

УДК 550.34:539.

В.В. Сівак, інж.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ РОТАЦІЙНИХ МЕХАНІЗМІВ НА ХВИЛЕУТВОРЕННЯ ЗЕМНОЇ КОРИ

За допомогою моделювання рухів земної кори наведено експериментальне обґрунтування ротаційних механізмів тектоногенезу. На основі спеціально виконаних експериментів стверджується, що земна кора може коливатись на частотах, близьких до її власної мінімальної. На основі одержаних результатів досліджень можна передбачити, що під час дії на Землю відомих динамічних навантажень амплітуди коливань земної кори суттєво збільшуються, що в місцях дії вказаних навантажень може призвести до її катастрофічних руйнувань.

The experimental ground of the rotation mechanism technogenesis is considered with using the earth's crust rotation. On the basis of the special carried out experiments it is insisted that earth's crust can vibrate with frequencies close to its eigenfrequency. On the basis of the obtained investigation results it can foreknow that during the action on the earth crust dynamical loading the vibration amplitude of the earth's crust increases substantially and as result at the place where indicated loading acts it leads to catastrophical breakdowns.

Аналіз попередніх досліджень. Експериментальному дослідженню динамічних характеристик земної кори присвячена велика кількість наукових праць, наприклад [1; 2; 5; 7], з яких випливає, що специфіка коливань земної кори при її обертанні вивчена недостатньо. Від-

значається необхідність в одержанні нових відомостей про механізм коливань земної кори під час землетрусів, які виникають від дії на неї різних динамічних навантажень. Описані в роботах [1; 2; 5; 7] експериментальні результати не мають достатньої для цієї мети інформа-

© В.В.Сівак, 2005

тивності, оскільки не забезпечують реєстрацію форм коливань земної кори. Найбільша трудність у вивченні власних частот коливань Землі полягає в тому, що їх амплітуди малі порівняно з 12–24-годинними земними приливами. У роботі [5] відзначається, що в сейсмограмах Чилійського землетрусу 1960 р. встановлено роздвоєння частот для форм коливань, які відповідають мінімальній і найближчій до неї власній частоті коливань. Слід відзначити, що можливості ідентифікації форм коливань осталися невизначеними через велику кількість стовщень оболонки земної кори. При моделюванні коливань земної кори з'являються великі розбіжності внаслідок труднощів, які виникають при моделюванні граничних умов. На думку автора, літосфера Землі розкололася в ранньому докембрії. Її руйнування проходило на мінімальній власній частоті коливань. Пізніше, від дії ротаційних механізмів, а також під впливом постійно і періодично діючих динамічних навантажень форми коливань земної кори змінювались і відбилися на її поверхні так, що зберігаються до даного часу. У зв'язку з тим, що літосфера Землі складається з окремих плит і блоків [3, рис. 7], то цей факт дає підставу при моделюванні вирізати з земної кори частину її поверхні від 60-ї паралелі до екватора з північної або південної півкулі і умовно проводити експериментальні дослідження моделі, яка являє собою циліндричну оболонку. У даній роботі земна кора промодельована на оболонці з трьома приєднаними масами, оскільки на земній корі від 60-ї паралелі до екватора в двох півкулях є по три великих стовщення у вигляді континентів. Інші стовщення земної кори при моделюванні в даній роботі не враховувались. З погляду автора граничні умови на краях літосферних плит знаходяться між вільним і шарнірним спиранням, оскільки в одних випадках літосферні плити розходяться до кількох сантиметрів за рік (спредінг), а в інших сходяться (субдукція) [3].

