

7. Рудь Ю.С., Кузміч С.М., Радченко І.С. Теорія удару. –Кривий Ріг, Мінерал. –1997. –64 с.
8. Понтрягин Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. –М.: Наука. –543 с.
9. Степанов В.В. Курс дифференциальных уравнений. –М.: Наука. 1966. –640 с.

УДК 621;517

С.В. ПОВАР, канд. пед. наук, доц., Криворізький технічний університет

ПОШУК АДЕКВАТНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ВИПАРОВУВАННЯ БЕНЗИНУ ПРИ ЙОГО ЗБЕРІГАННІ

У статті з'ясується (емпірично і теоретично), що річні втрати бензину (ΔV_6) внаслідок зберігання в резервуарі прямо пропорційні об'єму газового простору над бензином (V_n) з коефіцієнтом $k_1=1/40$ для середньої кліматичної зони і $k_2=1/30$ - для південної. Наведено 4 графіка.

В статтє выясняется (эмпирически и теоретически), что годовые потери бензина (ΔV_6) при хранении в резервуаре прямо пропорциональны объёму газового пространства над бензином (V_n) с коэффициентом $k_1=1/40$ для средней климатической зоны и $k_2=1/30$ -для южной. Приведены 4 графика.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. Втрати бензину від випаровування – це не тільки матеріальні втрати, а й руйнування біосфери Землі. Пошук і розгляд математичних моделей процесу випаровування бензину з резервуара, на нашу думку, буде корисним принаймні в освітньому середовищі та технічних розрахунках.

Постановка задачі. Огляд літератури з ресурсозбереження на АТП показав, що питання випаровування бензину з резервуарів має бути розкрито повніше. Зокрема, на основі дослідних даних, наведених у підручнику [1, с.210], доцільно зробити ряд узагальнень. У підручнику матеріал подається в цілому з глибоким знанням цієї дисципліни. На вказаній сторінці наводиться наступна інформація: „Дослідженнями доведено, що річні втрати бензину від випаровування з резервуарів, заповнених паливом на 20 %, у 33-34 рази більші, ніж у заповнених на 90 %. Річні втрати бензину від випаровування залежно від ступеня заповнення резервуара та кліматичної зони наведено в таблиці 1”.

Таблиця 1

Ступінь заповнення резервуара, %	Річні втрати бензину для кліматичних зон, %	
	середньої	південної
90	0,3	0,4
80	0,6	0,9
70	1,0	1,5
60	1,6	2,3
50	2,2	3,1
40	3,6	5,2
20	9,9	13,9

Природно, що виникають питання:

- Як довести, що не закралась тут помилка, оскільки вражаючою є відмінність „у 33 рази”? (Якщо в таблицю додати ще один рядок, взявши наповненість бака 10, то відповідна екстраполяція значень таблиці дасть ще більшу відмінність – у 75 разів (див. табл. 2).

- Якими законами фізики пояснити таку вражаючу відмінність?

- Яка математична модель такого процесу випаровування і втрат бензину?

Виклад матеріалу і результати. Щоб відповісти на ці питання, розглянемо детальніше функціонування резервуара. При звичайних умовах зберігання бензину в резервуарі газовий простір заповнений пароповітряною сумішшю (ППС) - сумішшю повітря з паром бензину. При підвищенні температури навколишнього середовища нагрівається бензин і ППС, об'єм якої V_n ; зростає тиск на величину Δp_n від атмосферного p_a до p_n (у більшості резервуарів до 0,25 МПа), і зростає концентрація молекул бензину в ППС. Щоб резервуар не розірвався, відкривається клапан видиху (викиду), через який в атмосферу виходить частина ППС об'ємом ΔV_n .

А при охолодженні такого резервуара пара бензину конденсується, тиск ППС понижується до p_1 (здебільшого до 0,01 МПа).. Відкривається клапан вдиху, через який надходить повітря, що знову насичується випаруваними порціями бензину. Це так зване мале дихання резервуара. (Велике дихання – під час наповнення резервуара бензином).

Логічно вважати, що річна втрата маси бензину Δm_δ при зберіганні його в резервуарі:

$$\Delta m_\delta \approx \Delta m_n N, \quad (1)$$

де Δm_n - маса одного викиду ППС,

N – річна кількість викидів ППС через клапан видиху, тобто $\rho_\delta \cdot \Delta V_\delta \approx \rho_n \cdot \Delta V_n \cdot N$, де ρ_δ - густина бензину, ρ_n - густина ППС, ΔV_δ - річна втрата об'єму бензину, ΔV_n - об'єм одного викиду ППС.

