**I. ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ТА МАШИН**

Кірієнко О. А.

Національний технічний
університет України
"Київський
політехнічний
інститут"

Kirienko O. A.

The National Technical
University of Ukraine
"Kyiv Polytechnic
Institute"

УДК 624.132.334

**ЗАСТОСУВАННЯ ХВИЛЕВОДУ
ДЛЯ ПРОКЛАДАННЯ ТРУБ
НЕВЕЛИКОЇ ДОВЖИНИ
МЕТОДОМ ВІБРОПРОКОЛУ В
ЗВУКОРЕЗОНАНСНИХ РЕЖИМАХ**

У даній статті розглядаються можливості застосування хвилеводу спеціальної конструкції для розширення діапазону довжин труб, що прокладаються вібраційними методами у високочастотних звукорезонансних режимах, зокрема, коротких труб до 30 м. Дана стаття продовжує цикл статей, присвячених дослідженню звукорезонансних режимів роботи установок для прокладання труб вібраційними методами з метою підвищення їх продуктивності за рахунок збільшення швидкості проходки, проникаючої здатності, можливості долати великі лобові опори ґрунту при прийнятній енергоємності процесу. Дослідження виконані на основі хвильової теорії розповсюдження напружень у трубі, що заглиблюється, та ґрунті. Отримані результати можуть бути використані для реалізації високоефективних звукорезонансних режимів в установках для вібропроколу з існуючими низькочастотними вібраторами при прокладанні коротких труб.

Ключові слова: безтраншейна прокладка трубопроводів, прокладання труб вібраційними методами, вібропрокол, звукорезонансні режими, хвилевід.

Вступ. При будівництві трубопроводів різного призначення найбільш трудомісткою операцією є спорудження переходів через залізничні насипи, автомобільні шляхи, проїжджі частини міських вулиць та інші природні та штучні перешкоди. Найбільш раціональним, а іноді, єдино можливим способом спорудження переходів на таких ділянках є безтраншейна прокладка трубопроводів, що дозволяє зберегти нормальну роботу транспорту та полотна дороги.

На сьогоднішній день у передовій закордонній практиці 95% обсягу робіт із прокладання та реконструкції підземних трубопроводів здійснюється безтраншейними методами; у деяких великих закордонних містах прокладання інженерних комунікацій відкритим способом взагалі заборонено [1].

У роботах [2,3] розглядалися питання безтраншейного прокладання трубопроводів діаметром до 600 мм довжиною 40...300 м способом вібропроколу в звукорезонансних режимах. Було показано переваги

використання чвертьхвильового та кратних йому резонансних режимів, які забезпечують високу та стабільну швидкість проходки при прийнятній енергоємності процесу в ґрунтах слабкої та середньої густини, а також успішне подолання великих лобових опорів у щільних ґрунтах (зокрема з твердими вкрапленнями).

Мета даної роботи – показати можливості значного розширення діапазону довжин труб, що прокладаються в чвертьхвильовому звукорезонансному режимі методом вібропроколу, використовуючи хвилевід спеціальної конструкції, за допомогою існуючих низькочастотних вібраторів. Це надасть можливість прокладати в такому режимі й короткі труби, довжиною менш 30 м.

Основна частина. Схема установки для вібропроколу, математична модель та система рівнянь, що описують процес вібропроколу в звукорезонансних режимах, наведені в роботі [2]. Теоретичним підґрунтям цих режимів є використання поздовжнього пружного



резонансу стовбура елемента, що заглиблюється [4]. Параметри ґрунту приймалися усередненими за [5, 6]. Вибір частот чвертьхвильового режиму (з урахуванням маси непідресореної частини

вібратора) розраховувався для моменту «стопоріння» труби о тверді вкраплення в ґрунті (виникнення в трубі поздовжньої «стоячої» хвилі, коли на забійному кінці труби є «пучність» сили) та описаний в роботі [2].

