

УДК 519.876.5

А.В. Рудий, М.Ю. Яковлев

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

МОДЕЛЮВАННЯ МАКРОПРОФІЛЮ ОПОРНОЇ ПОВЕРХНІ

Розглянуто питання імітаційного моделювання опорної поверхні, по якій здійснює рух військова гусенична машина. З використанням методу зворотного перетворення побудовано алгоритм отримання масиву випадкових значень кутів нахилу опорної поверхні. Запропонований алгоритм дозволяє уточнити існуючі імітаційні моделі збуреного руху військової гусеничної машини та може бути використаний під час досліджень, спрямованих на вдосконалення елементів трансмісії та силової установки військових гусеничних машин

Ключові слова: військова гусенична машина; імітаційне моделювання; макропрофіль; функція розподілу; алгоритм; метод зворотних перетворень.

Вступ

На різних етапах розробки та модернізації сучасних зразків озброєння та військової техніки (ОВТ) широкого застосування знаходить імітаційне моделювання. Застосування імітаційної моделі дозволяє наблизити математичний апарат до реальних умов, таким чином значно підвищуючи його адекватність. Використання імітаційного моделювання, як заміника натурного експерименту зменшує вартість та обсяги проектувальних робіт. Під час розробки гідроб'ємного механізму повороту (ГОМП) військових гусеничних машин (ВГМ) існує необхідність у дослідженні сил та моментів, які впливають на ВГМ під час криволінійного руху по пересіченій місцевості. У даному випадку імітаційне моделювання випадкових збурень дозволяє уточнити сили та моменти, необхідні для криволінійного руху ВГМ.

Аналіз відкритих джерел показав, що питанню моделювання макропрофілю дороги приділено недостатньо уваги. Імітаційне моделювання випадкових збурень, що виникають під час руху гусеничної машини розглянуто у ряді робіт, спрямованих зде-

більшого на дослідження впливу мікропрофілю покриття на систему підресорювання та вібронавантаженість системи [1, 3, 6]. Робота [7] розглядає побудову випадкового профілю поверхонь руху. Втім, у представлених дослідженнях не враховується макропрофіль покриття. Відомо, що макропрофіль дороги впливає на динамічні властивості транспортного засобу [2, 5]. Це необхідно врахувати під час моделювання руху ВГМ при вирішенні завдань дослідження параметрів трансмісії та силової установки.

Метою даної роботи є побудова алгоритму імітаційної моделі макропрофілю покриття, який впливає на силові та кінематичні параметри трансмісії ВГМ під час її криволінійного руху.

Виклад основного матеріалу

У роботі [4] представлено основні характеристики рельєфу місцевості. Відповідно до [8] рельєфу України здебільшого рівнинний, рідше горбистий, що скорочує обсяги моделювання макропрофілю. У табл. 1 представлено основні характеристики рельєфу України [4], отримані на підставі обробки експериментальних даних.

Таблиця 1

Основні характеристики рельєфу України

Тип рельєфу	Параметри поверхні руху				
	Висота над рівнем моря, м	Відносне підвищення деяких точок над рештою поверхні, м/км	Крутизна скатів, що переважає, град.	Вірогідність місцевості з горизонтальним профілем ($\alpha=0$)	Середньоквадратичне відхилення σ функції розподілу кутів нахилу
Рівнинний	до 300	До 25	1 – 1,5	0,515	0,024
Горбистий	до 500	25 - 200	2 - 5	0,474	0,061

Основним параметром макропрофілю поверхні, який здійснює вплив на динамічні показники ВГМ є кут підйому (спуску) α .

Таким чином імітаційне моделювання макропрофілю покриття зводиться до побудови масиву випадкових величин кута нахилу поверхні, по якій відбувається рух машини. Відповідно до [8] розподіл кутів нахилу поверхні підпорядковується нормальному розподілу

$$f(\alpha) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{\alpha - M_\alpha}{2\sigma^2}\right)^2, \quad (1)$$

де α – кут нахилу опорної поверхні, M_α – математичне сподівання, σ – середньоквадратичне відхилення. Графік щільності розподілу є симетричним відносно початку координат (рис. 1, а). Математичне сподівання функції розподілу кутів нахилу поверхні $M_\alpha = 0$. Інтегральна функція розподілу – на рис. 1, б.

