УДК 537.311.33

**О.Б.Тисленко, аспірант**

***Національний університет біоресурсів і природокористування України***

# МЕТОД АНАЛІЗУ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОЇ ЕВОЛЮЦІЇ ХВИЛЕУТВОРЕНЬ У НЕСТАЦІОНАРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

*Запропонований метод аналізу просторово-часової еволюції хвилеутворень у нестаціонарних середовищах, який враховує різноманітні зміни фізичних та хімічних властивостей речовин останніх – температури, зовнішнього поля, складу й структури речовини, котрі зазвичай супроводжуються зміною швидкості звуку у часі.*

***Ключові слова:*** *нестаціонарні середовища, хвилеутворення, просторово-часова еволюція, зернова суміш, силос/бункер.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями.** При тривалому зберіганні зерна у силосах та бункерах з ним відбуваються різноманітні зміни фізичних та хімічних властивостей, а саме: температури, зовнішнього поля (наприклад, гравітаційного – виникають порожнини у масі матеріалу), складу й структури і т.ін., котрі неминуче супроводжуються зміною швидкості звуку у часі. Відносні зміни швидкості звуку $c(t)$, де $t$ - час, малі у порівнянні з частотою $w$ хвилі, яка розповсюджується у зерновому матеріалі:

$$\frac{c}{c} << w, (\ ) \equiv \frac{d}{dt}(\ ). \tag{1}$$

Необхідно дослідити зміну швидкості звуку, яка одного порядку зі змінами, викликаними як нелінійністю, так і дисипацією середовища, оскільки за малості однієї зі вказаних змін задача зводиться до відомих задач лінійної та нелінійної акустики.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій і виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Хвилі скінченної амплітуди у дисипативних середовищах досліджувались методом Р.В.Хохлова у роботах [1,2], проте у нестаціонарних середовищах, до яких належить зернова суміш, котра тривалий час зберігається у силосах, бункерах, подібні задачі не розглядались.

**Постановка завдання.** Метою даної роботи є встановлення основних закономірностей просторово-часової еволюції хвилеутворень у нестаціонарних середовищах (зокрема, у зернових сумішах, котрі тривалий час зберігаються у силосах/бункерах) методом, запропонованим автором даної роботи.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Розглянемо відому систему хвильових рівнянь нелінійної акустики із врахуванням дисипації, де швидкість звуку $c(t)$ задовольняє (1), а щільність середовища $\rho$ (зернової суміші) у рівноважному стані $\rho_0 = const$. Таке припущення у одновимірному випадку дозволяє знехтувати впливом відбитої хвилі й розглянути розповсюдження хвилі тільки у одному напрямку. Система хвильових рівнянь для нелінійного дисипативного середовища може біти подана у наступному виді:

$$\begin{cases} \rho_t + \rho_0 \cdot u_x = -(\rho u)_x, \\ \rho_0 \cdot u_t + c^2 \cdot \rho_x = -\rho_t \cdot u_t - \rho_0 \cdot u \cdot u_x - \dfrac{(\gamma - 1)}{\rho_0} \cdot c^2 \cdot \rho \cdot \rho_x + b \cdot u_{xx}, \end{cases} \tag{2}$$

де $u$ - переміщення ($u = u(x,t)$), $b$ - коефіцієнт дисипації; всі величини у правій частині (2) більш високого порядку малості, ніж у лівій; $\gamma$ - коефіцієнт нелінійності; $\rho_x \equiv \frac{d}{dx}(\rho)$, $u_x \equiv \frac{d}{dx}(u)$, $u_t \equiv \frac{d}{dt}(u)$.

Розглянемо фазу хвилеутворення, яке розповсюджується:

$$\Theta = \frac{w}{c(0)} \cdot \left( x - \int_0^t c(t') \cdot dt' \right). \tag{3}$$

Нехай усі змінні залежать як від «швидкої», так і від «повільної» просторової й часової координат:

$$(u, \rho) = F(\mu t, \mu x, \Theta), c = c(\mu t), \tag{4}$$

де $\mu$ - малий параметр, тобто:

$$\mu = \max\left( \frac{\rho}{\rho_0}; \frac{\dot{c}}{wc} \right). \tag{5}$$

За таких припущень, підставляючи $\rho = \frac{\rho_0}{c(t)} \cdot u + A(t) \cdot u^2 + B(t) \cdot u_t + \overset{\Delta}{G} \cdot u$ у (2), усереднюючи та нехтуючи членами третього порядку малості, отримаємо аналогічне [1, 2]:

$$\begin{cases} u_t + c \cdot u_x + \left[ 1 - \frac{A \cdot c^2}{\rho_0} \right] \cdot \left( u^2 \right)_x + \frac{B \cdot c^3}{\rho} \cdot u_{xx} - \frac{c^2}{\rho_0} \cdot \left( \overset{\Delta}{G} \cdot u \right)_x - \frac{\dot{c}}{c} \cdot u = 0, \\ u_t + c u_x + \left[ \frac{A \cdot c^2}{\rho_0} + \frac{\gamma - 1}{2} \right] \cdot (u^2)_x + \left[ -\frac{B \cdot c^3}{\rho_0} - \frac{b}{\rho_0} \right] \cdot u_{xx} + \frac{c}{\rho_0} \cdot \left( \overset{\Delta}{G} \cdot u \right)_x = 0. \end{cases} \tag{6}$$