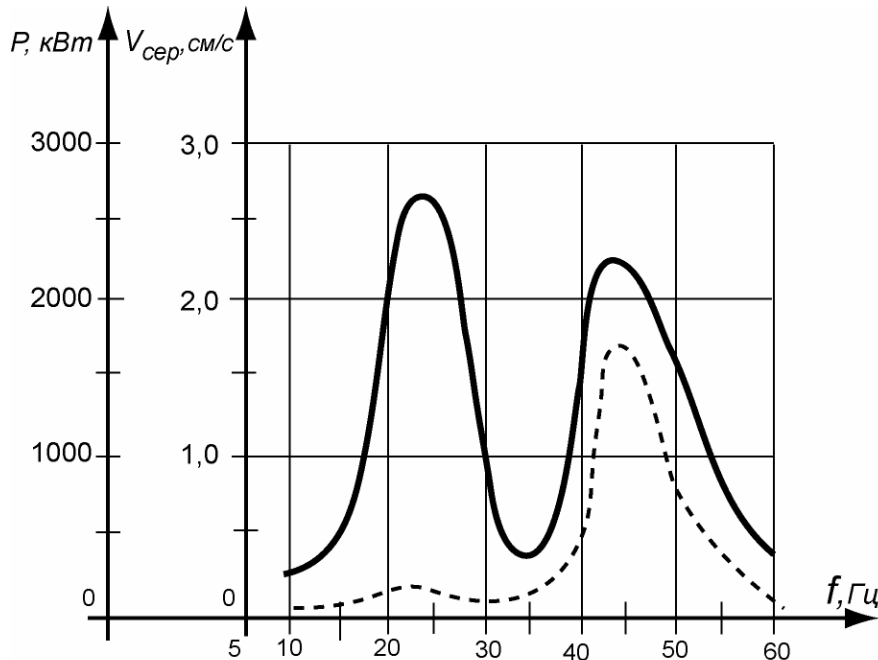


Рис. 1. Залежності швидкості (—) та спожитої потужності (- - - - -) від частоти вібрації для труби довжиною 40 м

На рис. 1 наведені залежності швидкості та спожитої потужності при прокладанні труби діаметром 325 мм довжиною 40 м. Як бачимо, частота чвертьхвильового резонансного режиму становить 21...23 Гц, але при прокладанні труби такого ж діаметру довжиною 20 м частота чвертьхвильового режиму становитиме 42...46 Гц, а довжиною 10 м – 84...92 Гц. Реалізувати високоефективний чвертьхвильовий режим за допомогою існуючих низькочастотних вібраторів (частота до 25 Гц) у останніх двох випадках не вдається. Окрім того, із збільшенням частоти вібрації в звукорезонансних режимах зростає потужність установки, що споживається, що енергетично не вигідно.

Для реалізації чвертьхвильового резонансного режиму при прокладанні труб довжиною менш ніж 30 м за допомогою існуючих низькочастотних вібраторів може бути використаний хвилевід спеціальної конструкції [7].

Розглянемо принцип, що покладено в основу такого хвилеводу, та можливості його застосування.

Відомі закордонні патенти на пристрої, які призначені для передачі енергії звукових

коливань резонансної частоти від віброзбудника до робочого органу, що являють собою пружні резонансні системи з розподіленими параметрами, наприклад, пучки стрижнів, труби, бруски тощо [8, 9]. Недоліками таких пристроїв є значна довжина передавальних елементів при використанні низькочастотних вібраторів або при порівняльно коротких елементах необхідність у високочастотних вібраторах, що потребує створення спеціальних конструкцій останніх.

З метою скорочення довжини елемента, що передає енергію звукових коливань при використанні низькочастотних вібраторів, він може бути виконаний у вигляді концентрично розташованих трубчастих секцій, торці кожної з яких послідовно та жорстко з'єднані з торцями суміжної.

Сутність такого передавального елемента (хвилеводу) пояснюється рис.2, на якому наведено поздовжній розріз елемента 2, що передає енергію звукових коливань, з'єднаного з віброзбудником 3 і трубою 1, що прокладається.

Передавальний елемент 2 являє собою сталевий хвилевід, складений із зварених між собою концентрично розташованих трубчастих



секцій, при цьому загальна довжина пробігу для звукової хвилі дорівнює довжині всіх трубчастих секцій. Число трубчастих секцій має бути непарним для того, щоб віброзбудник і труба знаходились би на різних кінцях хвилеводу.

Для зберігання сталого значення хвильового опору хвилеводу [4], трубчасті секції якого мають різні діаметри, товщини стінок їх виконані зворотно пропорційними діаметрам таким чином, щоб забезпечувалась рівність площ усіх трубчастих секцій.

Хвилевід, що пропонується, може бути використаний при прокладанні в ґрунті відносно

коротких труб (10...20 м) у чвертьхвильовому режимі за допомогою існуючих вібраторів (з частотою до 25 Гц). Труби такої довжини зустрічаються при будівництві переходів через залізничні колії, автомобільні шляхи, проїжджі частини міських вулиць тощо. При цьому шлях, який проходить звукова хвиля, дорівнює сумі довжин усіх трубчастих секцій плюс довжина труби, що прокладається, і чвертьхвильова резонансна частота визначається у відповідності до загальної довжини цього шляху.

