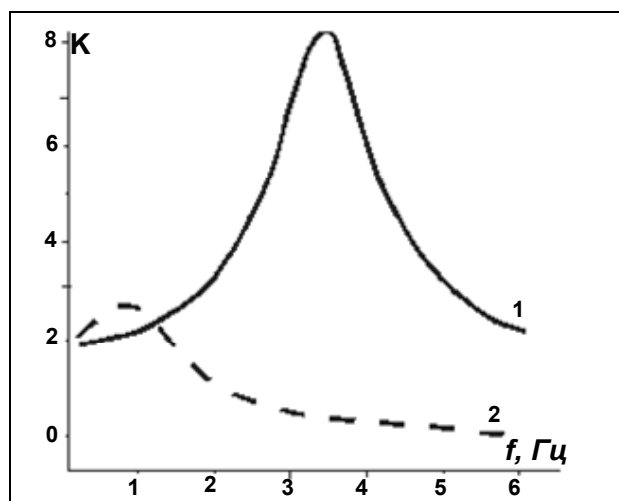


Рис. 3. Спектральна характеристика: 1 – ідеально пружного середовища, розрахованого при падаючому сигналі з амплітудою 0,05g, 2 – нелінійного середовища при падаючому сигналі з амплітудою 0,35g

В даній роботі для розрахунку впливу локальних інженерно-геологічних умов будівельного майданчика оздоровчого комплексу по вул. Французький бульвар

60/1 в м. Одеса визначалися теоретичні ампліудно-частотні характеристики середовища на основі сейсмо-геологічної горизонтально-шаруватої моделі розрізу з

вертикальною мінливістю пружних властивостей. Для розрахунків використовувався програмний комплекс EduShake [6, 7]. Цей комплекс дозволяє, за даними про розподіл фізичних параметрів в середині вертикально неоднорідного (шаруватого) середовища із загасанням, розраховувати частотні характеристики середовища.

Одним з найпоширеніших методів отримання відносно-частотних характеристик (АЧХ) середовища під різними пунктами будівельного майданчика є реєстрація мікросейсмічних коливань [8], визначення їх амплітудних спектрів і розрахунок відношень спектрів до спектрів синхронних записів мікросейсм на еталонному пункті, до якого віднесено фонову розрахункову бальність будівельного майданчика. Точність визначення відносно АЧХ буде тим більшою, чим ближчим є спектр перешкод (мікросейсм) до спектру білого шуму. Для визначення АЧХ середовища під досліджуваними пунктами будівельного майданчика широко застосовуються також методи їх теоретичного розрахунку для відповідних моделей ґрунтової товщі. Розрахункові методи останнім часом широко використовуються в комплексі з інструментальними.

В наш час загальноприйнятими вважаються два методи розрахунку шаруватих середовищ:

1. *Метод скінчених елементів.* Цей метод дозволяє розраховувати коливання для середовищ з негоризонтальними границями але проблематичною є побудова їх надійних моделей.

2. *Матричний метод.* В цьому методі середовище апроксимується ідеально пружними або поглинаючими горизонтально-шаруватими моделями. Такі моделі дозволяють достатньо просто отримувати надійні амплітудно-частотні характеристики середовища, навіть, при мінімальних апріорних даних про геологічне середовище. Для розрахунків використовується матричний метод Томпсона-Хаскела. Практичні програми розрахунку АЧХ середовищ вперше були розроблені Л.І. Ратниковою [4]. Теоретичні основи врахування не пружного поглинання в шаруватому середовищі розроблені в роботах І.Ішібаші та Х. Сіда з співавторами [9,10]. Вважається, що середовище складається з серії однорідних плоскопаралельних пружних шарів вільної потужності. Розраховується комплексна частотна характеристика середовища при падінні поперечної хвилі під

заданим кутом. Розрахунок характеристики проводиться за допомогою рекурентної матричної формули, яка пов'язує зміщення і напруження на довільних границях розділу шарів [11, 12]. Послідовне застосування цієї формули зводить задачу до рішення системи лінійних рівнянь з чотирма невідомими (зміщеннями на поверхні або в внутрішній точці шаруватого середовища і коефіцієнтами відбиття хвиль в на півпросторі). Цей алгоритм узагальнений на випадок слабо поглинаючих пружних середовищ. В зв'язку з тим, що поглинаючі властивості гірських порід вивчені в значно меншій мірі і з меншою надійністю, чим швидкісні, тобто не встановлено надійних експериментальних залежностей декрементів поглинання від частоти, літології, пористості і глибини залягання порід, при розрахунках можуть бути використані різні моделі механізма поглинання в середовищі. Часто передбачається лінійна залежність коефіцієнтів поглинання від частоти або залежність, яка описується лінійно-непружною моделлю Г.І. Гуревича [13].

