



Іскович-Лотоцький Р. Д. УДК 624.131.35

Івашко Є. І.

*Вінницький
національний
технічний
університет*

Iskovich-Lototskiy R. D.

Ivashko Y. I.

*Vinnitsia National Technical
University*

НАВІСНИЙ ГІДРОМОЛОТ ДЛЯ УДАРНО-ВІБРАЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ҐРУНТІВ

Підвищено продуктивність процесу ударно-вібраційного зондування ґрунтів за рахунок розробки нового навісного гідромолота. Приведені формули які дозволяють попередньо розрахувати основні параметри гідромолота. Наведена найпростіша модель процесу ударно-вібраційного зондування ґрунтів.

Ключові слова: гідромолот, ударно-вібраційне зондування, вібрації, зондування ґрунтів, гідравліка.

Постановка проблеми. Дослідження ґрунтів зануренням конуса під впливом УВЗ є одним з експрес-методів отримання інженерно-геологічної інформації про фізико-механічні властивості фундаменту з сипких ґрунтів будівель і споруд. Воно дозволяє виявляти ступінь однорідності зондованих ґрунтів; визначати положення меж (контактів) різних літологічних прошарків і несучих прошарків для пальної основи; виявляти і окреслювати в плані і по глибині послаблені зони на досліджуваних ділянках для точної прив'язки місця проведення дослідних робіт; вибирати оптимальні варіанти вибору молотів; оцінювати фізичні і механічні властивості піщаних ґрунтів (щільність, кут внутрішнього тертя і т.д.); орієнтовно оцінювати модуль деформації піщаних ґрунтів [1].

Більшість установок для УВЗ сьогодення мають в своїй основі механічний дебалансний. Сучасний розвиток приводів вказує на перевагу гідравлічних над механічними, що зумовлює його застосування в різних галузях машинобудування. Виходячи з цього доцільною є розробка принципово нового обладнання для УВЗ ґрунтів, з гідравлічним приводом.

Аналіз останніх публікацій.

Дослідженням ударно-вібраційного зондування займався Ребрик Б.М. та Вишне夫斯基 В.Ф. [2]. Розробкою і аналізом гідромолотів та клапанів-пульсаторів займалися Іскович-Лотоцький Р.Д., Матвеев І. Б. а також Крат В. А. [3].

Метою роботи є підвищення продуктивності, швидкодії а також можливість регулювання процесу УВЗ ґрунтів шляхом розробки принципово нової конструкції гідромолота.

Основна частина роботи. Найбільш доцільно застосовувати метод ударно-вібраційного зондування при дослідженні слабких, насипних і наливних ґрунтів. Ці ґрунти

характеризуються сильною неоднорідністю, як за потужністю, так і по простяганню розрізу, що вимагає для отримання надійної інженерно-геологічної характеристики ґрунтового масиву великої кількості точок зондування. Глибина зондування задається з урахуванням вимог, необхідних при дослідженні ґрунтової товщі але не більше 15-20 м для інтерпретації результатів зондування. В якості основного показника зондування ґрунтів беруть швидкість занурення зонда, м/с. За допомогою цього показника різними методами оцінюється характеристики ґрунтів [2].

Типова схема мобільної установки для УВЗ (рис. 1) має наступні основні вузли: автомобіль 6, лебідку 5, щоглу 3, опору щогли 4, гвинтовий підйомник щогли 2, гідромолот 1, а також систему керування та електрообладнання.

