

УДК 621.431.37.001.76: 629.33/36

ДО УДОСКОНАЛЕННЯ ПАЛИВНОГО БАКА МОБІЛЬНО-ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ З ІЗОЛЬОВАНИМ НАДРІДИННИМ ПРОСТОРОМ

В.І. Дуганець, канд. техн. наук,
А.М. Божок, доцент,
В.В. Майсус, старший викладач,
М.П. Волинкін, магістрант
Подільський ДАТУ

Наведено принципову схему та описано роботу удосконаленого паливного бака мобільно-енергетичного засобу, а також результати його дослідження.

Ключові слова: паливний бак, надрідинний простір, диференціатор, фіксатор, підсумовуючий важіль, демпфер, діафрагма.

Проблема. Для безперебійної роботи двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) всіх мобільно-енергетичних засобів (МЕЗ) з повним навантаженням протягом не менше 10 годин вони обладнуються паливними баками (ПБ) із залитими горловинами, у верхній частині яких розміщені кришки з паровим і повітряним клапанами. Випускний клапан, навантажений пружиною, відкривається і випускає пару в навколишнє середовище, коли в результаті випаровування пального тиск пари в баку збільшиться і перевершить на $0,01 \dots 0,18$ МПа атмосферний. При витраті пального тиск в ПБ понижується і при досягненні $0,002 \dots 0,004$ МПа відкривається повітряний клапан, через який поступає навколишнє повітря, забезпечуючи в його надрідинному просторі атмосферний тиск [1,2]. Недоліком сучасних ПБ є втрата пального через випаровування, яка в літній період залежно від температури може досягати, наприклад для бензину, 13% від загальної витрати. Крім цього, пари пального створюють вибухо- і пожежонебезпеку, а також погіршують екологію довкілля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомий ПБ (Патент України №68467) з ізольованим від навколишнього середовища надрідинним простором, з якого все залите паливом і утворена пара виходить тільки через циліндри

ДВЗ. В ньому кришка заливної горловини виконана без парового і повітряного клапана, а необхідний тиск у надрідинному просторі регулюється подачею від штатного акумулятора МЕЗ додаткового стисненого повітря. Однак, крім функціонально необхідних і додатково приєднаних до штатного ПБ пневмолінії з комбінованим краном, яка сполучає його надрідинний простір із системою повітропостачання для відсмоктування пари з нього з подальшим спалюванням в циліндрах ДВЗ, а також пневмолінії сполучення його акумулятором стисненого повітря МЕЗ з виконавчим клапаном, кінематично зв'язаним з діафрагмою, локально розміщеною у верхній частині, не містить динамічних ланок, можливого форсування швидкодії регулюючих сигналів для зменшення запізнювання передачі їх від діафрагми до клапана перепуску повітря.

Мета дослідження. Виявити можливості удосконалення ПБ шляхом форсування швидкодії сигналів регулювання виконавчого клапана.

Результати досліджень. Удосконалений принципово новий (патент України № 85140) ПБ з можливим корегуванням сигналу регулювання тиску в надрідинному просторі був розроблений на кафедрі «Транспортні технології та енергетичні засоби» Подільського державного аграрно-технічного університету (ПДАТУ, м. Кам'янець-Подільський).

Паливний бак містить корпус 1 (рис. 1) з розміщеними в нижній частині заглибленням 32, забірною трубкою 34, витратним 33 і зливним 35 кранами і заливною горловиною 31 з герметичною кришкою 30, а у верхній частині — механізм 28 з діафрагмою 40, зв'язаною через пружину 27 зі штоком 22 пневматичного диференціатора 9. На штокові розміщений упор 42, взаємодіючий з роликком 43 фіксатора 23.

Диференціатор складається з корпусу 10, кришки 14, установлені між ними діафрагми 12 з дроселюючими отворами 13 і штоком 15, зв'язаним з одним плечем підсумовуючого важеля 18, друге плече якого — з перепускним клапаном 20 на пневмолінії 29, а середня частина через плоску пружину 17 — зі штоком 22.