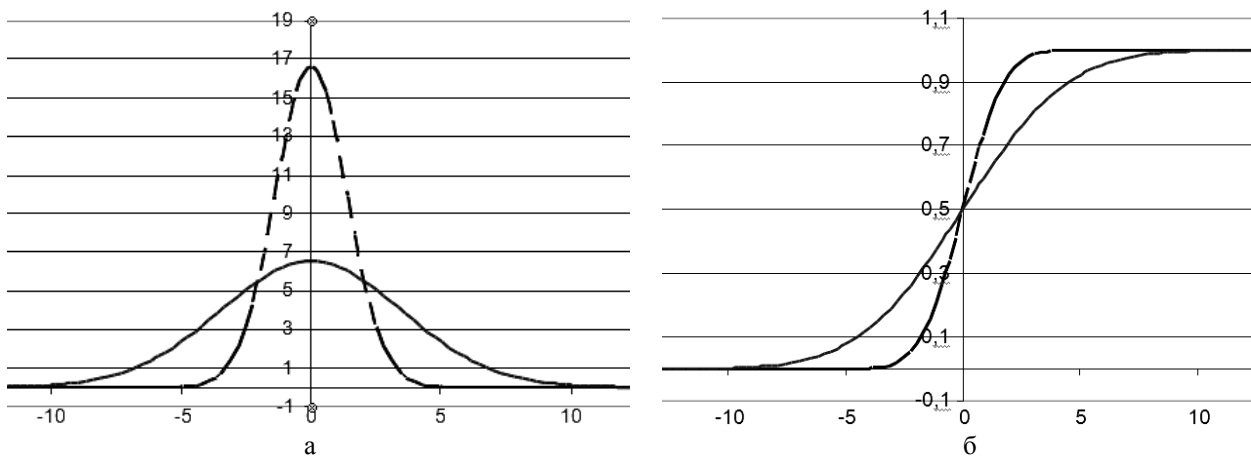


Рис. 1. Нормальний розподіл: а – функція щільності розподілу кутів нахилу поверхні; б – спектральна щільність розподілу кутів нахилу поверхні (суцільна лінія – горбистий рельєф, пунктир – рівнинний рельєф)

Алгоритм моделювання макропрофілю дороги базується на роботі генераторів масиву випадкових чисел, формуючих значення кутів підйому або спуску, в залежності від типу рельєфу, використовуючи параметри, відображені у табл. 1.

Визначення події « $\alpha=0$ » відбувається за допомогою алгоритму бінарного розподілу, який використовує для роботи генератор випадкових чисел $\xi=RND(0..1)$. Для генерації випадкових значень кутів, що не дорівнюють 0° використовується метод зворотнього перетворення функції нормального розподілу. Вихідними даними для роботи алгоритму є тип рельєфу місцевості та кількість перебігів (ітерацій) алгоритму.

Тип рельєфу місцевості задається у чисельному вигляді, як індекс, що відповідає обраному типові рельєфу:

- 1 – рівнинний рельєф,
- 2 – горбистий рельєф.

У відповідності від заданого індексу, блок визначення та присвоювання проміжних даних визначає та присвоює значення вірогідності події « $\alpha=0$ » (кут нахилу поверхні відсутній) та значення середньоквадратичного відхилення функції розподілу кутів відповідно до даних табл. 1.

Алгоритм побудови масиву випадкових значень кутів макропрофілю поверхні складений з таких кроків:

Крок 1. Внесення вихідних даних.

Крок 2. Присвоювання проміжних даних.

Крок 3. Визначення та присвоювання проміжних даних відповідно до типу заданого рельєфу.