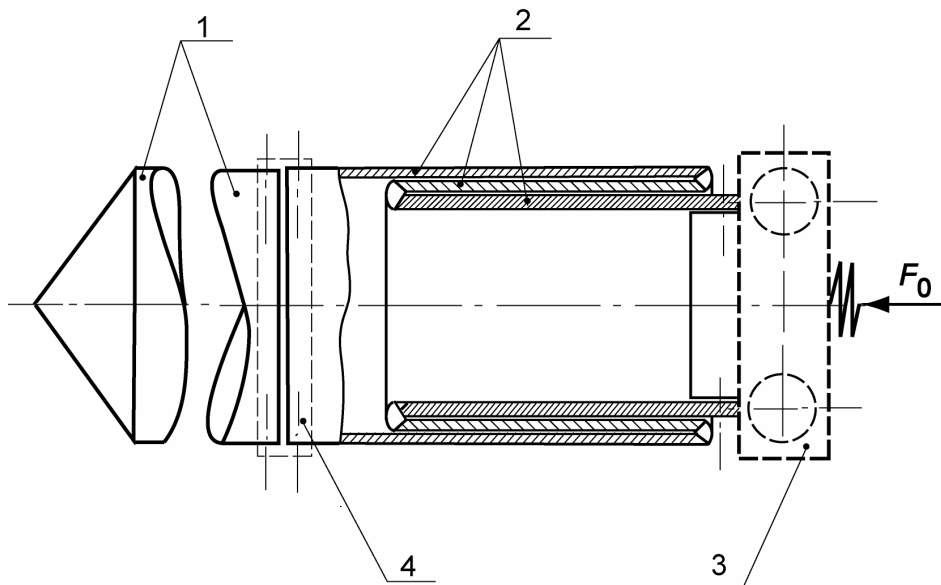


Рис. 2. Схема застосування хвилеводу для прокладання коротких труб у звукорезонансних режимах: 1 – труба, що прокладається, з конусним наконечником; 2 – хвилевід; 3 – віброзбудник; 4 – жорстка муфта; F_0 – амплітуда збуджувальної сили

Хвилевід 2, розрахований на певну частину шляху для пружної хвилі (другу частину шляху хвилі складає довжина труби 1, що прокладається) одним торцем з'єднується з вібратором 3 (віброзбудником), а іншим із трубою (див. рис. 2).

Вказаний хвилевід може бути привареним до труби, що прокладається (так, як звичайний наконечник), а згодом, після закінчення процесу проходки, відрізатися для повторного використання, або кріпитися до труби, що прокладається, на зразок «жорсткої муфти».

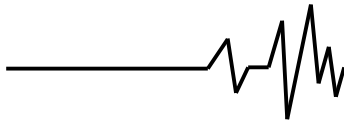
Таким чином, процес вібропроколу здійснюється в чвертьхвильовому режимі, частота якого значно менша, ніж за відсутності вказаного хвилеводу, що і дозволяє використовувати існуючі в наш час низькочастотні вібратори.

Висновки. Застосування хвилеводу дозволить значно розширити діапазон довжин труб, що прокладаються в чвертьхвильовому резонансному режимі за допомогою існуючих низькочастотних вібраторів (з частотою до 25 Гц).

Список використаних джерел

1. Бестраншейная прокладка: Преимущества перед “открытым” методом. Метод прокола. Новости рынка специальной техники и промышленного оборудования. Выпуск №118. Статья №1. <http://www.mrmz.ru/article/v118/print/1.htm>. 2009.

2. Кірієнко О.А. Застосування звукорезонансних режимів роботи при безтраншейному прокладанні труб методом вібропроколу. – ВНТЖ «Вібрації в техніці та технологіях». 2011, №2(62). с. 72-77.



3. Кірієнко О.А. Застосування непарно кратних чвертьхвильовому звукорезонансних режимів при безтраншейному прокладанні довгомірних труб способом вібропроколу. – ВНТЖ «Вібрації в техніці та технологіях». 2016, №1(81). с. 30-35.

4. Дейвис Р.М. Волны напряжений в твердых телах. М., ИЛ, 1961. – 103 с.