Звідси

$$\Delta V_\delta \approx N \Delta V_n \cdot \rho_n / \rho_\delta \quad (2)$$

Для визначення ΔV_n розглянемо термодинамічні параметри станів ППС над бензином (включаючи параметр v – кількість речовини):

$$A (V_n; \quad p_a; \quad T; \quad v),$$

$$B (V_n; \quad p_a + \Delta p; \quad T + \Delta T; \quad v + \Delta v),$$

$$C' (V_n + \Delta V_n; \quad p_a; \quad T + \Delta_1 T; \quad v + \Delta v),$$

$$C (V_n; \quad p_a; \quad T + \Delta_1 T; \quad v + \Delta_1 v), \quad \Delta_1 v \ll \Delta v.$$

Процес BC' - при відкритому клапані видиху, це адіабатний процес з показником $\eta_{\text{експеримент.}} < 1,3$, тобто близький до ізотермічного, для якого на основі рівняння Клапейрона-Менделєєва $pV = \nu RT$ можна одержати: $\Delta V_n / V_n = \Delta p_n / p_a$, звідси

$$\Delta V_n = V_n \Delta p_n / p_a \quad (3)$$

Із (2) і (3) маємо: $\Delta V_\delta \approx N \rho_n \cdot \Delta p_n / (\rho_\delta p_a)$ $V_n = NkV_n = KV_n$ де $k = \rho_n \Delta p_n / (\rho_\delta p_a)$ - коефіцієнт *разових* втрат бензину, що залежить від характеристик бензину та параметрів дії клапану видиху.

$K = Nk$ - коефіцієнт річних втрат бензину.

Звідси маємо $K = \Delta V_6 / V_{\text{п}}$.

Отже, ми встановили залежність річних втрат бензину (ΔV_6) внаслідок випаровування в резервуарі від таких чинників:

- об'єму газового простору $V_{\text{п}}$ в резервуарі;
- кількості викидів N ;
- параметрів дії клапану видиху та марки бензину (коефіцієнт k),

тобто знайшли **математичну модель** (в аналітичному вигляді) річних втрат бензину:

$$\Delta V_6 \approx N \cdot k \cdot V_{\text{п}} . \quad (4)$$

Оскільки N залежить від амплітуд коливань температури кліматичної зони, то $N_1 < N_2$ для середньої та південної кліматичної зони відповідно, а також

$$K_1 < K_2 \quad (5)$$

при $K_1 = N_1 k$, $K_2 = N_2 k$.

Підтвердженням цих висновків слугує подальша обробка даних таблиці 1, якщо її другу колонку означити „Річні втрати бензину, % від наявної кількості бензину” (річні відносні втрати бензину .у подальшому виражатимемо в долях: $\delta = \Delta V_6 / V_6$). (Тоді відповідно у перших реченнях наведеної вище цитати замість слів „річні втрати бензину” треба поставити „річні відносні втрати бензину”).

На основі даних, взятих з першої та другої колонок таблиці 1 після її коригування, складаємо розрахункову табл. 2.

Таблиця 2

i	$V_6, \%$	δ	$\Delta V_6 = V_6 \delta, \%$	$V_{\text{п}} = 100 - V_6, \%$	$K_1 = \Delta V_6 / V_{\text{п}}$
1	90	0,003	0,27	10	0,027
2	80	0,006	0,48	20	0,024
3	70	0,010	0,70	30	0,023
4	60	0,016	0,96	40	0,024
5	50	0,022	1,10	50	0,022
6	40	0,036	1,44	60	0,024
7	20	0,099	1,98	80	0,025
8	10	0,225	2,25	90	0,025

На основі одержаних показників останньої колонки таблиці маємо для середньої кліматичної зони $K_1 \approx 0,025 = 1/40$. Аналогічно одержуємо для південної кліматичної зони $K_2 \approx 0,033 = 1/30$. Звідси маємо підтвердження: $K_1 < K_2$ та $N_1 = 0,75 N_2$ (тобто в середньому кількість викидів з даного резервуара в середній зоні становить лише 75% від кількості викидів у південній зоні при будь-якому ступені наповнення резервуара).

За рівнянням $\Delta V_6 = K_1 V_{\text{п}}$ та наслідками з нього: $\Delta V_6 = K_1 (100 - V_6)$;

$\delta = 100 K_1 / V_6 - K_1$, а також за даними таблиці 2 побудуємо теоретичний та емпіричний графіки – рис. 1, рис. 2, рис. 3 відповідно, кожен з яких показує тісний кореляційний зв'язок змінних величин, що ще раз підтверджує

справедливість виведеної математичної моделі (і наведеного в цитаті відношення δ_7/δ_1). (Для південної зони – графіки і висновки аналогічні).

Графіки, подані рисунками 1,2,3, відображають залежність (прямо чи опосередковано) між *втратами бензину* та *об'ємом газового простору над бензином* в резервуарі, одержану з урахуванням дослідних даних.