Крок 4. Отримання випадкового значення куту схилю (для поточної ітерації).

Крок 5. Визначає аргумент оберненої функції нормального розподілу.

Крок 6. Отримання випадкового значення кута схилю для поточної ітерації, якщо $\alpha \neq 0$.

Крок 7. Виведення матриці випадкових даних, а також графіка $\alpha(i)$.

Алгоритм побудовано на основі програмного середовища Excel. Для реалізації зворотного перетворення використано команду $NORMINV(P, M_\alpha, \sigma)$. Величина вірогідності P для команди $NORMINV$ отримується за допомогою генератора випадкових чисел $RAND()$ та визначає випадкову складову процесу побудови масиву кутів нахилу.

За допомогою розробленого алгоритму отримано масив випадкових значень кутів нахилу поверхні α для $N=1000$ (рис. 2).

Оскільки функція кута нахилу поверхні є похідною від функції макропрофілю, то маючи набір значень кута нахилу, шляхом інтегрування функції $\text{tg } \alpha(i)$ отримаємо функцію макропрофілю поверхні руху (рис. 3).

Отримуючи для кожної наступної ітерації нове випадкове значення можливо змоделювати макропрофіль покриття, по якому здійснює рух гусенична машина. Це дає змогу уточнити існуючі імітаційні моделі збуреного руху ВГМ.

Алгоритм побудови масиву кутів нахилу поверхні не прив'язаний до часових показників, що дає змогу використовувати його також для імітаційного моделювання макропрофілю певного типу рельєфу під час вирішення завдань іншого спрямування.

Висновки

1. Питання моделювання макропрофілю опорної поверхні є важливою частиною імітаційного моделювання руху гусеничної машини по пересіченій місцевості, проте у сучасних публікаціях даному питанню приділено відносно мало уваги.

2. У роботі запропоновано алгоритм побудови макропрофілю опорної поверхні у вигляді масиву випадкових значень кутів схилю, які знаходять застосування під час імітаційного моделювання руху ВГМ

3. Запропонований алгоритм підвищує адекватність імітаційної моделі збуреного руху ВГМ завдяки урахуванню макропрофілю опорної поверхні.

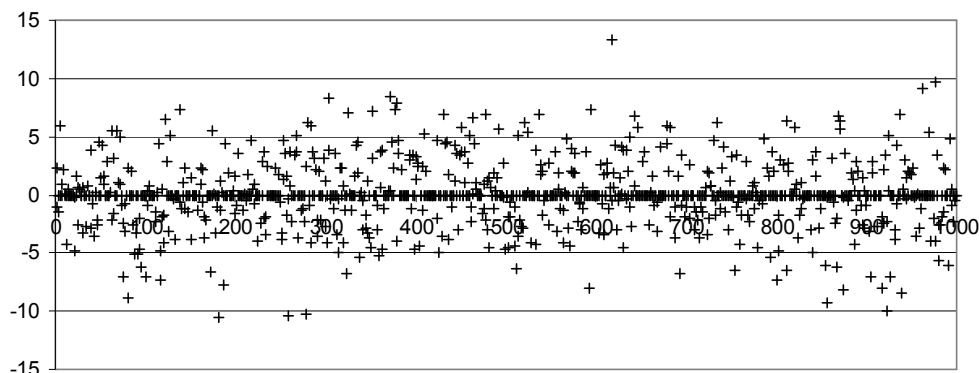


Рис. 2. Масив випадкових значень кутів нахилу опорної поверхні (горбистий рельєф)