5. Кершенбаум Н.Я., Минаев В.И. Виброметод в проходке горизонтальных скважин. М., «Недра». 1968. – 152 с.

6. Исследования вибрационного и виброударного погружения свай. Тр. ВНИИТС, вып. 71. М., «Транспорт». 1968.

7. Иносов В.Л., Кириенко Е.А. Вибрационное долото. Авт. свид. СССР, № 608565. – Бюллетень изобретений. 1978, № 20.

8. Bodine A.G. Sonic dredging process and apparatus. US patent. № 3.307.278. March. 1967.

9. Bodine A.G. Sonic drilling device. US patent. № 3.684.037. August. 1972.

Список джерел в транслітерації

1. Bestransheynaya prokladka: Preimuschestva pered "otkryiyim" metodom. Metod prokola. Novosti ryinka spetsialnoy tehniky i promyshlennogo oborudovaniya. Vyipusk №118. Statya №1. <http://www.mrmz.ru/article/v118/print/1.htm>. 2009.

2. Kiriienko O.A. Zastosuvannia zvukorezonansnykh rezhymiv roboty pry beztransheinomu prokladanni trub metodom vibroprokolu. – VNTZh «Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh». 2011, №2(62). s. 72-77.

3. Kiriienko O.A. Zastosuvannia neparno kratnykh chvertkhvylovomu zvukorezonansnykh rezhymiv pry beztransheinomu prokladanni dovhomirnykh trub sposobom vibroprokolu. – VNTZh «Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh». 2016, №1(81). s. 30-35.

4. Deivys R.M. Volnyi napriazhenyi v tverdyykh telakh. M., YL, 1961. – 103 s.

5. Kershenbaum N.YA., Minayev V.I. Vibrometod v prokhodke gorizontalnykh skvazhin. M., «Nedra». 1968. – 152 s.

6. Issledovaniya vibratsionnogo i vibroudarnogo pogruzheniya svay. Tr. VNIITS, vyp.71. M., «Transport». 1968.

7. Ynosov V.L., Kyryenko E.A. Vybratsyonnoe doloto. Avt. svyd. SSSR, № 608565. – Буллетен изобретений. 1978, № 20.

8. Bodine A.G. Sonic dredging process and apparatus. US patent. № 3.307.278. March. 1967.

9. Bodine A.G. Sonic drilling device. US patent. № 3.684.037. August. 1972.

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛНОВОДА ДЛЯ ПРОКЛАДКИ ТРУБ НЕБОЛЬШОЙ ДЛИНЫ МЕТОДОМ ВИБРОПРОКОЛА В ЗВУКОРЕЗОНАНСНЫХ РЕЖИМАХ

Аннотация. В данной статье рассматриваются возможности применения волновода специальной конструкции для расширения диапазона длин труб, которые могут прокладываться вибрационными методами в высокочастотных резонансных режимах, в частности, коротких труб до 30 м. Данная статья продолжает цикл статей, посвященных исследованию звукорезонансных режимов работы установок для прокладки труб вибрационными методами, с целью повышения их производительности за счет увеличения скорости проходки, проникающей способности, возможности преодолевать большие лобовые сопротивления грунта, при приемлемой энергоемкости процесса. Исследования выполнены на основе волновой теории распределения напряжений в погружаемой трубе. Полученные результаты могут быть использованы для реализации высокоэффективных звукорезонансных режимов в установках для вибропрокола с существующими низкочастотными вибраторами при прокладке коротких труб.

Ключевые слова: бестраншейная прокладка трубопроводов, прокладка труб вибрационными методами, вибропрокол, звукорезонансные режимы, волновод.

APPLICATION OF WAVEGUIDE FOR SHORT PIPES BY THE METHOD OF VIBRATION PUNCTURE IN SOUND-RESONANCE MODES

Annotation. In this article, capabilities of special design waveguide application for pipes length range widening that are being laid by vibration methods in high-frequency resonance modes, especially for short pipes up to 30 m.

This article continues the series of works, which are devoted to studies of sound-resonance methods of pipe laying, with purpose of increasing the productivity through higher speed of driving, penetration capacity, possibility to overcome the great frontal resistance of soil at acceptable energy consumption.

The studies have been fulfilled on the base of wave theory of stress propagation in going downward pipe and in soil. Obtained results can be used for high-performance sound-resonance modes implementation in vibration puncture equipment, with existing low-frequency oscillators for short pipes laying.

Key words: trenchless laying of pipelines, tubing vibration methods, vibration puncture, sonic resonance modes, waveguide.