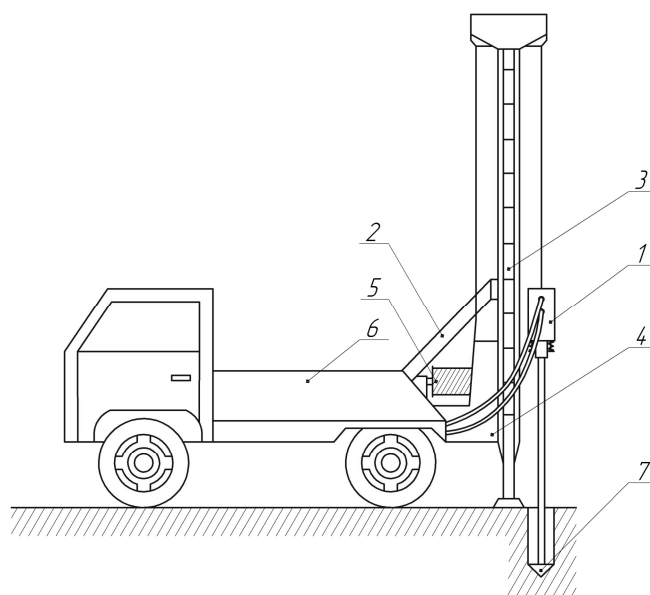


Рис. 1. Типова схема мобільної установки для УВЗ



Здійснення вібраційних і віброударних навантажень об'єктів обробки можливо багатьма способами. Широко відомі вібраційні і віброударні машини з механічним, електричним, пневматичним, гідравлічним і комбінованими приводами. Для промислового застосування рекомендований гідравлічний привід, що забезпечує передачу енергії тиску рідини в будь-якому напрямку, простоту здійснення прямолінійних зворотно-поступальних переміщень виконавчого робочого ланки машини. Крім того, гідравлічний привід відрізняється компактністю і можливістю плавного регулювання основних робочих параметрів - швидкості, зусилля, переміщення, а також малою інерційністю і високою надійністю [4].

Гідравлічний і пневматичний приводи вібраційних і віброударних машин за принципом дії аналогічні, проте останній не використовують при необхідності створення значних потужностей і передачі великих зусиль через невиправдане збільшення габаритних розмірів приводу і машини в цілому. Зворотно-поступальний переміщення виконавчого робочого органу машини здійснюється при перемиканні звичайного реверсивного золотника будь-яким з відомих способів (шляхом переміщення робочого органу, під тиском, за допомогою сервоприводів тощо). Найбільш поширеними видами комбінованого приводу вібраційних і віброударних машин є гідромеханічний і електрогідравлічний [5].

Застосування вібраційних і віброударних машин, робоча ланка яких здійснює силовий вплив на об'єкт обробки з великою миттєвою потужністю, що значно перевищує встановлену потужність машини, дає можливість інтенсифікувати цілий ряд технологічних процесів, здійснюваних, як правило, на машинах зі зворотно-поступальним рухом робочого ланки, забезпечує періодичні високочастотне імпульсне навантаження. Найбільш раціональним, як показала практика, для машин подібного типу є гідроімпульсний привід, що має ряд переваг, головні з яких - простота і надійність автоматичного повторювача робочих циклів [3].

На основі аналізу існуючих моделей ґрунтів з урахуванням особливостей досліджуваного процесу розглядалися різні моделі ударно-вібраційного зондування ґрунтів. Здебільшого вони нехтують деякими характерними для УВЗ процесами, що може призвести до спотворення результатів дослідження. Проте ці моделі все таки можна

використовувати для попереднього розрахунку гідромолоту.

Така найпростіша модель УВЗ показана на рис. 2. Вона передбачає врахування таких допущень: тіло масою m являється абсолютно твердим тілом; бурильна колона представляє собою ідеальну пружину з коефіцієнтом жорсткості C_1 , маса якої розподілена між масами m і m_1 ; ґрунт моделюється пружним середовищем без в'язких опорів (тобто ідеальною пружиною з коефіцієнтом жорсткості C_2 і постійно пластичною силою опору ґрунту F); удар являється абсолютно непружним, тобто коефіцієнт відновлення $R=0$; хвильові явища, які проходять в бурильному стержні, не враховуються [2].