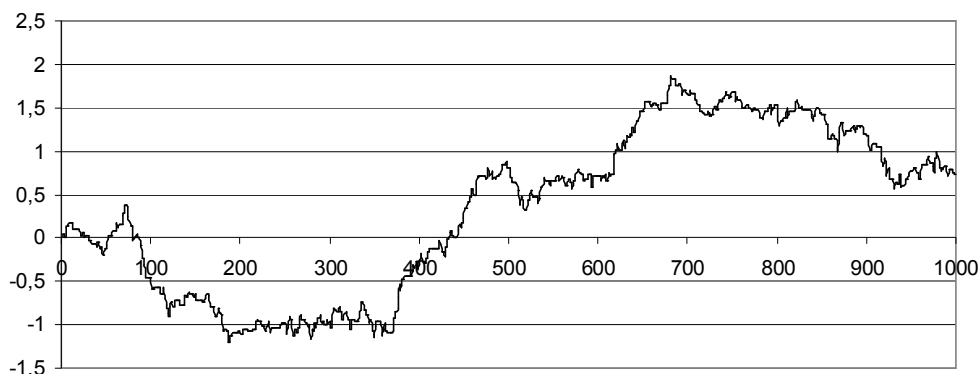


Рис. 3. Функція макропрофілю опорної поверхні для горбистого рельєфу

Список літератури

1. Белецкий А.В. Математическое и имитационное моделирование профиля дорожного покрытия [Электронный ресурс] / А.В. Белецкий, С.С. Рекунов // Интернет-журнал "НАУКОВЕДЕНИЕ" Вып. 5(24). – 2014. – Режим доступа до ресурсу: <http://naukovedenie.ru>.
2. Высоцкий М. С. Основы проектирования модульных магистральных автопоездов / М.С. Высоцкий, С.И. Кочетов, С.В. Харитончик. – Минск: "Беларусская навучка", 2011. – 392 с.
3. Динамика транспортно-тяговых колесных и гусеничных машин / [Е.Е. Александров, Д.О. Волонцевич, В.Б. Самородов та ін.]. – Харьков: ХНАДУ, 2001. – 640 с.
4. Исаков П.П. Теория и конструкция танков / П.П. Исаков. – Москва: "Машиностроение", 1987. – 196 с.
5. Кравец В.Н. Влияние макропрофиля дороги на показатели тягово-скоростных свойств автомобиля /

В.Н. Кравец, Р.А. Мусарский. // Вестник ИжГТУ. – 2014. – №3. – С. 4–6.

6. Лелиовский К.Я. Исследование вибраций трансмиссии при движении автомобиля по дорогам различного микропрофиля. / К.Я. Лелиовский, В.С. Макаров // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. – 2013. – №4. – С. 98 – 103.

7. Мазманишвили А.С. Построение случайных поверхностей движения объектов бронетанковой техники / А.С. Мазманишвили, Т.Е. Александрова // Системи озброєння і військова техніка. – 2012. – №1. – С. 68–71.

8. Стецюк В.В. Рельеф Украины. Учебное пособие. – М.: Издательский дом «Слово», 2010. – 688 с.

Надійшла до редколегії 5.11.2015

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. С.В. Герасимов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАКРОПРОФИЛЯ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

А.В. Рудой, М.Ю. Яковлев

В статье рассмотрен вопрос имитационного моделирования опорной поверхности, по которой движется военная гусеничная машина. С использованием метода обратного преобразования построен алгоритм получения массива случайных значений углов наклона опорной поверхности. Предложенный алгоритм позволяет уточнить существующие имитационные модели возмущенного движения военной гусеничной машины и может быть использован в ходе исследований, направленных на усовершенствование элементов трансмиссии и силовой установки военных гусеничных машин.

Ключевые слова: военная гусеничная машина; имитационное моделирование; макропрофиль; функция распределения; алгоритм; метод обратных преобразований.

SIMULATION OF MACRO PROFILE SUPPORT SURFACE

A. V. Rudiy, M. Yu. Yakovlev

In the article the question of simulation support surface on which the moving military tracked vehicle. Using the method of the inverse transform, an algorithm for producing an array of random values catch the tilt table surface. The proposed algorithm allows us to refine the existing simulations perturbed motion a military tracked vehicle and can be used in the course of research aimed at improving the transmission components and propulsion system of military tracked vehicles.

Keywords: military tracked vehicle; simulation; makroprofil; distribution function; algorithm; the method of inverse transformation.