Оскільки ці рівняння описують один і той самий процес, можна прирівняти коефіцієнти й вивести єдине рівняння, виключаючи невідомі величини A,B й оператор $\overset{\Delta}{G}$ :

$$u_t + c u_x + \frac{1 + \gamma}{4} \cdot (u^2)_x + \frac{b}{2\rho_0} \cdot u_{xx} + \frac{c}{2c} \cdot u = 0. \tag{7}$$

У загальному випадку (7) не інтегрується, але має цікаву властивість при $\frac{\dot{c}}{c} = const$, адже воно допускає розв'язок у вигляді $u = u(\Theta)$. З (7) матимемо:

$$u_{\Theta\Theta} = \frac{\dot{c}}{c} \cdot \frac{c_0^2 \cdot \rho_0}{w^2 \cdot b} \cdot u + \frac{(\gamma + 1)}{2} \cdot \frac{c_0 \cdot \rho_0}{w \cdot b} \cdot \left( u^2 \right)_\Theta, (\ )_\Theta \equiv \frac{d}{dt}(\ ). \tag{8}$$

Приведемо (7) до безрозмірного вигляду, вважаючи, що $u = u(0) \cdot V(\Theta)$, позначаючи $\frac{\dot{c}}{c} = \varepsilon$ і враховуючи відомі вирази гідродинаміки:

$$\frac{u_0 \cdot c_0 \cdot \rho_0}{b \cdot w} = R_e, \frac{u_0}{c_0} = M, V_{\Theta\Theta} = \alpha \cdot V + \beta \cdot (V^2)_\Theta, \tag{9}$$

де $\alpha = \frac{\varepsilon \cdot R_e}{w \cdot M}, \beta = \frac{(\gamma + 1)}{2} \cdot R_e, V$ - безрозмірні величини, $R_e$ - число Рейнольдса, $M$ – число Маха. Змінюємо масштаб співвідношень (амплітуди й частоти), вважаючи, що $V(\Theta) = A \cdot y(\tau)$, $\tau = \nu \cdot \Theta$, $A$, $\nu$ - невідомі константи, які слід вибрати для приведення (9) до універсальної форми. Підставляючи у (9), знаходимо:

$$y_{\tau\tau} = \left( \frac{\alpha}{\nu^2} + 2\beta \cdot \frac{A}{\nu} \cdot y_\tau \right) \cdot y, y_\tau \equiv \frac{dy}{d\tau}, \tag{10}$$

тобто універсальна форма залежить від $\alpha$ чи від знаку зміни швидкості звуку. При зменшенні швидкості звуку з плином часу, тобто при $\alpha < 0$, маємо з (8), (9) універсальне рівняння виду:

$$y_{\tau\tau} = (-1 + y_\tau) \cdot y, \tag{11}$$

де $\nu = \pm\sqrt{-\alpha}, A = \pm \frac{\sqrt{-\alpha}}{\beta}$. Після інтегрування (11) знаходимо:

$$y_\tau + \ln|y_\tau - 1| = \frac{1}{2} \cdot \left[ y^2 - y^2(0) \right]. \tag{12}$$

У залежності від знаку $(y_\tau - 1)$ (12) має різні інтеграли. При $y_\tau > 1$ інтеграл не має явного виду у відомих функціях і дає необмежений і неперіодичний розв'язок. При $y_\tau < 1$ маємо періодичний, обмежений розв'язок. Для першого наближення маємо гармонічні коливання, для другого – поліном 3-го степеня, аналіз котрого подібний до аналізу [1] при розв'язуванні рівняння Кортевега-де-Вріза. Для більш високих наближень розв'язок буде у вигляді еліптичних функцій зі зростаючим поліномом n-го порядку. При $\alpha > 1$ немає обмежених і періодичних розв'язків.

