

## ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ ЕНЕРГІЇ АКБ ГІБРИДНОГО АВТОМОБІЛЯ ДЛЯ РІЗНИХ ЇЗДОВИХ ЦИКЛІВ

О.М. Тімков, доцент, к.т.н., О.С. Іванов, аспірант, НТУ

*Анотація.* Розроблено програму розрахунку, за допомогою якої можна визначити мінімально необхідну ємність акумуляторної батареї для виконання різних їздових циклів. В основу методики положено диференційне рівняння руху автомобіля на основі другого закону Ньютона.

*Ключові слова:* їздовий цикл, тягове зусилля, гальмівне зусилля, енергія, потужність.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ЭНЕРГИИ АКБ ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЯ ДЛЯ РАЗНЫХ ЕЗДОВЫХ ЦИКЛОВ

А.Н. Тимков, доцент, к.т.н., А.С. Иванов, аспирант, НТУ

*Аннотация.* Разработана программа расчета, с помощью которой можно определить минимально необходимую емкость аккумуляторной батареи в разных ездовых циклах. В основе методики положено дифференциальное уравнение движения автомобиля на основе второго закона Ньютона.

*Ключевые слова:* ездовой цикл, тяговое усилие, тормозное усилие, энергия, мощность

## DETERMINING THE AMOUNT OF ENERGY THE BATTERY HYBRID VEHICLE FOR VARIOUS DRIVING CYCLE

A. Timkov, assistant professor, cand. eng. sc., A. Ivanov, post graduate student, NTU

*Abstract.* The program of calculation, which can be used to determine the minimum required battery capacity at different driving cycles. The methodology laid differential equation of motion of the vehicle based on Newton's second law.

*Keywords:* driving cycle, traction force, braking force, energy, power.

### Вступ

Властивості автомобіля залежать від його здатності набирати швидкість, долати підйоми та зупинятися до певної швидкості за необхідний проміжок часу. В нормальних умовах руху максимальні можливості автомобіля використовуються рідко, протягом тривалого часу силова установка завантажена лише частково. Реальне тягове зусилля і швидкість автомобіля змінюються в широких межах, які визначаються прискоренням, сповільненням, ухилом або підйомом та т.п. Ці зміни

пов'язані з дорожньою обстановкою та типом автомобіля.

Режим рух автомобіля в місті або поза містом також дуже сильно впливає на його характеристики, як і кількість пасажирів. Все це дуже складно впливає на тягове зусилля і зміну швидкості автомобіля в реальних дорожніх умовах. Однак, деякі типові їздові цикли можуть бути використані для моделювання типових дорожніх умов. Ці їздові цикли представляють звичайно у вигляді залежності швидкості автомобіля від часу руху по горизонтальній дорозі.

## Аналіз публікацій

В роботі [1] автори запропонували методику попереднього визначення параметрів електросилової установки легкового гібридного автомобіля, та навели експериментальні дані випробувань для автомобіля «Таврія». При виборі електродвигуна автори розрахували необхідну потужність електродвигуна для забезпечення прискорення автомобіля у європейському міському циклі з урахуванням опору кочення та аеродинамічного опору, викладену в роботі [2]. В роботі [3] було представлено результати випробувань ефективності рекуперативного гальмування автомобіля «МАМІ-ГСУ», побудованого на базі автомобіля УАЗ-3153. Автор відзначає, що основними задачами при розробці рекуперації енергії є: правильний вибір накопичувача енергії; визначення найкращих параметрів агрегатів ГСУ для збільшення часу використання рекуперативного гальмування, що дозволить автомобілю на деяких режимах гальмувати тільки за рахунок рекуперативного гальмування; підвищення рекуперації шляхом вибору раціональної схеми ГСУ з мінімальними втратами при перетворенні енергії з одного виду в інший.

### Мета роботи та постановка задачі

Розроблено програму розрахунку показників руху автомобіля, яка дозволяє давати теоретичні рекомендації з вибору агрегатів для гібридного автомобіля.

### Основна частина

Переваги гібридного автомобіля краще всього реалізуються при русі у міському циклі з великою кількістю зупинок та гальмувань. Тому для проведення розрахунку було взято їздові цикли (Рис.1): Federal Test Procedure EPA 75 та New York City Cycle (NYCC).

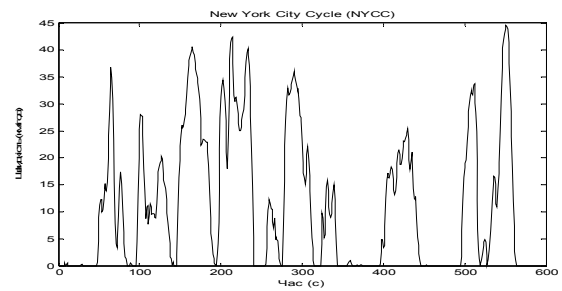
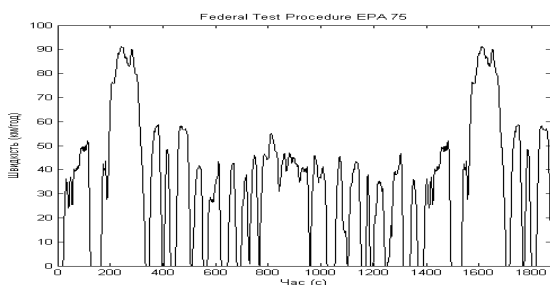


Рис. 1. Їздові цикли

Для зручності проведення розрахунків була створена програма в середовищі програмування MatLab Simulink (Рис.2).