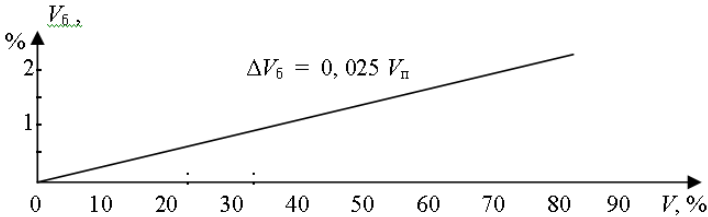


Рис. 1

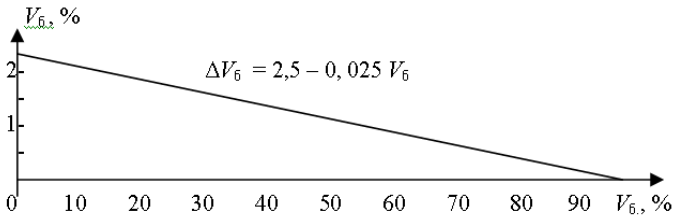


Рис. 2

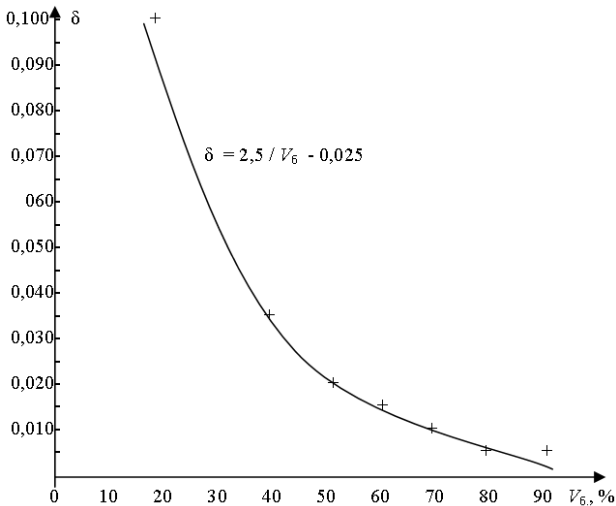


Рис. 3

А залежність кількості речовини ν ППС від змін T та меж змін p можна схематично подати графіком $\nu = pV/RT$ при $V = \text{const}$ у системі координат OT ν (рис. 4), де АВ – процес випаровування бензину і нагрівання ППС, точка В

– відкривання клапану викиду, ВС – адіабата, Δv_{BC} – втрата частини ППС (викид в атмосферу).

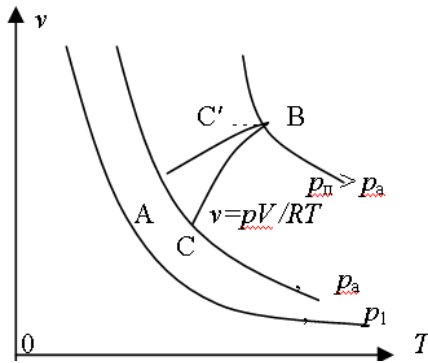


Рис. 4

Зауважимо, що замість $p_n > p_a$ площинного графіка (рис. 4) можна розглядати просторовий графік у системі координат $OTpv$ - на гіперболічному параболоїді $v=pV/RT$ (див. [2]).

Висновки.

У статті на основі конкретних числових даних стосовно річних втрат бензину від випаровування при зберіганні в резервуарах виконано наступне:

- введено поняття коефіцієнта разових втрат бензину $k = \rho_n \Delta p_n / (\rho_a p_a)$ і коефіцієнта річних втрат бензину $K = N k$ та одержано значення $K_1 = 1/40$;

- $K_2 = 1/30$ – відповідно для середньої та південної кліматичної зони;

- встановлено функціональну залежність річних втрат бензину ΔV_6 від об'єму газового простору V_n над бензином в резервуарі $\Delta V_6 = K_1 V_n$ та наслідки з неї: $\Delta V_6 = K_1 (100 - V_6)$, $\delta = 100 K_1 / V_6 - K_1$, де V_6 – ступінь заповнення резервуара бензином, δ - відносні річні втрати бензину;

- побудовані графіки виведених залежностей та схематичний графік залежності кількості речовини v в газовому просторі резервуара від температури і тиску.

Реалізація ноосферного підходу у ресурсозбереженні потребує подальших досліджень й інженерних розробок стосовно зберігання бензину.

Вважаємо, що матеріал статті може посприяти адаптації майбутнього фахівця до науково-дослідницької роботи.

Список літератури

1. **Лудченко О.А.** Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів. -К.: „Вища школа”, 2007. –511 с.
2. **Повар С.В.** Доцільність введення в шкільний курс математики гіперболічного параболоїда. / Педагогічні науки. Зб. наук. праць: Вип. 15. Ч.2. –Херсон: Айлант, 2000. –С. 67-73.