Методика моделювання та результати досліджень. Для моделювання коливань земної кори під час її обертання використовувалась склопластикові циліндрична оболонка. Оболонка мала радіус $R = 16$ см, довжину $L = 64$ см і товщину $h = 0,8$ мм. Три однакові вантажі циліндричної форми M_1 , M_2 і M_3 мали однакові маси по 0,34 кг. Вони були виконані у формі циліндрів завдовжки 10,5 см, діаметром по 2,3 см. Указані вантажі прикрі-

плювались рівномірно по колу (осі деталей кріплення знаходились на відстані 3 см від верхнього краю оболонки). Спочатку резонансним методом визначались власні частоти коливань оболонки. При проведенні експериментів нижній край оболонки був встановлений у круговий паз сталюого диску і залитий розплавленим металом ВУДа, а верхній залишився вільним. Диск з оболонкою був жорстко прикріплений до масивної основи. Вплив точкових приєднаних мас на мінімальну власну частоту коливань системи оболонка-приєднана маса вивчався з використанням методики, наведеної в роботах [6; 8; 9]. Збудження коливань виконувалось за допомогою вібратора, рухома котушка якого масою 5,32 г була прикріплена в середньому перетині оболонки і знаходилась в площині, яка проходила через осі оболонки, одного з приєднаних вантажів і котушки вібратора. При визначенні власних частот коливань оболонки проводились вимірювання амплітуд коливань A_1 і віброприскорень a_1 її верхнього краю. Вимірювання віброприскорень виконувалось за допомогою віброперетворювача Д14 і блоку вимірювання вібрації. Залежність експериментальних значень власних частот коливань оболонки f_e від кількості окружних форм коливань n наведено на рис. 1 (експериментальні значення позначені кружечками, які умовно з'єднані суцільними лініями). У табл. 1. наведено експериментальні значення мінімальних власних частот коливань оболонки $f_e^{\min}$ при $n = 3$ і $m = 1$ (n – кількість окружних хвиль, m – кількість півхвиль у меридіональному напрямі).

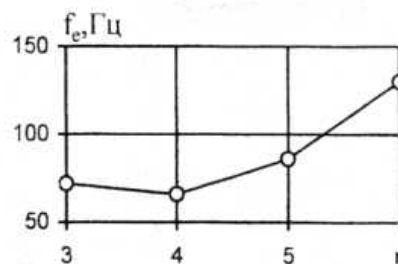


Рис. 1. Залежність власних частот коливань оболонки від кількості окружних хвиль

Таблиця 1. Залежність власних частот, амплітуд коливань та віброприскорень від кута нахилу осі оболонки

Динамічні системи	γ , градусів	$f_e^{\min}$, Гц	f_{p1} , Гц	f_{p2} , Гц	$2A_1$, мкм	a_1 , м/с ²	$2A_2$, мкм	a_2 , м/с ²
Оболонка з масами	0	19	40,3	17,4	250	8	1000	6
Оболонка з масами	45	19	21,4	20,1	500	4,5	1000	8

Форми коливань на відстанях $0,5 L$; $0,75 L$ і L від нижнього краю оболонки визначались інструментально шляхом вимірювання розмахів коливань у 30 точках, рівномірно розміщених по колу. Вимірювання проводились за допомогою безконтактного віброперетворювача з використанням методики, наведеної в роботах [6; 8; 9]. Крім того, форми коливань на верхньому краї оболонки визначались і візуально. На рис. 2, а, 2, б і 2, в показано форми коливань оболонки в перетинах L , $0,75 L$ і $0,5 L$ відповідно, які збуджувались на мінімальній власній частоті коливань оболонки з трьома приєднаними масами при однаковому рівні збудження. На рис. 2 стрілкою показано точки прикладання збуджуючої сили, а кружечками – точкові приєднані маси.

