

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ ПРИ ВИКОНАННІ ТРАНСПОРТНОЇ РОБОТИ ТРАКТОРОМ З ЦИСТЕРНОЮ

Кожушко А. П.

*кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобіле- та
тракторобудування Національного технічного університету «Харківський
політехнічний інститут»
м. Харків, Україна*

Колісний трактор широко використовується в аграрних угіддях за рахунок проведення не тільки тягових операцій, а й транспортних. Оскільки відсоток розподілення від загального обсягу робіт транспортних операцій досягають позначки $> 50\%$, тоді глибинне дослідження цього напрямку є доцільним.

Серед розмаїття транспортних робіт, в яких використовується колісний трактор, хотілося виділити транспортування рідких вантажів. Адже при такому транспортуванні спостерігається перерозподіл мас в агрегаті (коливання рідини в ємності, яка позбавлена внутрішніх перегородок). Даний рух призводить до поздовжньо-кутової та поперечної нестабільності, які впливають на динаміку руху та сприяють виникненню аварійних ситуацій. Таким чином, дослідження впливу перерозподілу мас при перевезенні рідких вантажів в складі машинно-тракторного агрегату є актуальним.

На основі вище сказаного, постає необхідність в проведенні експериментальних досліджень. На рис. 1 представлено об'єкт досліджень. Як вимірювальна апаратура виступає мобільний комплекс «ВДВММ 4-001» Паспорт 4-001.000.00 ПС [1], який складається з акселерометрів. Акселерометри розміщені на передньому та в зоні заднього мостів колісного трактора, на сидінні оператора-водія та безпосередньо на тракторній цистерні.



Рисунок 1 – Трактор John Deere 8310 в зчпці з причіпною цистерною МЖТ-16

Перш ніж виконувати важкі дослідні задачі отриманих експериментальних даних (рис. 2) необхідно мати уявлення щодо їх чисельних характеристик. Для цього необхідно провести статистичний аналіз, який покликаний вирішити наступні задачі: генерація та статистичне дослідження експериментальних даних; визначити закони розподілу експериментальних даних; за допомогою критеріїв згоди Колмогорова та Пірсона обґрунтувати обраний закон розподілу.

