

ЗАПОБІГАННЯ ВИПАРОВУВАННЯ ПАЛИВА З БАКА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

*доцент Божок А.М.,
доктор технічних наук Лісовал А.А.,
кандидат технічних наук Рикова І.В.*

Наведено розроблену принципову схему та описано роботу автоматичного пристрою для запобігання випаровування палива з бака транспортного засобу. За результатами розрахункових дослідження перехідних процесів автоматичного пристрою дано рекомендації щодо розрахунку конструкції та настроювання пристрою.

An elaborated the basic scheme and described the work of the automatic device to prevent the evaporation of fuel from the tank vehicle. As a result of settlement research transients automatic device given recommendations for settlement construction and setting up the device.

Вступ. Економія палива є однією із основних умов зниження вартості транспортних перевезень. Витрати на паливо в загальних витратах на експлуатацію транспортних засобів (ТЗ) складають 18...20%. При оцінюванні витрат на паливо враховується та його кількість, що заливається в бак, а не спалена в циліндрах двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ). Через випаровування з паливного бака до ДВЗ, залежно від кліматичної зони, не доходить до 10% і більше залитого в бак палива. Випаровування не тільки завищує вартість транспортних перевезень, але й спричиняє пожежонебезпеку і забруднює довкілля. Причиною цьому є обмежені функціональні можливості паливних баків. Зазвичай їх використовують лише як резервуари для зберігання палива.

Постановка задачі і шляхи її вирішення. Витрата палива ТЗ залежить від значної кількості різних чинників, одним із яких є випаровування палива (бензину) з паливного бака. Випаровування бензину в 30...40 раз перевершує випаровування дизельного палива і залежить від ступеня заповнення бака. При заповнюванні бака на 90% річні витрати становлять 0,3% в центральній і 0,4% в південній кліматичній зоні, а при заповнюванні на 20% відповідно – 9,6% і 13,9% [1]. Паливні баки сучасних ТЗ потребують обладнання пристроями захисту від випаровування з них палива, що одночасно обумовлює пожежонебезпеку і забруднення довкілля.

Запропоновано конструкцію паливного бака з ізоляцією надридинного простору від повітря оточуючого середовища. Основна відмінність конструкції – це постійне сполученням із впускним трактом повітропостачання ДВЗ через комбінований кран, і періодичне сполучення зі штатним акумулятором стисненого повітря ТЗ через додатковий автоматичний пристрій. Додатковий пристрій включає підпружинену діафрагму з спеціальним клапаном.

Отримані результати. Розроблено принципову схему автоматичного пристрою для запобігання випаровування палива з бака ТЗ, шляхом відділення надридинного простору від атмосферного повітря при будь-якому його заповненні. Принципову схему показано на рис. 1, а.

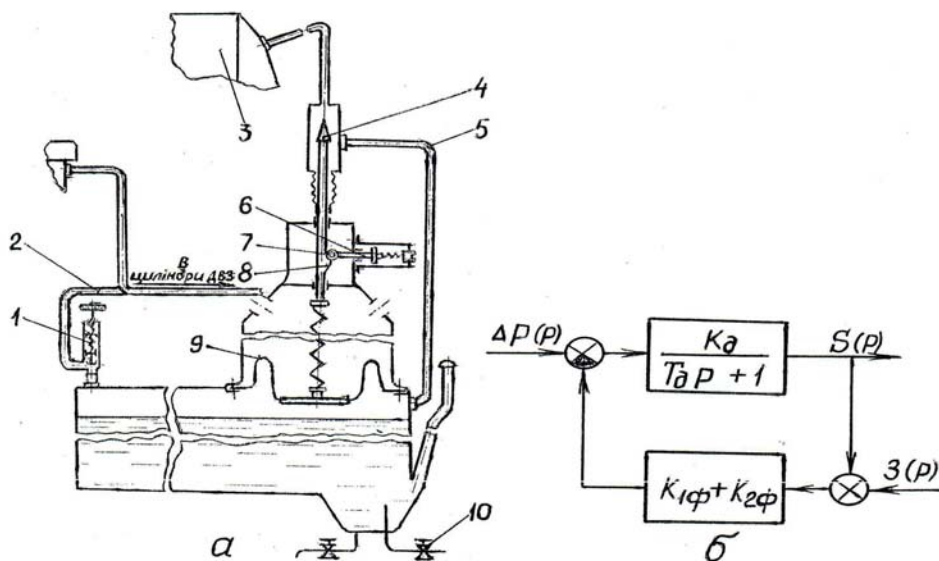


Рис. 1. Схеми пристрою для запобігання випаровування з паливного бака:
а – принципова; б – структурна.