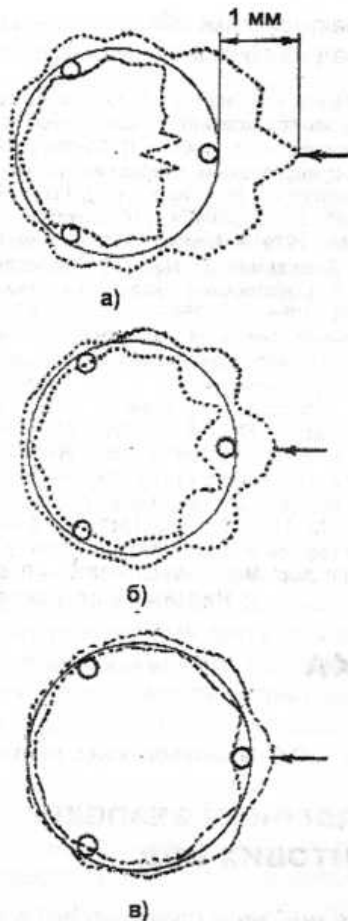


Рис. 2. Основні і додаткові форми коливань оболонки з приєднаними масами

Із аналізу результатів, наведених на рис. 2 випливає, що при розглянутому варіанті збудження за допомогою вібратора в усіх перетинах оболонки від впливу приєднаних мас відбувається збільшення кількості півхвиль окружних форм коливань порівняно з хвилеутворенням, яке має місце в оболонці без приєднаних мас. У розглянутих випадках на мінімальній власній частоті коливань системи оболонка-приєднана маса збуджується дев'ять півхвиль (кожна з приєднаних мас збуджує локальну півхвилю, а між масами збуджувалось по одній хвилі).

Зміна положення осі обертання оболонки виконувалась за допомогою спеціально розробленої установки, наведеної на рис. 3. Обертання оболонки 3 виконувалось за допомогою електродвигуна 5 потужністю 1,1 кВт і реверсивного черв'ячного редуктора 4. Електродвигун і редуктор були жорстко прикріплені до пластини 6, виготовленої з нержавіючої сталі. Розмір пластини 101×33×0,45 см. Електродвигун створював 2850 обертів за хвилину. Указаний диск з оболонкою був прикріплений до рухомої частини установки. Якщо дивитись на оболонку зверху, то її обертання виконувалось проти годинникової стрілки. Описана установка дозволяла обертати оболонку зі швидкістю 0,5 обертів за секунду. Така швидкість обертання оболонки була досягнута штучно шляхом варіювання електродвигунів і дозволила проводити експериментальне дослідження в резонансному режимі. Установка дозволяла змінювати кут відхилення осі оболонки від вертикалі на 45°.

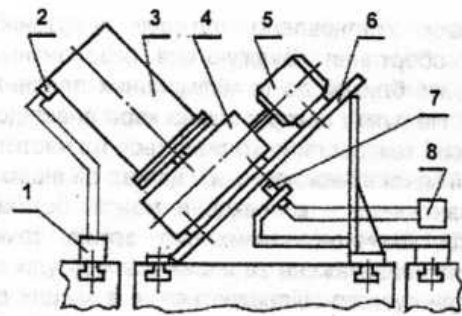


Рис. 3. Установка, за допомогою якої моделюються рухи земної кори

Вимірювання амплітуд коливань верхнього краю оболонки при її обертанні A_2 виконувались візуально за допомогою лінійки. Вимірювання віброприскорень a_2 виконувалось за допомогою віброперетворювача 2 і блоку вимірювання вібрації 1 вібраційного електродинамічного стенду ВЕДС-10А. Віброперетворювач був прикріплений у точці кріплення одного з приєднаних вантажів. Розрахункові значення резонансних частот f_p коливань оболонки, яка обертається, одержані за результатами вимірювань амплітуд коливань A_2 і віброприскорень a_2 за допомогою відомої формули, наведеної в [4, формула 10.42].

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a_2}{A_2}} \quad (1)$$

Результати вимірювань і обчислень наведено в табл. 1.

Розрахункові значення резонансних частот коливань пластини f_{p3} також одержані за допомогою наведеної формули за результатами вимірювань амплітуд коливань і віброприскорень. Вимірювання віброприскорень виконувалось за допомогою віброперетворювача 2, який був установлений у середньому перетині пластини (на рис. 1 не показаний). Для вимірювання амплітуд коливань пластини використовувався безконтактний перетворювач 7 струмовихрового типу і електронний блок 8. Резонансна частота коливань пластини дорівнює 53,6 Гц і суттєво відрізняється від f_p для оболонки.