Проведемо аналіз (10) за різних на фазовій площині (рисунок 1). При $\alpha > 1$ для рівняння $y_{\tau\tau} = (1 + y_\tau) \cdot y$ будуємо ізокліни навколо особливої точки $y_\tau = 0, y = 0$ й бачимо, що наш випадок є нестійкою «сідловою» точкою, тобто при збільшенні швидкості не матимемо періодичних розв'язків, обмежених по амплітуді (Рисунок1,а). При $\alpha < 1$ для (10) будуємо аналогічно навколо особливої точки $y_\tau = 0, y = 0$ ізокліни, з котрих випливає, що цей випадок має обмежені, періодичні розв'язки при $y_\tau < 1$ (рисунок 1,б).

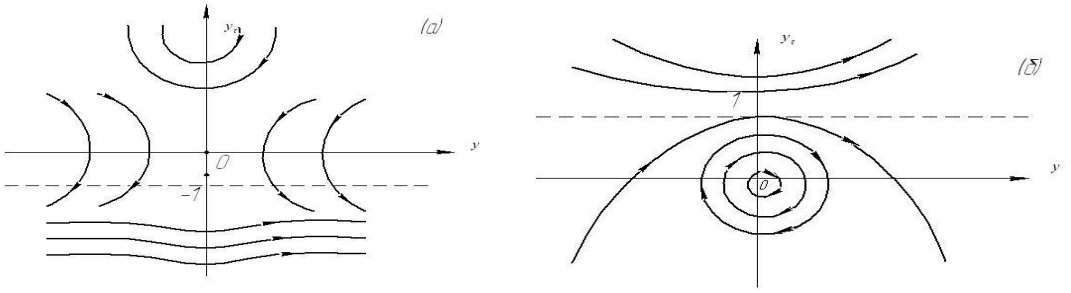


*Рисунок 1 – Фазові портрети розв'язків рівняння (10):*
*а) при $\alpha > 1$; б) при $\alpha < 1$.*

**Висновки**

1. Запропонована фізико-математична модель та метод дослідження просторово-часової еволюції хвилеутворень у середовищах, які відносяться до класу нестаціонарних і моделюють фізичний стан зернової суміші, яка тривалий час зберігається у силосах/бункерах.

2. Динамічний аналіз переміщень у вказаних середовищах (в межах запропонованої моделі) дозволяє встановити межі та умови існування періодичних фінітних та неперіодичних (необмежених) розв'язків єдиного стандартного диференціального рівняння. Для вказаних розв'язків побудовані відповідні фазові портрети.

3. Отримані у роботі результати можуть бути у подальшому використані для уточнення й вдосконалення методів динамічного аналізу середовищ, які є нестаціонарними за своїми властивостями і підтримують розповсюдження різноманітних стійких (періодичних/неперіодичних) хвилеутворень при їх збудженні.

*Література*


*1. Руденко О.Р. Теоретические основы нелинейной акустики./ О.Р.Руденко. – М.: Наука, 1975. – 320с.*

*2. Солуян С.Н. Волны конечной амплитуды в диссипативных средах./ С.Н.Солуян, Р.В.Хохлов// Вестник МГУ. Серия: Физика. Астрономия. – 1961. – Т.3. – С.52.*



*Надійшла до редакції 27.10.2011*


*© А.Б. Тисленко*



**А.Б. Тисленко, аспирант**

***Национальный университет биоресурсов и природоиспользования Украины***


## МЕТОД АНАЛИЗА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ ВОЛНООБРАЗОВАНИЙ В НЕСТАЦИОНАРНЫХ СРЕДАХ


*Предложен метод анализа пространственно-временной эволюции волнообразовании в нестационарных средах, который учитывает различные изменения физических и химических свойств последних – температуры, внешнего поля, состава и структуры вещества, что обычно сопровождаются изменением скорости звука во времени.*



***Ключевые слова:*** *нестационарные среды, волнообразования, пространственно-временная эволюция, зерновая смесь, силос/бункер.*



**A.Tyslenko, aspirant**

***National university of bioresourse and***


## METHOD OF ANALYSIS OF SPACE-TIME EVOLUTION WAVE GENERATION IN A NONSTATIONARY MEDIUM


*The proposed method of analysis of space-time evolution of wave structures in nonstationary environments, which takes into account the various changes in physical and chemical properties of substances last - temperature, external field, composition and structure of substanceswhich is usually accompanied by a change in the speed of sound in time.*



***Key words:*** *non-stationary environments, wave formation, spatio-temporal evolution, grain mixture, silo / hopper*

УДК 624.155.2

**В.О. Пенчук, д.т.н., проф.**

***Донбасская национальная академия строительства и архитектуры***

# СОВРЕМЕННЫЕ ВИНТОВЫЕ СВАИ – ЭФФЕКТИВНЫЕ ГРУНТОВЫЕ ОПОРЫ

*Рассмотрены вопросы связанные с применением винтовых свай в строительстве. Даны их достоинства и недостатки, предложены услуги по оказанию технологической помощи во внедрении винтовых свай в производство.*

***Ключевые слова:*** *свая, винт, винтовая свая, информация, рекомендации.*

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими заданиями.** Украина имеет развитую речную системы: рек длинной более 100 км около 123, а длиной более 500 км – 14.