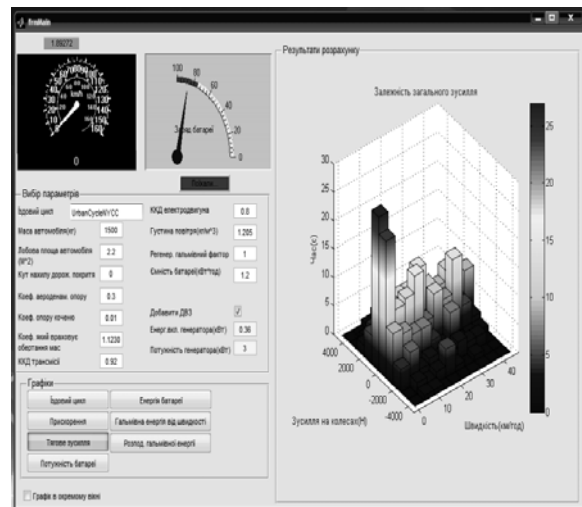


Рис. 2. Інтерфейс програми розрахунку

За допомогою цієї програми можливо: задавати значення змінних, вибирати режим розрахунку, спостерігати поточну швидкість автомобіля та ступінь заряду батареї, бачити результати розрахунків у вигляді графіків. Тягове та гальмівне зусилля можна розраховувалось за формулою

$$F_T = Mgf \cos \alpha + \frac{1}{2} \rho_w C_x A_f V^2 + M \delta \frac{dV}{dt}, \quad (1)$$

де  $M$  – маса автомобіля в кг,  $g$  – прискорення вільного падіння,  $f$  – коефіцієнт опору коченню,  $\rho_w$  – густина повітря,  $C_x$  – аеродинамічний коефіцієнт опору,  $A_f$  – лобова площа автомобіля в  $m^2$ ,  $V$  – швидкість автомобіля, м/с,  $\delta$  – коефіцієнт, що враховує обертання мас,  $dV/dt$  – прискорення автомобіля в  $m/s^2$ ,  $\alpha$  – кут нахилу дороги (при розрахунках приймалось  $\alpha = 0$ ).

Результати розрахунку тягового та гальмівного зусилля на ведучих колесах автомобіля представлені в роботі [4]. Розрахувавши за формулами (2) та (3) потужність яку нам необхідно прикласти на колеса автомобіля для здійснення їздового циклу отримали графіки (Рис.3).

$$P_{b-out} = \frac{V}{\eta_t \eta_m} \times \left( Mg(f \pm i) + \frac{1}{2} \rho C_D A_f V^2 + M \delta \frac{dV}{dt} \right), \quad (2)$$

$$P_{b-in} = \frac{\beta V}{\eta_t \eta_m} \times \left( Mg(f \pm i) + \frac{1}{2} \rho C_D A_f V^2 + M \delta \frac{dV}{dt} \right), \quad (3)$$

де  $\eta_m$  і  $\eta_m$  – ККД трансмісії та тягової установки,  $\beta$  – регенеративний гальмівний фактор, який враховує той факт, що не вся кінетична енергія автомобіля може бути перетворена та накопичена.

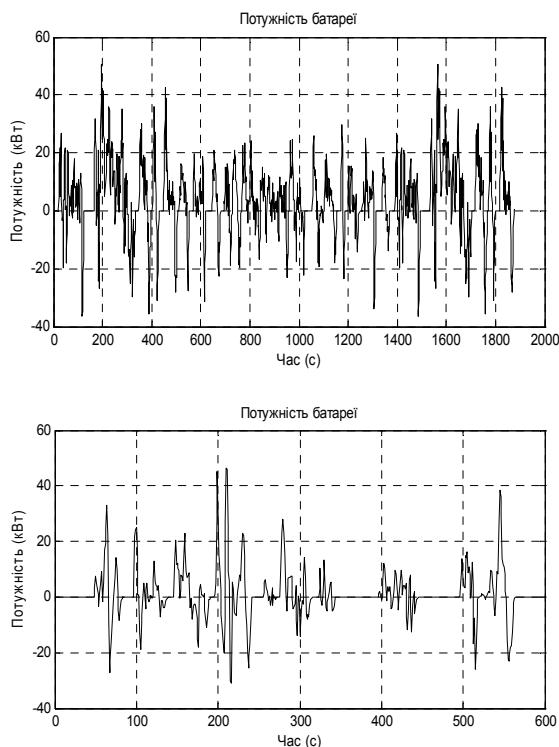


Рис. 3. Потужність

Енергію необхідну для виконання їздового циклу розраховано за формулою

$$E_{out} = \int_{traction} P_{b-out} dt + \int_{braking} P_{b-in} dt, \quad (4)$$

Отримані графічні залежності розподілу енергії в їздовому циклі наведені на рис.4.