Надрідинний простір ПБ сполучається зі штатною системою 7 повітропостачання за повітроочисником 8 через пневмолінію 6 з комбінованим краном 37 і ділянкою 2 із прозорого матеріалу, для контролю верхнього рівня палива при заливні в бак. Кран 37 автоматичної і ручної дії містить клапан 36, шток 3 якого через пружину 4 зв'язаний з сідлом 5, взаємодіючим з гвинтом 38 настроювання клапана 36 на шток автоматичного або ручного спрацювання.

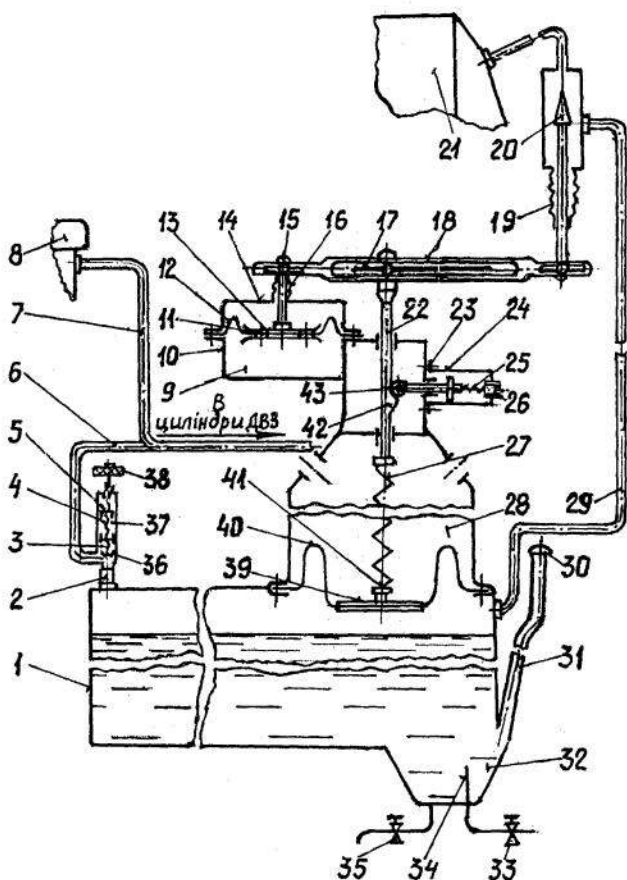


Рис.1. Принципова схема удосконаленого паливного бака:

1, 10 — корпуси; 2 — прозора ділянка; 3, 15, 22 — штоки; 4, 17, 25, 27 — пружини; 5, 41 — сидла; 6, 29 — пневмолінії; 7 — система повітропостачання; 8 — повітроочисник; 9 — диференціатор; 11 — отвір; 12, 40 — діафрагми; 13, 39 — основи; 14, 30 — кришки; 16, 19 — гофровані чохла; 18 — підсумовуючий важіль; 20, 28, 36 — клапани механізми; 21 — акумулятор стисненого повітря; 23 — фіксатор; 24 — втулка; 26, 38 — регулювальні гвинти; 31 — заливна горловина; 32 — заглиблення; 33, 35, 37 — крани; 34 — забірна трубка; 42 — упор; 43 — ролик

При роботі ДВЗ у впускному тракті створюється розрідження і діафрагма 40, під дією атмосферного тиску переміщується донизу, забезпечує через трубку 34 і кран 33 вільне і безперебійне постачання пального з бака в систему живлення. При цьому ролик 43 підтиснутий пружиною 25 на упор 42 утримує клапан 20 закритим. З витратою пального від верхнього до нижнього рівня, що відповідає певному ходу діафрагми 40, остання, під дією дисбалансу атмосферного тиску і розрідження в ПБ, через пружину 27, здолавши зусилля пружини 25, буде переміщатися донизу. Протягом періоду витрати пального, що відповідає вільному ходу діафрагми 40, ролик 43 переміщується по поверхні упору 42, однак не в змозі перейти на його протилежний бік і клапан 20 закритий, а повітря із акумулятора 21 пневмолінією 29 в надрідинний простір бака не поступає.