З аналізу одержаних експериментальних результатів випливає, що величини віброприскорень залежать від наявності приєднаних мас і умов проведення експериментів. Вони також залежать від кута нахилу осі обертання оболонки. Із аналізу результатів вимірювань мінімальних власних частот коливань випливає, що приєднання трьох точкових мас на верхньому краї оболонки приводить до зменшення мінімальних значень власних частот коливань оболонки з приєднаними масами. При випробуваннях оболонки без приєднаних мас установлено, що розбіжності між експериментальними значеннями мінімальної власної частоти коливань і розрахунковими суттєво збільшуються.

Оскільки з аналізу одержаних даних випливає, що в деяких випадках збуджуються резонансні частоти коливань, які близькі до мінімальних власних частот коливань оболонки, що вимірювались експериментально, то слід відзначити, що при їх обертанні збуджуються і форми коливань, які близькі до форм коливань відповідним указаним мінімальним частотам коливань. У цілому експерименти показали, що наявність приєднаних мас при обертанні оболонки під кутом 45° приводить до зближення віброприскорень, які одержані двома різними способами (за допомогою вібратора і при обертанні). Величини віброприскорень для оболонки з приєднаними масами при її обертанні збільшуються, а для оболонки без мас зменшуються порівняно з одержаними при збудженні коливань за допомогою вібратора.

Висновки. Установлено, що при обертанні тонких оболонок обертання збуджуються резонансні частоти коливань, які близькі до їх мінімальних власних частот коливань. На думку автора, земна кора внаслідок дії ротаційних сил теж постійно коливається на частотах, близьких до її мінімальної частоти. Під час дії інших динамічних навантажень – конвекції в мантії, бомбардувань метеоритів, місячно-сонячних сил, зсувів, техногенних динамічних навантажень та інших – амплітуди коливань земної кори суттєво збільшуються, а в місцях дії вказаних навантажень призводять до катастрофічних руйнувань земної кори. Таким чином, постійна дія ротаційних сил є одною з основних причин руйнувань земної кори. Із аналізу виконаних експериментальних досліджень випливає, що різнотовщинність земної кори може призвести до утворення додаткових півхвиль, які зберігаються на поверхні Землі у вигляді хребтів як у світовому океані, так і на поверхні суші.

Слід провести додаткове експериментальне дослідження впливу рідини і точкових приєднаних мас на

динамічні характеристики оболонок з іншою конфігурацією, наприклад на бочкоподібних і сферичних.

1. Беньоф Г., Пресс Ф., Смит С. Возбуждение собственных колебаний Земли при землетрясениях // Собственные колебания Земли / Под ред. В.Н.Жаркова. – М., 1964. – С. 33–59.
2. Вишва С.А. Геофизический мониторинг небезопасных природных та техногенных процессов на початку XXI століття // Вісн. Київ. ун-ту. Геологія. – 2003. – Вип. 26–27. – С. 73–80.
3. Зоненшайн Л.П., Савостин Л.А. Введение в геодинамику. – М., 1979.
4. Иорш Ю.И. Виброметрия. – М., 1963.
5. Пекерис Х.П., Альтерман З., Ярош Х. Исследования по земной спектроскопии // Собственные колебания Земли / Под ред. В.Н.Жаркова. – М., 1964. – С. 284–315.
6. Сивак В.В. Экспериментальное моделирование колебаний геодинамических систем // Матеріали V Міжнар. наук. конф. "Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища". – К., 2004. – С. 135–138.
7. Современные проблемы геодинамики: Пер. с англ. / Под ред. Ч.Дрейка и Л.Шмидта. – М., 1984.
8. Sivak V.F. Vibration of Cylindrical Shells Filled with a Liquid // Int Appl. Mech. – 2003. – № 10. – P. 1205–1207.
9. Sivak V.F. Determining Critical Stresses for Axially Compressed Cylindrical Shells from an Analysis of Response Characteristics // Int. Appl. Mech. – 2003. – № 11. – P. 1339–1342.
10. Sivak V.F., Sivak V.V. Experimental Investigation into the Vibration of Shells of Revolution with Added Masses // Int. Appl. Mech. – 2002. – № 5. – P. 623–627.

Надійшла до редколегії 20.12.04