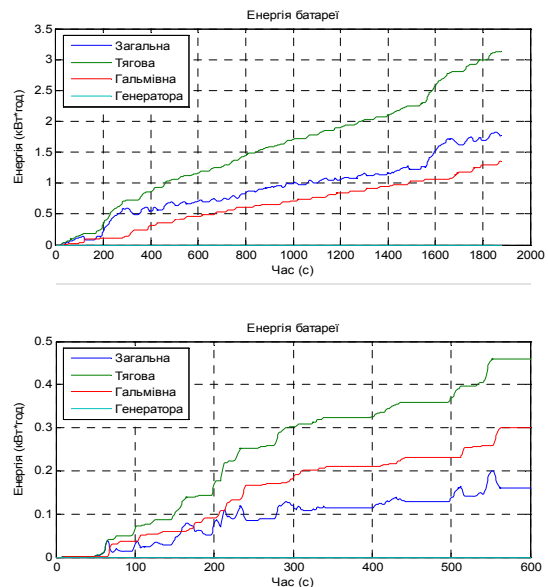


Рис. 4. Енергія в їздовому циклі

З графіків видно, що в їздовому циклі EPA 75 буде витрачено 1750 Вт\*год енергії при цьому відстань складає 17.7 км, тобто на 1 км шляху буде витрачатись 98 Вт\*год енергії. В їздовому циклі NYCC буду витрачено 180 Вт\*год при шляху 1.9 км, на 1 км буде витрачено 94,7 Вт\*год енергії. Результати розрахунків дають нам можливість визначити кількість енергії, що необхідна для здійснення їздового циклу, за цим значенням можна підібрати необхідну ємність акумуляторної батареї. Також є можливість включити до розрахунку додаткове джерело енергії – генератор. Задавшись величиною потужності генератора та величиною залишкової енергії при якій генератор повинен вмикатися повісь розрахунок витраченої енергії в їздовому циклі (Рис.5). Як ми бачимо з графік загальна кількість енергії якої повинно володіти електричне джерело енергії зменшилась, це нам дасть можливість зменшити ємність батареї, при цьому як наслідок зменшиться її маса та ціна.

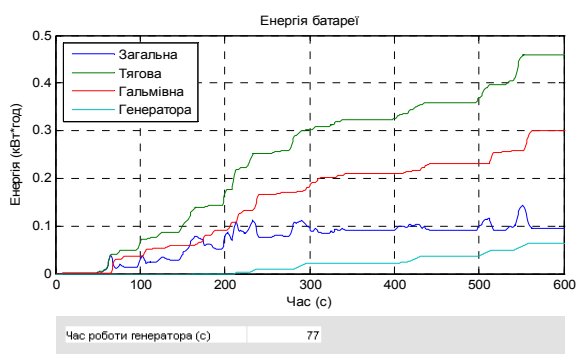
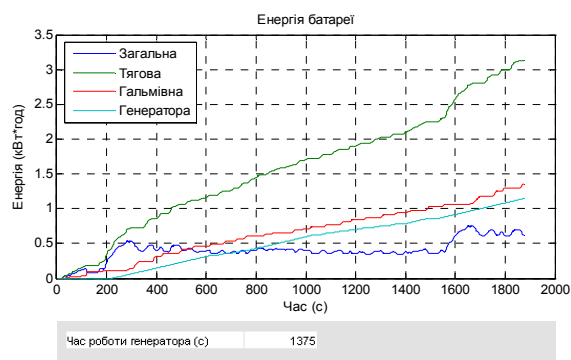


Рис. 5. Енергія в їздовому циклі з додатковим джерелом енергії

### Висновок

Розроблено програму розрахунку, яка дозволяє проводити теоретичні розрахунки тривалості використання тягового та гальмівного зусилля в залежності від швидкості автомобіля в різних їздових циклах. З її допомогою можна визначити характеристики для будь-якого автомобіля в будь-якому їздовому циклі. Вона дозволяє визначати кількість необ-

хідної енергії для здійснення їздового циклу. Подальший розвиток буде пов'язаний з визначенням потужності тягового двигуна та генератора.

### Література

1. О.В. Бажинов, О.С. Панікарський, В.С. Боженів, Методика определения основных параметров электросилового установки гибридного автомобиля // Автомобільний транспорт, – 2009. – №25 – С.145 – 150
2. Смирнов О.П., Богаевский О.Б., Боженів В.С., Панікарський О.С., Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Моделювання електромеханічних систем»// Харків: ХНАДУ, – 2007. – 27с.
3. Филонов А.И., Проблемы рекуперации кинетической энергии на автомобиле с гибридной силовой установкой// МГТУ «МАМИ», – С.320 – 328.
4. О.М. Тімков, О.С. Іванов, Розподіл тягового та гальмівного зусилля на колесах автомобіля в різних їздових циклах// Харків: ХНАДУ, – Сб.наук. праць: Автомобільний транспорт, Вип. № 29 – 2011. – С.220–223.

Рецензент: О.В. Бажинов, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 28 жовтня 2011 р.