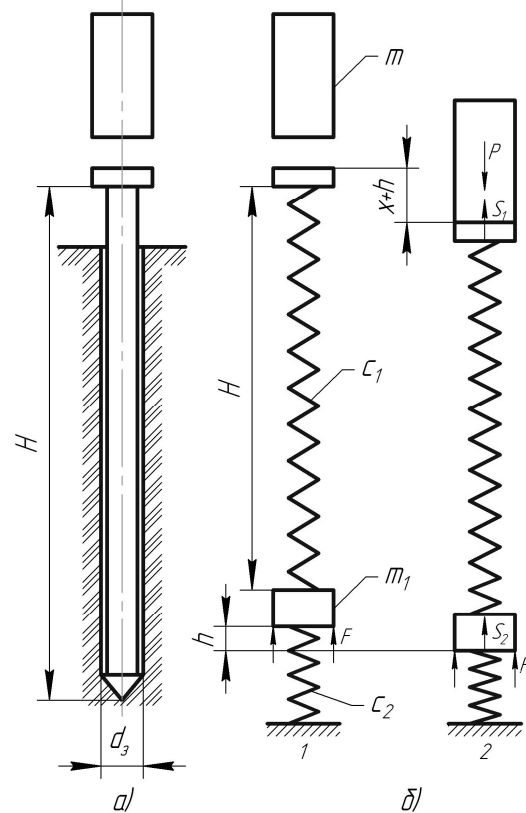
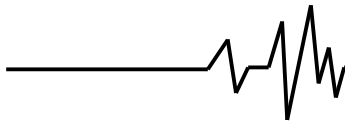


Рис. 2. Найпростіша модель процесу ударно-вібраційного зондування ґрунтів: а – схема снаряду; б – пружно-пластична модель: 1 – до удару; 2 – після удару

По верхньому кінцю зондувального снаряду періодично наносяться удари масою m . Частота ударів така, що перед кожним наступним ударом зондувальний снаряд знаходиться в стані спокою.

Максимальна деформація h ґрунту складається з пружної і пластичної складових, при цьому обидві являються остаточними, тобто представляють пружні деформації, а



точніше деформації, спричинені силою, яка пропорційна переміщенню.

Таким чином, описана модель процесу, маючи деякі схожі елементи, відрізняються від вже відомих моделей. Зокрема, по прийнятій тут схематизації ґрунту, деформації, пропорційні переміщенню, супроводжуються пластичним.

Введена пружність зондувального стержня, однак для спрощення з розгляду виключено випадок абсолютно пружного і не зовсім пружного удару. Маса ґрунту, яка приймає частину кінетичної енергії удару, також не враховується. Легко помітити, що представлену модель з повністю можна занести і до динамічного зондування ґрунтів.

Якщо врахувати хвильові процеси в бурильному стержні і вважати його тонким стержнем, то швидкість розповсюдження хвиль в такому стержні можна визначити наступним чином:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (1)$$

де E – модуль пружності; ρ – густина стержня.

Часті удари зондувального стержня об ґрунт супроводжуються створенням ударних мікрохвиль.

В відповідності з прийнятими допущеннями на масу m_1 в процесі її переміщення діють тільки постійні сили і сили, пропорційні переміщенню, тому для знаходження величини занурення зонду за удар можна скористуватися теоремою про зміну кінетичної енергії системи. В відповідності з цією теоремою записуємо наступну рівність:

$$(mv^2/2) - (mv_0^2/2) = \sum A_k, \quad (2)$$

де m – енергія ударної маси; v_0, v – початкова та кінцева швидкість руху ударної маси ($v=0$); $\sum A_k$ – сума роботи усіх зовнішніх і внутрішніх діючих на систему сил.

З виразу (2) можна зробити висновок, що основними параметрами які характеризують роботу гідромолота є енергія ударної маси m та відповідно швидкість її руху v . Виражаючи v з формули (2) отримаємо:

$$v = \sqrt{\frac{2A}{m}}. \quad (3)$$

Так як гідромолот має гідравлічний привід то швидкість руху v ударної маси m можна визначити за формулою:

$$v = \frac{Q_n}{F}, \quad (4)$$

де Q_n – подача робочої рідини; F – площа поршня гідромолота.