Із збільшенням розрідження і дисбалансу сил, діючих на діафрагму 40, вона, долаючи зусилля пружини 25, опуститься, а ролик 43 різко перейде на протилежний бік упору 42 і перемістить важіль 18, від чого його плече, з'єднане з діафрагмою 12, через дроселювання повітря в отворах 11 затримається, що викличе додаткове переміщення клапана 20, яке буде пропорційне швидкості (першій похідній) змінювання тиску в надрідинному просторі. Від дії двох регулюючих сигналів: - першого пропорційного зменшенню тиску і другого, пропорційного першій похідній його зменшення, клапан 20 відкриється з певним випередженням, і повітря з акумулятора 21 пневмолінією 29 інтенсивніше поступатиме в надрідинний простір ПБ, підвищуючи в ньому тиск. В уставленому режимі і зрівноваженні сили опору перетікання повітря через отвори 11 і жорсткості пружини 17, важіль 18 зі штоком 22 утворить прямий кут, а складова сигналу, пропорційна першій похідній зникне і повітря буде поступати в надрідинний простір за сигналами, пропорційними тільки збільшення в ньому тиску. Від дії дисбалансу сил надлишкового і атмосферного тиску, діафрагма 40 переміститься вгору на величину, при якій ролик 43 перейде на протилежний бік упору 23, а клапан 20 різко перекриє вихід повітря із акумулятора в надрідинний простір ПБ за аналогічними сигналами, пропорційними як збільшенню тиску, так і першій похідній його збільшення. В обох випадках перерегулювання тиску і тривалість перехідного процесу зменшаться.

При будь-якому рівні пального в ПБ як при працюючому, так і не працюючому ДВЗ, від дії температури навколишнього середовища, тиск пари в надрідинному просторі підвищиться до величини спрацювання крана 37. Під

тиском пари клапан 36 автоматично підніметься, забезпечуючи перепуск її із надрідинного простору через пневмолінію 6 і систему повітропостачання ДВЗ в його циліндри. Для забезпечення ручного перепуску пари використовується регулювальний гвинт 38.

Компенсація додаткового приросту об'єму пального від його температурного розширення буде за рахунок надрідинного простору і податливості діафрагми.

Вхідною величиною діафрагмового чутливого механізму тиску, при відліку в малих приростах від динамічного рівноважного стану, є тиск ΔP , а вихідною — переміщення Δh зв'язаного з нею штока. Він може бути описаний диференціальним рівнянням

$$T_1 \frac{dh}{dt} + h = K_1 \Delta P, \quad (1)$$

або в операторній формі запису [3]

$$(T_1 p + 1) p = K_1 \Delta P. \quad (2)$$

Тут постійна часу, що характеризує інерційні властивості чутливого механізму, рівна

$$T_1 = \frac{F(C_1 h_0 + P_i F)}{\alpha C_1 R \theta}, \quad (3)$$

а коефіцієнт його підсилення

$$K_1 = \frac{F}{C_1}, \quad (4)$$

де F — ефективна площа діафрагми; C_1 — жорсткість пружини діафрагми; P_n — розрідження на початку руху штока діафрагми; R і θ — постійна часу і абсолютна температура суміші пари з повітрям; $\alpha = \frac{M_{cp}}{P_m - P_n}$ — коефіцієнт витрати суміші; M_{cp} — середньоінтегральна величина витрати суміші в інтервалі розрідження P_n — і максимальна P_m ; $P = \frac{d}{dt}$ — оператор перетворення Лапласа.

Із рівняння (2), що являє собою рівняння аперіодичної інерційної ланки, передаточна функція матиме вигляд:

$$W_1(p) = \frac{K_1}{T_1 p + 1}. \quad (5)$$

Другою динамічною ланкою є підпружинений фіксатор з двоступінчастим упором. При цьому нижній упор з кутом підйому α_1 , відповідає переміщенню штока в режимі підвищеної готовності до спрацювання, а верхній упор з кутом α_2 — переміщенню його в режимі спрацювання.