Додатковий автоматичний пристрій включає діафрагму 9 з підпружиненим клапаном 4, який взаємодіє через упор 8 з фіксатором 6, і комбінований кран 1. Надрідинний простір під діафрагмою через кран 1 і пневмолінію 2 сполучається з впускним трактом ДВЗ, а через пневмолінію 5 і клапан 4 – зі штатним акумулятором 3 стисненого повітря ТЗ.

При працюючому ДВЗ під дією атмосферного повітря діафрагма 9 переміщується від верхнього до нижнього граничних рівнів. Надходження палива із бака в систему живлення забезпечується через кран 10. Протягом вільного ходу діафрагми 9 ролик 7 не в змозі перейти на протилежний бік упора 8 і клапан 4 закритий. Як тільки розрідження в надрідинному просторі бака перевершить допустиме значення дисбалансу сил на діафрагмі 9, остання опуститься і ролик 7 перейде на протилежний бік упора 8. Перепускний клапан 4 буде відкритий. Стиснене повітря із акумулятора 3 через пневмолінію 5 надходить в надрідинний простір, підвищуючи в ньому тиск і створюючи дисбаланс сил на діафрагмі 9. В результаті діафрагма 9 буде переміщатися вгору, здолає опір фіксатора 6, і ролик 7 перейде на протилежний бік упора 8. Клапан 4 буде закритий.

По мірі витрати палива і підвищенні тиску випарів палива в надрідинному просторі спрацьовує кран 1. Відбувається перепуск парів через пневматичну лінію 2 і систему повітропостачання в циліндри ДВЗ. Перепуск через кран 1 відбувається як при працюючому, так і непрацюючому ДВЗ.

Для оцінки працездатності паливного бака з автоматичним пристроєм виконані розрахункові дослідження перехідних процесів.

Вхідною величиною діафрагмового пневматичного клапана 4, як основного елемента пристрою, є тиск Δp_{ex} . Вихідною величиною при малих відхиленнях від зрівноваженого стану буде переміщення $\Delta S_{вих}$ клапана. При незначній швидкості руху інерційної системи діафрагмового клапана і наявності тертя, умова рівноваги сил, які діють на клапан має вид [2...4]

$$F_T + F_{np} = F_{ex} \quad (1)$$

Вхідне зусилля при активній площі діафрагми f буде дорівнювати

$$F_{ex} = \Delta p_{ex} \cdot f \quad (2)$$

Враховуючи, що сила в'язкого тертя пропорційна швидкості переміщення рухомої частини, визначили величину цієї сили

$$F_T = \mu d \Delta S_{макс} / dt, \quad (3)$$

де μ – коефіцієнт в'язкого опору.

Сила протидії пружини, яка діє на діафрагму, пропорційна її стисканню

$$F_{np} = c \cdot \Delta S_{вих}, \quad (4)$$

де c – жорсткість пружини.

Після підстановки значень сил (2), (3), (4) в рівняння (1), одержали

$$\mu d \Delta S_{макс} / dt + c \Delta S_{вих} = \Delta p_{ex} f. \quad (5)$$

Здійснили перехід до безрозмірних одиниць. Тиск і переміщення мають вид

$$p_{ex} = \Delta p_{ex} / p_{макс} \quad \text{і} \quad S_{вих} = \Delta S_{вих} / S_{макс},$$

звідки

$$\Delta p_{ex} = p_{ex} \cdot p_{макс} \quad \text{і} \quad \Delta S_{вих} = S_{вих} \cdot S_{макс},$$

де $p_{макс}$ і $S_{макс}$ – максимальна величина тиску на діафрагмі, при якому клапан 4 повністю закритий, і повний хід штока з клапаном.

