

ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ПОТЯГА І ВІДСТАНІ ДО НЬОГО ЗА ПОШИРЕННЯМ ЗВУКУ В СЕРЕДОВИЩІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано метод визначення швидкості та відстані до потяга за допомогою реєстрації та аналізу повздовжньої та поперечної звукових хвиль, які утворюються при ударах на стиках залізничного полотна.

Ключові слова: швидкість, повздовжня звукова хвиля, поперечна звукова хвиля, модуль зсуву, модуль Юнга.

Abstract

The method of determination of speed and distance to a train is proposed with the help of registration and analysis of longitudinal and transverse sound waves formed during impact on the joints of a railroad canvas.

Keywords: velocity, longitudinal sound wave, transverse sound wave, shear modulus, Jung module.

Вступ

Властивості повздовжніх та поперечних звукових хвиль, а саме їх неоднакова швидкість поширення в середовищі можуть та широко застосовуються при розв'язанні ряду прикладних та практичних задач.

Метою роботи є розроблення методу визначення швидкості потяга і відстані до нього за аналізом поширенням звуку в середовищі.

Результати дослідження

Окремі частинки будь-якого тіла - твердого, рідкого чи газоподібного - взаємодіють одна з одною. Тому, якщо якась частинка тіла починає здійснювати коливальний рух, то завдяки взаємодії між частинками цей рух починає з деякою швидкістю поширюватись у всі напрями.

Хвиля – це процес розповсюдження коливань у просторі з часом. У повітрі, твердих тілах та всередині рідин механічні хвилі виникають завдяки силам пружності. Ці сили є наслідком взаємодії між окремими частинами тіла. В залежності від співвідношення площини поширення хвилі і площини коливання частинок хвилі поділяються на поздовжні та поперечні. Поперечні хвилі – це хвилі, в яких напрям коливання частинок перпендикулярний до напрямку поширення самої хвилі. Поздовжні хвилі – це хвилі, в яких коливання частинок хвилі відбувається вздовж напрямку її поширення.

Поздовжні хвилі можуть поширюватись у середовищі, в якому виникають сили пружності при деформації стиску чи розтягу (гази, рідини, тверді тіла). Поперечні хвилі можуть поширюватись у середовищі, в якому виникають сили пружності при деформації зсуву (лише тверді тіла). Розрахунки показують, що в твердому середовищі модуль Юнга E перевищує величину модуля зсуву G , тому в твердих тілах фазова швидкість поздовжніх хвиль (1) більша ніж фазова швидкість поперечних (2).

$$v_{\parallel} = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (1)$$

$$v_{\perp} = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (2)$$

$$v_{\parallel} > v_{\perp} \quad (3)$$

Цей факт може бути використаний для розв'язання прикладної задачі, наприклад для визначення швидкості потяга і відстані до нього за поширенням звуку в середовищі.

Відстань до потяга можна виразити так:

$$S = V_{\parallel} \cdot t \quad (4)$$

$$S = V_{\perp} \cdot (t + \Delta t), \quad (5)$$

де t – час поширення повздовжньої хвилі, яка може, наприклад, утворитись при ударі коліс на стиках рейок, Δt - інтервал часу між реєстрацією повздовжньої та поперечної хвилі.

Прирівнявши (4) та (5) отримаємо:

$$V_{\parallel} \cdot t = V_{\perp} \cdot (t + \Delta t) \quad (6)$$

Знайдемо час поширення повздовжньої хвилі:

$$t = \frac{V_{\perp} \Delta t}{(V_{\parallel} - V_{\perp})} \quad (7)$$

Знайдемо відстань до потяга:

$$s = \frac{V_{\perp} V_{\parallel} \Delta t}{(V_{\parallel} - V_{\perp})} \quad (8)$$

Обчислимо за формулами (1) та (2) швидкість поздовжніх і поперечних хвиль в сталі для температури 20°C .

$$v_{\parallel} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{11} \text{Па}}{7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}} = 5063 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (9)$$

$$v_{\perp} = \sqrt{\frac{0,76 \cdot 10^{11} \text{Па}}{7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}} = 3124 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (10)$$

Знайдемо інтервал часу Δt часу між реєстрацією повздовжньої та поперечної хвилі для відстані 5 км від реєстратора до потяга:

$$\Delta t = \frac{(V_{\parallel} - V_{\perp})s}{V_{\perp} V_{\parallel}} = \frac{(5063 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 3124 \frac{\text{м}}{\text{с}}) \cdot 5000}{5063 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 3124 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 0,613 \text{с} \quad (11)$$

Після реєстрації та запису цих хвиль в цифровому варіанті, можна визначити час між приходом повздовжньої та поперечної хвилі та за формулою (8) обчислити відстань до потяга.

Для обчислення швидкості потяга складемо систему з таких рівнянь:

$$S = V_p \cdot t \quad (12)$$

$$S - L = V_p \cdot (t - \Delta t_p), \quad (13)$$

де L – довжина рейки, S – відстань до потяга, t – час руху поздовжньої звукової хвилі від потяга до спостерігача, Δt_p – інтервал часу між реєстрацією двох поздовжніх хвиль утворених при ударах потяга на сусідніх стиках.

Розв'язуємо систему рівнянь (12) та (13) та знаходимо швидкість потяга V_p :

$$V_p = \frac{L}{\Delta t_p} \quad (14)$$

Висновки

Даний метод дозволяє визначити швидкість потяга і відстань до нього за аналізом поширення пружних хвиль в середовищі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Авдєєв С. Г., Бабюк Т. І. Лекції з фізики, (коливання і хвилі, оптика). – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 138с.

Самойлов Владислав Вадимович — студент групи 1Б-18 б, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: shokovlad1@gmail.com

Камінський Олександр Станіславович — провідний інженер кафедри загальної фізики, Вінницький національний університет, м.Вінниця, kaminsky_1976@ukr.net

Недибалюк Анатолій Федорович — асистент кафедри загальної фізики, Вінницький національний університет, м.Вінниця.

Samoylov Vladislav Vadimovich - student group 1B-18 b, faculty of heat and power engineering and gas supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: shokovlad1@gmail.com

Kaminsky Oleksandr Stanislavovich - leading engineer of the Department of General Physics, Vinnytsia National University, Vinnytsia, kaminsky_1976@ukr.net

Nedibalyuk Anatoly Fedorovich - assistant of the Department of General Physics, Vinnytsia National University, Vinnytsia city.