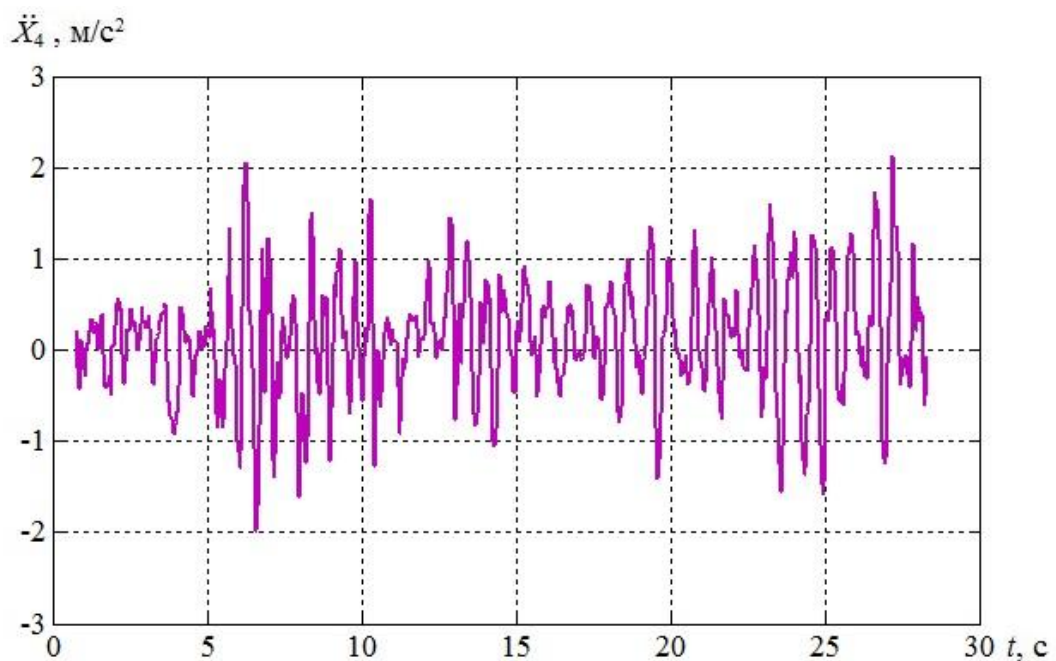


Рисунок 2 – Приклад вибірки отриманих прискорень з акселерометрів

Вибірку з експериментальними даними лінійних прискорень x_i розбивають на ділянки p однакової довжини Δ , потім для кожної ділянки знаходять число елементів вибірки g_i , які потрапляють в цю ділянку. Далі переходять безпосередньо до побудови гістограми, яка буде представлена з прямокутних блоків з основою Δ та висотами $\kappa = \frac{g_i}{n \cdot \Delta}, i = \overline{1, p}$ [2]. На рис. 3 наведено гістограми та емпіричні функції розподілу одного з прискорень. З гістограми встановлено число інтервалів ($p = 33$) та основу ($\Delta = 0,125$).

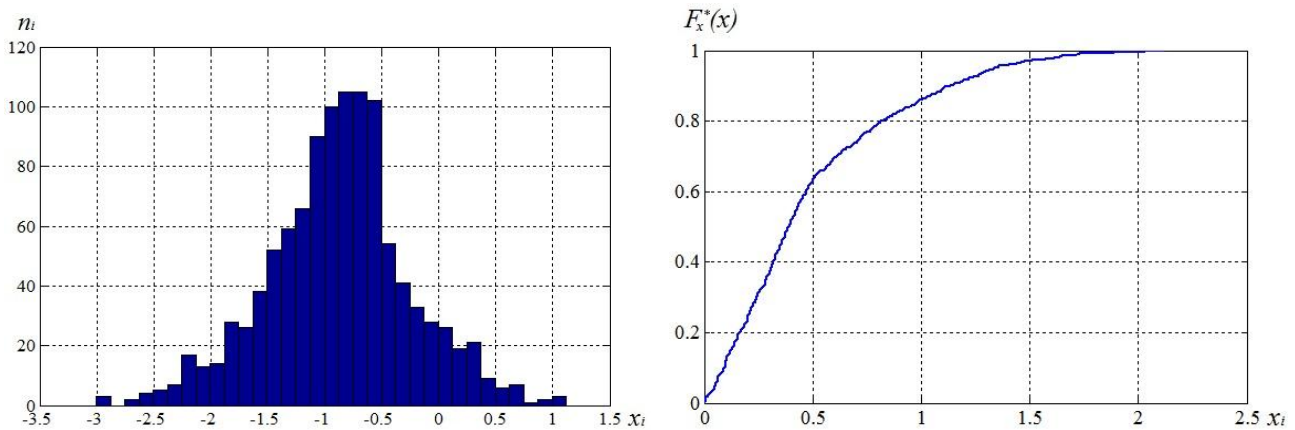


Рисунок 3 – Гістограма (а) та емпіричний розподіл (б) отриманих прискорень

За видом гістограми не зрозуміло, до якого саме закону розподілу можна віднести досліджуванні чисельні вибірки. На основі побудови емпіричної функції розподілу чисельної вибірки в подальшому можливо оцінити, з достатньою долею ймовірності, до якого закону розподілу її можна віднести. Емпірична функція розподілу – це непараметрична оцінка вибірки, яка знаходиться за відомим рівнянням [3]

$$F_x^*(x) = \frac{n_x}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n I(x_i \leq x)}{n}, \quad (1)$$

де n_x – кількість елементів чисельної вибірки, які менші x ; $I(x_i \leq x)$ – це функція, яка змінюється від 0 до 1.