З урахуванням цих значень диференціальне рівняння (5) набуде виду

$$\mu S_{макс} \cdot dS_{вих} / dt + c S_{макс} \cdot S_{вих} = p_{макс} f p_{ex} \quad (6)$$

При умові, що $c S_{макс} = p_{макс} f$, можна записати

$$\mu / c dX_{вих} / dt + S_{вих} = p_{ex}, \quad (7)$$

або

$$T_{\delta}p + 1 = K_{\delta}, \quad (8)$$

де $T_{\delta} = \mu/c$ – постійна часу, яка характеризує демпферні властивості діафрагмового пневматичного клапана; K_{δ} – коефіцієнт підсилення демпфера.

Рівняння (8) описує аперіодичну інерційну ланку діафрагмового пневматичного клапана, передаточна функція якого має вид

$$W_{\delta}(p) = K_{\delta} / (T_{\delta}p + 1) \quad (9)$$

Другим елементом автоматичного пристрою є підпружинений фіксатор з двоступеневим симетричним упором. Перша ступінь з кутом підйому α_1 відповідає переміщенню клапана в режимі «підвищена готовність до спрацювання», а друга ступінь з кутом α_2 – «переміщення в режимі спрацювання».

Позначивши вхідну величину S , а вихідну – x_{ϕ} , рух фіксатора б описали алгебраїчним рівнянням на ділянці α_1

$$x_{1\phi} = c_{\phi}(h+3)tg^2\alpha_1; \quad (10)$$

на ділянці α_2

$$x_{2\phi} = c_{\phi}(h+3)tg^2\alpha_2, \quad (11)$$

де 3 – сигнал від заданої настройки фіксатора б; c_{ϕ} – жорсткість пружини фіксатора.

Передаточні функції фіксатора з рівнянь (10), (11) по каналу його настроювання і спрацювання клапана матимуть вид

на ділянці α_1

$$W_{1\phi S}(p) = K_{1\phi} \quad (12)$$

і

$$W_{1\phi 3}(p) = K_{1\phi}, \quad (13)$$

на ділянці α_2

$$W_{2\phi S}(p) = K_{2\phi} \quad (14)$$

і

$$W_{2\phi 3}(p) = K_{2\phi}, \quad (15)$$

де $K_{1\phi}$ і $K_{2\phi}$ – коефіцієнти підсилення фіксатора б на ділянках α_1 і α_2 упора 8.

Аналіз принципової схеми автоматичного пристрою показав, що він утворений шляхом охоплення аперіодичної інерційної ланки $W_{\delta}(p)$ від'ємним зворотним зв'язком з підсилювальними ланками $W_{1\phi}(p)$ і $W_{2\phi}(p)$. З урахуванням цього складена структурна схема пристрою (рис. 1, б).

За структурною схемою при незмінному настроюванні фіксатора $[3(t) = 0]$ визначили передаточну функцію пристрою по каналу його спрацювання

$$W_{np}(p) = W_{\delta}(p) / (1 + W_{\delta}(p)(W_{1\phi}(p) + W_{2\phi}(p))). \quad (16)$$

З урахуванням (9) передаточна функція (16) буде

$$W_{np}(p) = K_{np} / (T_{np}(p) + 1), \quad (17)$$

де K_{np} – коефіцієнт підсилення пристрою, який дорівнює

$$K_{np} = K_{\delta} / (1 + K_{\delta}(K_{1\phi} + K_{2\phi})), \quad (18)$$

де T_{np} – постійна часу, що характеризує його інерційні властивості, яка дорівнює

$$T_{np} = T_{\delta} / (1 + K_{\delta}(K_{1\phi} + K_{2\phi})). \quad (19)$$

За структурною схемою вхідну величину автоматичного пристрою з урахуванням запізнення зміни розрідження описали у виді функції

$$p(t) = p_0(1 - \exp(-at)), \quad (20)$$

де a – характеристика крутизни зміни розрідження.

Перехідний процес переміщення виконавчого клапана 4 визначали за рівнянням

$$S = p_0 K_\delta ((1 - \exp(-(1 + K_\delta(K_{1\phi} + K_{2\phi}))t / T_\delta)) / 1 + K_\delta(K_{1\phi} + K_{2\phi})) - \exp(-(1 + K_\delta(K_{1\phi} + K_{2\phi}))t / T_\delta)) / (1 + K_\delta(K_{1\phi} + K_{2\phi}) - aT_\delta). \quad (21)$$

Одержане рівняння (21), що описує рух виконавчого механізму пристрою, було використано для розрахункового дослідження перехідних процесів. при таких параметрах: $T_\delta = 0,25; 0,5; 0,75$ і $1,0$; $K_\delta = 5,88$; $K_{1\phi} = 0,01$; $K_{2\phi} = 0,02; 0,05; 0,10$ і $0,20$; $a = 2,85$; $p_0 = 0,4$.