Для нормальної роботи реального гідроприводу повинна виконуватися умова між рівняннями (3) і (4):

$$\frac{Q_n}{F} \geq \sqrt{\frac{2A}{m}}. \quad (5)$$

Сума роботи усіх сил описується рівняннями:

$$\sum A_k = A_1 + A_2 + A_3 + A_4; \quad (6)$$

$$A_1 = P(x+h); \quad (7)$$

$$A_2 = -C_1 \cdot x^2/2; \quad (8)$$

$$A_3 = -C_2 \cdot h^2/2; \quad (9)$$

$$A_4 = -Fh, \quad (10)$$

де A_1 – робота ваги P ударної маси і бурильного снаряду на переміщення $x+h$; x – деформація пружини C_1 (зондувального стержня); A_2 – робота пружної сили пружини C_1 ; A_3 – робота пружної сили пружини C_2 ; A_4 – робота постійних опорів F .

Тиск який створюється у гідромолоті можна представити в наступному вигляді:

$$p = \frac{\Delta V}{V_0} E_{np}, \quad (11)$$

де ΔV – сумарна зміна об'єму рідини в гідросистемі за рахунок деформації підвідних трубопроводів, поршневої порожнини гідромолота та самої рідини; V_0 – початковий об'єм рідини в гідромолоті і підвідних трубопроводах; E_{np} – приведений модуль пружності системи.

Так як за деякий відрізок часу насос подає в систему кількість рідини $Q_n t$, то на пружний стиск її і заповнення допоміжного простору, який створюється через деформацію поршневої порожнини гідромолота і підвідних трубопроводів, потрібно подати рідину об'ємом:

$$\Delta V = \Delta V_0 - \Delta V_1 = Q_n t - Fx = \Delta V_2 + \Delta V_3. \quad (12)$$

Очевидно, що знаючи частоту ударів n в одиницю часу, легко можна визначити швидкість занурення віброзонду по формулі:

$$v_3 = nh. \quad (13)$$

Отримані формули, при усій їх простоті дозволяють попередньо розрахувати параметри гідромолота та в загальному оцінити режими його роботи при УВЗ ґрунтів.

Явні переваги гідроімпульсного приводу над механічним дає змогу підвищити продуктивність та швидкодію роботи установки в цілому. В зв'язку з цим розроблена схема гідроімпульсного приводу навісного обладнання для ударно-вібраційного зондування ґрунтів. В основі роботи даного гідромолота лежить



гідравлічний привід з вбудованим клапаном-пульсатором.

Розроблена схема навісного гідромолота представлена на рис. 3. Він складається з напірної гідролінії 1 яка зв'язана з порожниною А, а також напірного каналу 3 який в свою чергу з'єднує порожнину А з порожниною Б. Поршень 2 підтримується у початковому положенні за допомогою пружини 16, та жорстко з'єднаний з штоком 13 та відповідно ударним патроном 14, в якому закріплений віброзонд 15. Пружини 12, встановлені на шпильки 24, та призначені для повернення поршня 2 у вихідне положення. У сідлі виточки корпусу гідромолота встановлена

кулька 4, яка підтискається золотником 5, створюючи невелику площу контакту між його каналом В і порожниною Г. Поршень 6 підтискається до золотника 5 пружиною 8, яка може регулюватися за допомогою регулювального гвинта 9. Канал 7 з'єднує порожнину Д зливною гідролінією 25, через яку робочої рідини потрапляє в бак 1. Дросель 10 з'єднаний з гідролінією 23 і застосовується для полегшеного запуску гідромолота. Дроселі 11 і 22, а також гідролінії 21 та 23, призначені для зливу робочої рідини яка може скупчуватися в порожнині встановлення пружин 9 та 16 відповідно.