Далі за допомогою критеріїв згоди відбувається підбір теоретичного закону розподілу $F(x)$ разом з їх параметрами до емпіричної функції розподілу

$F_x^*(x)$. Якщо ці функції задовольняють своєю різницею, то статичну гіпотезу (H_0 – гіпотеза) щодо коректності підбору теоретичного закону розподілу можна прийняти. Якщо різниця не задовольняє, то можливо прийняти альтернативну гіпотезу. Згідно з критерієм Колмогорова необхідно порівняти за модулем різницю теоретичного закону з емпіричним розподілом

$$D = \max_{\forall x \in R} |F_x^*(x) - F(x)|. \quad (2)$$

Далі на основі теореми Гливенко-Кантеллі стверджується, що зі збільшенням об'єму вибірки отримана значення D сходиться за ймовірністю к нулю. Загальна мета застосування критерію згоди Колмогорова – це визначення p ймовірності, яка буде означати ймовірність використання теоретичного закону розподілу, тобто H_0 – гіпотеза [4]. Розглядаючи критерій згоди Пірсона, відмітимо, що він ґрунтується на порівнянні теоретичних з емпіричними величинами потрапляння в інтервали, які можуть бути різної довжини. Кожна емпірична величина потраплянь n_j порівнюється з теоретичним потраплянням в цей інтервал np_j (де p_j – ймовірність потрапляння)

$$p_j = \int_{a_j}^{b_j} f(x) dx = F(b_j) - F(a_j), \quad (3)$$

де a_j і b_j – границі j -го інтервалу.

Пірсон ввів поняття сумарної квадратичної відносної різниці між теоретичним та практичним числом потраплянь [4]

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(n_j - np_j)^2}{np_j}, \quad (4)$$

де k – ступінь свободи, $k = m - l - 1$; m – число інтервалів; l – число обмежень, тобто якщо обрано закон розподілу з двома параметрами, то $m = 3$.

На основі критерію згоди Пірсона відповідно до заданого рівня значимості (за [4] рекомендовано $q = 0,3$) визначається критичне значення $\chi_{кр}^2$.

Якщо $\chi^2 < \chi_{кр}^2$, то H_0 – гіпотеза приймається. На основі критерію згоди

Колмагорова встановлено, що для наведеної вибірки найкраще підходить Вейбулловський розподіл. Критичний рівень значимості дорівнює 0,239, що дає змогу стверджувати, що ймовірність використання Вейбулловського розподілу складає 76,1%. Згідно з критерієм згоди Пірсона, який для даного випадку дорівнює $\chi^2 = 21,62$ при задаванні критичного рівня значимості $q = 0,3$ квантиль складатиме $\chi_{кр}^2 = 21,68$. А оскільки $\chi^2 < \chi_{кр}^2$, тоді H_0 – гіпотеза приймається та розподіл підібрано вірно.

Таким чином, на основі проведення статистичного аналізу експериментальних даних стає можливим оцінка потрапляння лінійних прискорень в заданий діапазон значень, що в подальшому дозволить якісно прогнозувати динамічні витрати транспортного засобу в зчпці з агрегатом змінної маси.

Список використаних джерел:

1. Бондаренко А.І., Кожушко А.П., Мітцель М.О., Самородов В.Б. Методика експериментального дослідження процесу розгону трактора Fendt 936 Varjo при виконанні польових та транспортних робіт. *Вісник Житомирського державного технічного університету*. 2014. № 2 (69). С. 48–55.
2. Ахметова Ф.Х., Ласковая Т.А., Чигирёва О.Ю. Методика обработки результатов эксперимента с помощью системы Matlab в курсе «Математическая статистика». *Инженерный вестник*. 2016. №4. С. 1001–1011.
3. Егорова Э.В. Учебное пособие по дисциплине «Математика и информатика» для студентов гуманитарных и педагогических специальностей очной формы обучения.. 2008.
4. Иглин С.П. Математические расчеты на базе MATLAB. 2005. 640 с.