На рис. 2 показані результати дослідження, які характеризують залежність оцінюваних параметрів від інерційних властивостей і коефіцієнта підсилення фіксатора по каналу зворотного зв'язку в режимі спрацювання автоматичного пристрою.

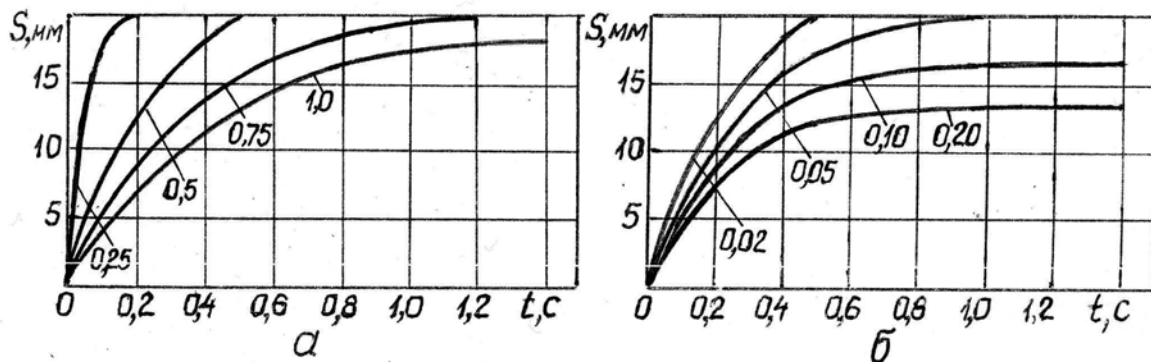


Рис. 2. Перехідні процеси автоматичного пристрою при варіюванні:
а – постійною часу T_δ ; б – коефіцієнтом підсилення $K_{2\phi}$.

Криві перехідного процесу свідчать, що час при якому здійснюється переміщення ролика на протилежну сторону упора залежить від значень T_δ і $K_{2\phi}$. При збільшенні T_δ перехідний процес запропонованого пристрою сповільнюється, і навпаки. Тривалість перехідного процесу зростає також із збільшенням $K_{2\phi}$. Величина $K_{2\phi}$ є основною перешкодою переходу ролика на протилежний бік упора. Від мінімального значення цього коефіцієнта залежить невимушене спрацювання пристрою.

Висновок. Для запобігання випаровування палива необхідно паливні баки ТЗ оснащувати локальним діафрагмовим виконавчим механізмом, охопленим від'ємним зворотним зв'язком. Для підвищення готовності автоматичного пристрою до спрацювання контур зворотного зв'язку повинен складатися із двох коефіцієнтів підсилення ($K_{1\phi}$ і $K_{2\phi}$).

Рекомендовано величину другого коефіцієнта підсилення по відношенню до першого приймати в 2...3 рази більшою. В конструкції фіксатора необхідно передбачати механізм ручного настроювання.

Література

1. Борзенков В.А. Нефтепродукты для сельскохозяйственной техники / В.А.Борзенков, М.А.Воробьев, Н.А.Кузнецов, А.Н.Никифоров. – Справ. изд.– М.: Химия, 1988. – 288 с.
2. Емельянов А.И. Практические расчеты в автоматике / А.И.Емельянов, В.А.Емельянов, С.А.Калинина. – М.: Машиностроение, 1967. – 316 с.
3. Кожевников С.Н. Механизмы. Справочник / С.Н.Кожевников, Я.Н.Есипенко, Я.М.Раскин. – Изд. 4-е, перераб. и доп. Под ред. С.Н. Кожевникова. – М.: Машиностроение. 1976. – 784 с.
4. Бесекерский В.А. Теория автоматического регулирования / В.А.Бесекерский, Е.П.Попов. – М.: Наука, 1975. – 768 с.