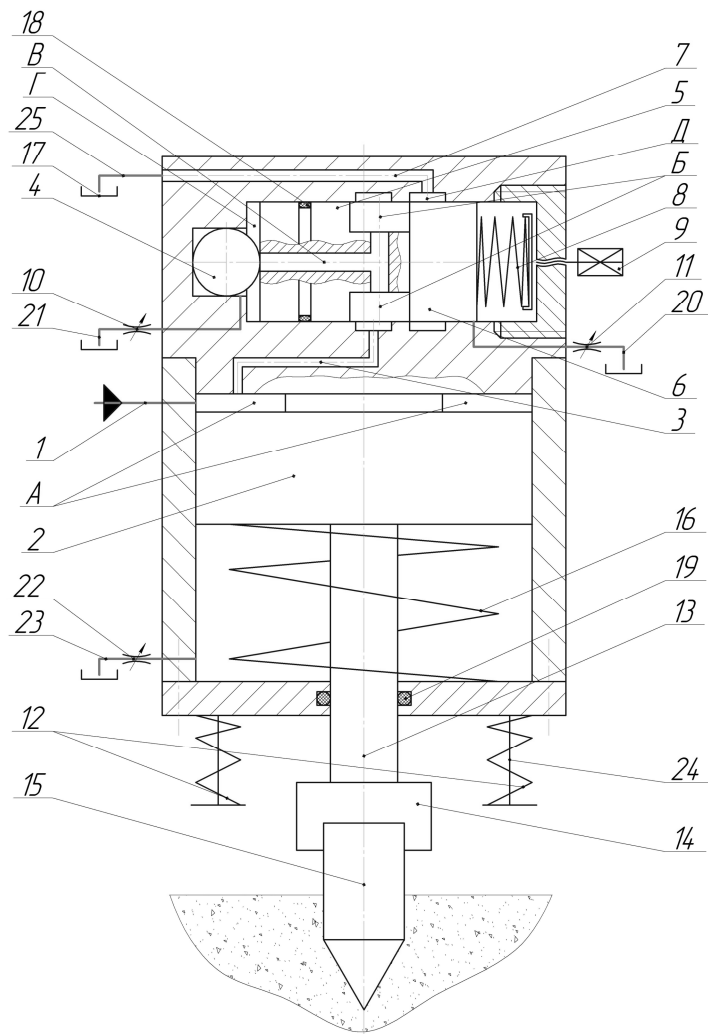
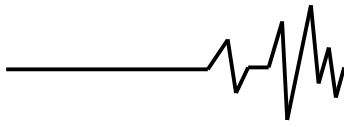


Рис. 3. Схема навісного гідромолота

Принцип роботи гідромолота полягає в тому, що гідравлічна рідина через гідролінію 1 поступає в порожнину А, та спричиняє збільшення тиску в ній, що в свою чергу сприяє переміщенню поршня 2. З порожнини А через канал 3 робоча рідина поступає до порожнини Б. Так як площа контакту між кулькою 4 та золотником 5 менша ніж площа контакту між

порожниною Б та поршнем 6, то робоча рідина по каналу В золотника 5 переходить в порожнину Г. Накопичуваний в цій порожнині тиск діє на площу золотника 5, і в результаті цього поршень 6 переміщується з'єднуючи порожнину А з порожниною Д. Після з'єднання цих порожнин робоча рідина через канал 7 та гідролінію 25 потрапляє у бак 17, а тиск в



порожнині Г падає, і поршень 6 під дією пружини 8 повертається у вихідне положення.

Регулювальний гвинт 9 призначений для налагодження пружини 8, відповідно змінюючи частоту вібрацій. Дросель 10 через гідролінію 21 з'єднаний з баком та призначений для полегшеного запуску роботи пульсатора. Дроселі 11 і 22, а також гідролінії 20 та 23, призначені для зливу робочої рідини яка може скупчуватися в порожнині встановлення пружин 9 та 16 відповідно.

Зниження тиску в пульсаторі сприяє зниженню тиску в порожнині А, тому поршень 2 під дією пружин 12, які закріплені на шпильках 24, повертається у вихідне положення. Створювані поршнем 3 ударно-вібраційні імпульси передаються штоком 13 на ударний патрон 14, в якому безпосередньо закріплений віброзонд 15.

Для зменшення витоків через зазори робочих органів у гідромолоті використані ущільнюючі кільця 18 та 19.