Все реки Украины относятся к одному климатическому типу, которому характерно снеговое таяние и мощные весенние и осенние разливы. В этих условиях весьма эффективны для промышленных и гражданских зданий и сооружений фундаменты на сваях, которые способны пропускать воду в весенние периоды.

**Обзор последних источников исследований и публикаций и выделение нерешенных раньше частей общей проблемы.** История винтовой сваи и свайных оснований охватывает почти два столетия. В 1838 году в Англии были использованы сваи в качестве якорей причалов, затем начали использовать сваи для сооружения маяков, военных объектов на заболоченных и обводненных участках, в XX веке винтовые сваи и анкера стали широко использоваться для фундаментов газопроводов, линий передач, мостов.

Наконец, в XXI веке винтовые сваи нашли свое применение в гражданском строительстве.

За довольно длительную историю были проведены определенные исследования, обобщение которых дало в следующих основных работах [1; 2; 3; 4; 5].

Как видно из представленных работ последними являются работы Железкова В.Н. и Пенчука В.А. В последних работах [6; 9]довольно детально излагаются результаты как теоретических, так и экспериментальных исследований, рекомендации по технологиям изготовления и применения винтовых свай, якорей и анкеров. Однако малый тираж указанных работ сдерживает информирование строителей о таком эффективном фундамента как винтовые сваи.

**Постановление задания.** Таким образом, существует необходимость в рассмотрении вопросов, связанных с применением винтовых свай в строительстве и выделении их достоинств и недостатков.

**Изложение основного материала иследований.** В 2004 году председатель международного комитета по фундаментостроению привел современную статистику по использованию различных свай в Европе:

– буронабивные сваи – 52 %;

–забивные сваи – 42 %;

– винтовые сваи – 6 %.

Строительными организациями Украины использование винтовых свай практически нулевое. Причины тому разные, но главные из них следующие:

– недостаточная нормативная и информационная база у строителей;

– боязнь применения стальных конструкций из-за их быстрой коррозии и потери несущей способности;

– отсутствие достаточного количества средств механизации для получения винтовых свай;

– отсутствие в настоящее время качественной рекламы о достоинствах винтовых свай.

Преимущества винтовых свай перед другими типами фундаментов:

– простота конструкции сваи и фундаментов сооружаемых на них;

– по сравнению с традиционным свайным фундаментом обеспечивается экономия материалов: арматурной стали – 1,4 раза; цемента – 2,7 раза;

– срок службы металлических винтовых свай и микросвай с применением современной технологии глубокого цинкования может быть 50 и боле лет, т.е. соизмерим со сроком службы традиционных фундаментов;

– применение винтовых свай исключает вообще проведение земляных работ;

применение винтовых свай позволяет возводить здания и сооружения на обводненных участках, косогорах, вблизи других строителей и т.п.;

– обеспечивает хорошую вентиляцию подполья и возможен пропуск воды;

работы по сооружению фундаментов можно проводить в течении всего года, работы выполняются в течении нескольких дней;

– работы по сооружению фундаментов на винтовых сваях могут проводится вручную;

– винтовые сваи обладают достаточной несущей способностью как на сжимающие, так и на выдерживающие нагрузки;

– возможность вывинчивания для повторного использования.

Отмечая преимущества винтовых свай перед другими типами фундаментов, особенно следует подчеркнуть их слабые стороны:

– наличие первоначальных перемещений до сформирования уплотненного ядра на лопасти;

– плохая сопротивляемость горизонтальным нагрузкам;

– возможность пробуксивки и срыв процесса погружения свай;

– необходимы специальные технологии для погружения свай в мерзлые и прочные грунты;

– сложность погружения наклонных винтовых свай.

**Выводы**

1. Указанные недостатки не могут препятствовать широкому применению свай на Украине.

2. Информацию по изготовлению и применению современных винтовых свай можно получить в монографии автора [9] или на кафедре «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры.

*Література*

*1. Цюрюпа И.И., Чистяков И.М. Инженерные сооружения на винтовых сваях. – М.: Государственное транспортное железнодорожное издательство, 1958. – 78 с.*

*2. Руководство по проектированию и устройству мачт и линий связи на винтовых сваях. – М.: Стройиздат, 1965. – 12 с.*

*3. Богорад Л.Я. Винтовые сваи и анкера в электросетевом строительстве. М.: Стройиздат, 1967. – 36 с.*

*4. Бейлин И.Я. Винтовые якорные и анкерные опоры. – М.: Стройиздат, 1972. – 33 с.*