Ця модель поглинаючого середовища має наступні особливості:

а) в межах розглядаючого діапазону частот швидкості та декременти поглинання зростають з збільшенням частоти;

б) зростання декрементів поглинання з частотою завжди більше ніж зростання відповідних швидкостей (відносно їх значення на опірній частоті);

в) відношення декрементів поглинання поздовжніх та поперечних хвиль для заданого відношення швидкостей не може бути довільним, а знаходиться в деяких межах, які залежать від величини V_p/V_s ;

г) якщо на будь-якій частоті декременти поглинання хвиль P і S однакові, то вони однакові на всіх частотах.

Вхідні дані для побудови АЧХ середовища під будівельним майданчиком оздоровчого комплексу по вул. Французький бульвар 60/1 в м. Одеса, були взяті з моделі інженерно-геологічного розрізу середовища під ним, побудованої на основі даних розвідувального буріння свердловин. Модель є вертикально-неоднорідною горизонтально-шаруватою і описується наступними параметрами: кількість встановлених шарів, їх літологічний склад та потужність, густина ґрунтів в кожному із шарів, середні пластові швидкості поперечних сейсмічних хвиль для кожного шару та рівень ґрунтових вод (табл. 1).

Таблиця 1. Модель середовища під будівельним майданчиком оздоровчого комплексу по вул. Французький бульвар 60/1 в м. Одеса

№№ п/п	Літологічний склад	Інтервал глибин H, м	Швидкість сейсмічних хвиль		Декременти поглинання сейсмічних хвиль		Густини порід ρ , г/см ³
			Поздовжньої V_p , м/сек	Поперечної V_s , м/сек	Поздовжньої u_p	Поперечної u_s	
1	Насипний шар	0-1,6	300	120	1,5	1,5	1,4
2	Суглинок легкий, твердий	1,6-7,0	420	300	0,5	0,7	1,8
3	Суглинок тяжкий з уламками вапняку	7,0-17,0	550	320	0,3	0,5	1,9
4	Глина сіро-зелена легка з уламками вапняку	17,0-28,0	800	450	0,2	0,3	1,9
4	Глина сіро-зелена легка	28,0-38,0	900	600	0,1	0,2	2,0
5	Глина легка	38,0-46,0	1200	700	0,1	0,2	2,2
6	Глина, вапняк-ракушняк	46,0-90,0	1800	900	0,08	0,1	2,2
7*	Вапняки, глина	90,0-171,0	1400	1000	0,06	0,12	2,2
8*	Крейдодобітний мергель	171,0-871,0	1800	1200	0,06	0,06	2,4
9*	Пісковики, аргілітоподібні глини	871,0-1471,0	3000	1600	0,01	0,03	2,6
10*	Граніти, біотитові гнейси	1471,0 – ∞	5000	3200	0,01	0,03	2,9

Примітка: * позначені параметри взяті для подібних умов на інших майданчиках Одеського регіону

З використанням вище приведених вхідних даних і шести різних записів сильних землетрусів з використан-

ням програмного комплексу EduShake були розраховані

значення шести реалізацій АЧХ середовища під будівельним майданчиком і побудована їх обвідна (рис. 4).

Обвідна амплітудної частотної характеристики середовища під будівельним майданчиком в м. Одесі, вул. Французький бульвар 60/1 була використана для моделювання впливу локальних ґрунтових умов при

побудові розрахункових акселерограм, необхідних для врахування потенційно можливих сейсмічних впливів (динамічних) при проектуванні сейсмостійкої 24-поверхової будівлі оздоровчого комплексу з апартаментами та паркінгом.

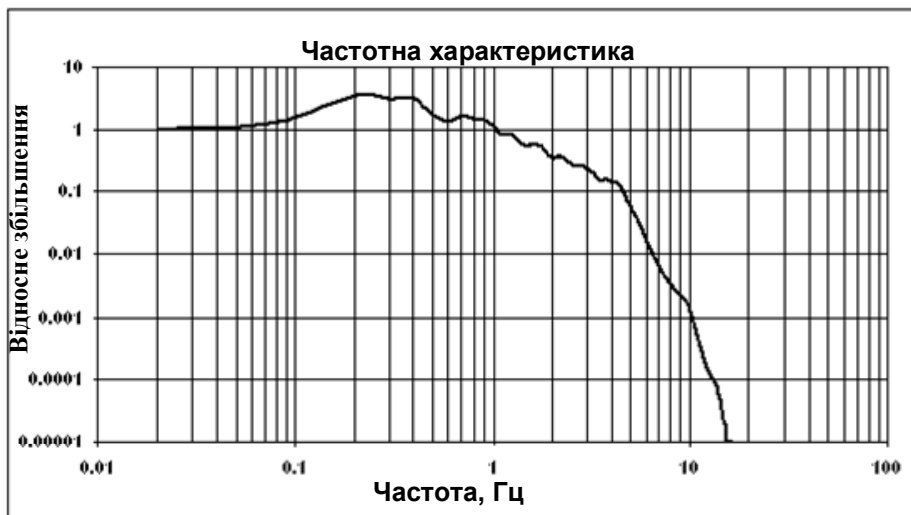


Рис. 4. Обвідна АЧХ середовища, що моделюється вертикально-неоднорідним шаруватим середовищем з поглинанням під будівельним майданчиком в м. Одесі по вул. Французький бульвар, 60/1