Висновки. Розробка принципово нового навесного гідромолоту для УВЗ ґрунтів при використанні гідравлічного приводу з вбудованим клапаном-пульсатором дозволило підвищити продуктивність та швидкість процесу зондування а також можливість його мобільного використання на агрегатах з гідравлічною системою, без прив'язки до конкретного агрегату. Також даний пристрій зможе використовуватися в будівництві при занурення палів, обсадних труб, очищення зондів і колонкових труб, занурення і витягнення обсадних труб, тощо. Приведені формули дозволяють попередньо розрахувати основні технічні параметри гідромолоту для оцінки режимів його роботи.

Список використаних джерел

1. Лекция: Работы в составе инженерно-геотехнических изысканий [Электронный ресурс] / Государственная академия строительства и жилищно-коммунального комплекса. – 2013. – Режим доступа: <http://sdo.akdgs.ru/>. – Назва з екрану.

2. Ребрик Б.М. – Ударно-вибрационное зондирование грунтов / Ребрик Б.М., Вишневикий В.Ф. // М.: "Стройиздат". – 1979. – 88 с.

3. Искович-Лотоцкий Р.Д. – Машины вибрационного и вибоударного действия / Искович-Лотоцкий Р.Д., Матвеев И.Б., Крат В.А. // Київ, "Техніка". – 1982. – 207 с.

4. Бауман В.А. – Вибрационные машины и процессы в строительстве: Учебное пособие для студентов строительных и автомобильно-дорожных вузов / Бауман В.А., Быховский И.И. // М., "Высш. школа". – 1977. – 255 с.

5. Иванов М.Е. – Гидропривод сваепогружающих и грунтоуплотняющих машин / Иванов М.Е., Матвеев И.Б., Искович-Лотоцкий Р.Д., Пишенин В.А., Коц И.В. // М., "Машиностроение". – 1977. – 174 с.

Список джерел в транслітерації

1. Lektsiya: Raboty v sostave inzhenerno-geotekhnicheskikh izyiskaniy [Elektronniy resurs] / Gosudarstvennaya akademiya stroitelstva i zhilishchno-kommunalnogo kompleksa. – 2013. – Rezhim dostupu: <http://sdo.akdgs.ru/>. – Nazva z ekranu.

2. Rebrik B.M. – Udarno-vibratsionnoe zondirovanie gruntov / Rebrik B.M., Vishnevskiy V.F. // М.: "Stroyizdat". – 1979. – 88 s.

3. Iskovich-Lototskiy R.D. – Mashinyi vibratsionnogo i viboudarnogo deystviya / Iskovich-Lototskiy R.D., Matveev I.B., Krat V.A. // KiYiv, "Tehnika". – 1982. – 207 s.

4. Bauman V.A. – Vibratsionnyie mashinyi i protsessyi v stroitelstve: Uchebnoe posobie dlya studentov stroitelnyih i avtomobilno-dorozhnyih vuzov / Bauman V.A., Byihovskiy I.I. // М., "Vyissh. shkola". – 1977. – 255 s.

5. Ivanov M.E. – Gidroprivod swaepogruzhayuschih i gruntuoplotnyayuschih mashin / Ivanov M.E., Matveev I.B., Iskovich-Lototskiy R.D., Pishenin V.A., Kots I.V. // М., "Mashinostroenie". – 1977. – 174 s.

НАВЕСНОЙ ГИДРОМОЛОТ ДЛЯ УДАРНО-ВИБРАЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ГРУНТОВ

Аннотація. *Повышена производительность процесса ударно-вибрационного зондирования грунтов за счет разработки нового навесного гидромолота. Приведенные формулы которые позволяют предварительно рассчитать основе параметры гидромолота. Приведенная простейшая модель процесса ударно-вибрационного зондирования грунтов.*

Ключевые слова: *гидромолот, ударно-вибрационное зондирование, вибрации, зондирование грунтов, гидравлика.*

HINGED HYDRAULIC HAMMER FOR SHOCK-VIBRATION SOIL SENSING

Annotation. *Increased productivity of the process of shock-vibration sensing of soil due to the development of a new coupler hammer. Presented some formulas that allow pre-calculated based on the parameters hammer. The following is the simplest model of shock-vibration sensing of soil.*

Key words: *hydraulic hammer, shock-vibration sensing, vibration, sensing of soil, drilling, hydraulics.*