Представлена на рис. 4 обвідна АЧХ середовища під будівельним майданчиком, що моделюється вертикально-неоднорідним шаруватим середовищем з поглинанням (див. табл. 1), буде використана при побудові розрахункових акселерограм для проектування сейсмостійкого будинку в м. Одесі по вул. Французький бульвар, 60/1. Наявність частотних характеристик, які максимально адекватно відображають вплив ґрунтової товщі під майбутньою спорудою, дозволяють значно зменшити її вартість шляхом прийняття відповідних проектних заходів з недопущення збігу власної частоти проектованої споруди з частотою максимуму частотної характеристики.

1. Сейсмическое микрорайонирование / Под ред. С.В.Медведева // М., 1977. 2. Оценка влияния грунтовых условий на сейсмическую опасность. Методическое руководство по сейсмическому микрорайонированию / Отв. ред. О.В.Павлов – М., 1988. 3. International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology. (Part A – IASPEI_Handbook_CD1, Part 2 – IASPEI_Handbook_CD2 and CD3) / Mi-

chael F. Diggles – IASPEI, 2002. 4. Патникова Л.И. Методы расчета сейсмических волн в тонкослойных средах. – М., 1973. 5. Крамнин П.И., Чернов Ю.К., Штейнберг В.В. Ускорения колебаний скальных и рыхлых грунтов при сильных землетрясениях. – В кн.: Вопросы инженерной сейсмологии, вып.19. М., 1978. 6. Idriss I.M. and Seed H.B. Seismic Response of Horizontal Soil Layers. – Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 94, No. SM4, July, 1968. – Pp. 1003-1031. 7. Schnabel P.B. Lysmer J. and Seed H.B.. SHAKE: A Computer Program for Earthquake Response Analysis of Horizontally Layered Sites. – Report No. UCB. EERC-72/12. University of California, Berkeley. December, 1972 – 102 p. 8. Сейсмическое микрорайонирование (под ред. Павлова О.В. и Рогожина В.А.). – М., 1984. 9. Ishibashi I. Discussion to "Effect of soil plasticity on cyclic response," by M. Vucetic and R. Dobry, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 118, No. 5, 1992. – Pp. 830-832. 10. Seed H.B., Wong R.T., Idriss I.M. and Tokimatsu K. Moduli and damping factors for dynamic analyses of cohesionless soils," Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 112, No. 11, 1986. – Pp. 1016-1032. 11. Haskell N.A. The dispersion of surface waves multilayered media. – Bull. Seismol. Soc. America, 1953, 43, N1. 12. Thomson W.T. Transmission of elastic waves through a stratified solid medium. – J. Appl. Phys., 950, 21, 89. 13. Гуревич Г.И. Деформируемость сред и распространение сейсмических волн. М., 1974.

Надійшла до редколегії 18.12.09

УДК 550.837

М. Рева, канд. фіз.-мат. наук,
В. Онищук, асп., І. Онищук, канд. геол. наук

ПРО ЗАСТОСУВАННЯ ДИПОЛЬНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ АНІЗОТРОПНИХ ГЕОЕЛЕКТРИЧНИХ РОЗРІЗІВ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-наук, проф. С.А. Вижвою)

В статті приведений розв'язок задачі про електричне поле диполя в анізотропному середовищі. Показана значно більша чутливість дипольних екваторіальних установок, стосовно фіксації наявності анізотропії, у порівнянні з традиційно використовуваними симетричними установками.

The article brought solution of the problem of electric dipole field in the anisotropic medium. Much greater sensitivity of the dipole equatorial settings is shown, for fixing the availability of anisotropy, in comparison with traditionally used symmetric settings.

В практиці електрометричних досліджень при вивченні зсувних процесів та моніторингу небезпечних геологічних явищ часто використовують кругове електропрофілювання з метою дослідження анізотропії гірських масивів. Це пояснюється тим, що напружено-

деформований стан середовища, безперечно, тісно пов'язаний з його анізотропією. Однак, ця анізотропія може бути слабко вираженою (наприклад, початковий етап розвитку зсуву) і симетричні установки АМNB, які