При вхідній координаті h , а вихідній — x_ϕ , рух фіксатора опишеться наступними алгебраїчними рівняннями [6]:

- на нижньому упорі α_1

$$x_{1\phi} = (C_\phi h + 3) \operatorname{tg}^2 \alpha_1; \quad (6)$$

- на верхньому упорі α_2

$$x_{2\phi} = (C_\phi h + 3) \operatorname{tg}^2 \alpha_2, \quad (7)$$

де 3 — дія на фіксатор сигналу по каналу його настроювання; C_ϕ — жорсткість пружини фіксатора.

Із рівнянь (6), (7) передаточні функції фіксатора по каналу його настроювання і спрацювання матимуть вигляд:

- на упорі α_1

$$W_{3h}(p) = K_3, \quad (8)$$

і

$$W_{33}(p) = K_3; \quad (9)$$

- на упорі α_2

$$W_{4h}(p) = K_4; \quad (10)$$

і

$$W_{43}(p) = K_4. \quad (11)$$

Тут K_3 і K_4 — коефіцієнти підсилення фіксатора відповідно на нижньому і верхньому упорі.

Із аналізу принципової схеми ПБ витікає, що чутливий механізм тиску утворений шляхом охоплення аперіодичної інерційної ланки $W_1(p)$ від'ємним зворотнім зв'язком з підсилюючими ланками $W_3(p)$ і $W_4(p)$ [3].

Динамічною ланкою форсуючою швидкодію регулюючого сигналу є пневмомеханічний диференціатор, входом якого є переміщення штока $22 h$, а вихідною — переміщення клапана $20 h_1$. Динаміка його руху описується диференціальним рівнянням наступного вигляду:

$$T_2 \frac{dh_1}{dt} + h_1 = K_2 h, \quad (12)$$

або в операторній формі запису

$$(T_1 p + 1)h_1 = K_2 h. \quad (13)$$

Тут постійна часу диференціатора, рівна

$$T_2 = \frac{v}{C} \left(\frac{l_2}{l_3} \right)^2, \quad (14)$$

а коефіцієнт підсилення по похідній

$$K_2 = 1 + \frac{l_1}{l_2}, \quad (15)$$

де v — коефіцієнт пневматичного демпфування; C — жорсткість пружини; l_1 , l_2 і l_3 — значення довжини плеч підсумовуючого важеля, величина яких залежить від місць прикладання зусиль і моментів.

Із рівняння (13) передаточна функція диференціатора буде мати вираз [3]

$$W_2(p) = \frac{K_2 T_2 p + 1}{T_2 p + 1}, \quad (16)$$

із якого випливає, що виходом його є не тільки само змінювання вхідної координати, але й похідна від неї.

Відповідно до принципової схеми (рис. 1) і з урахуванням формул (5), (8-11) і (16) механізм регулювання тиску в надрідинному просторі ПБ, утворений паралельним з'єднанням аперіодичної і підсилювальної ланки, з послідовним приєднанням до них диференціюючої $W_2(p)$ ланки. Структурна схема такого з'єднання представлена на рис. 2 для режиму його спрацювання, а загальна передаточна функція матиме вигляд [3,4].

$$\begin{aligned} W(p) &= [W_1(p) + W_4(p)] \cdot W_2(p) = \\ &= \left(\frac{K_1}{T_1 p + 1} + K_4 \right) \cdot \left(\frac{K_2 T_2 p + 1}{T_2 p + 1} \right) = \\ &= \frac{K T_1' p + 1}{T_1 p + 1} \cdot \frac{K_2 T_2 p + 1}{T_2 p + 1}, \end{aligned} \quad (17)$$

де $K = K_1 + K_4$ — загальний коефіцієнт підсилення ланки охопленої від'ємним зворотнім зв'язком; $T_1' = \frac{K_4 T_1}{K_1 + K_4}$ — постійна часу ланки.

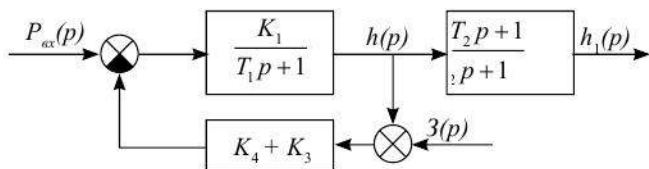


Рис. 2. Структурна схема механізму регулювання тиску

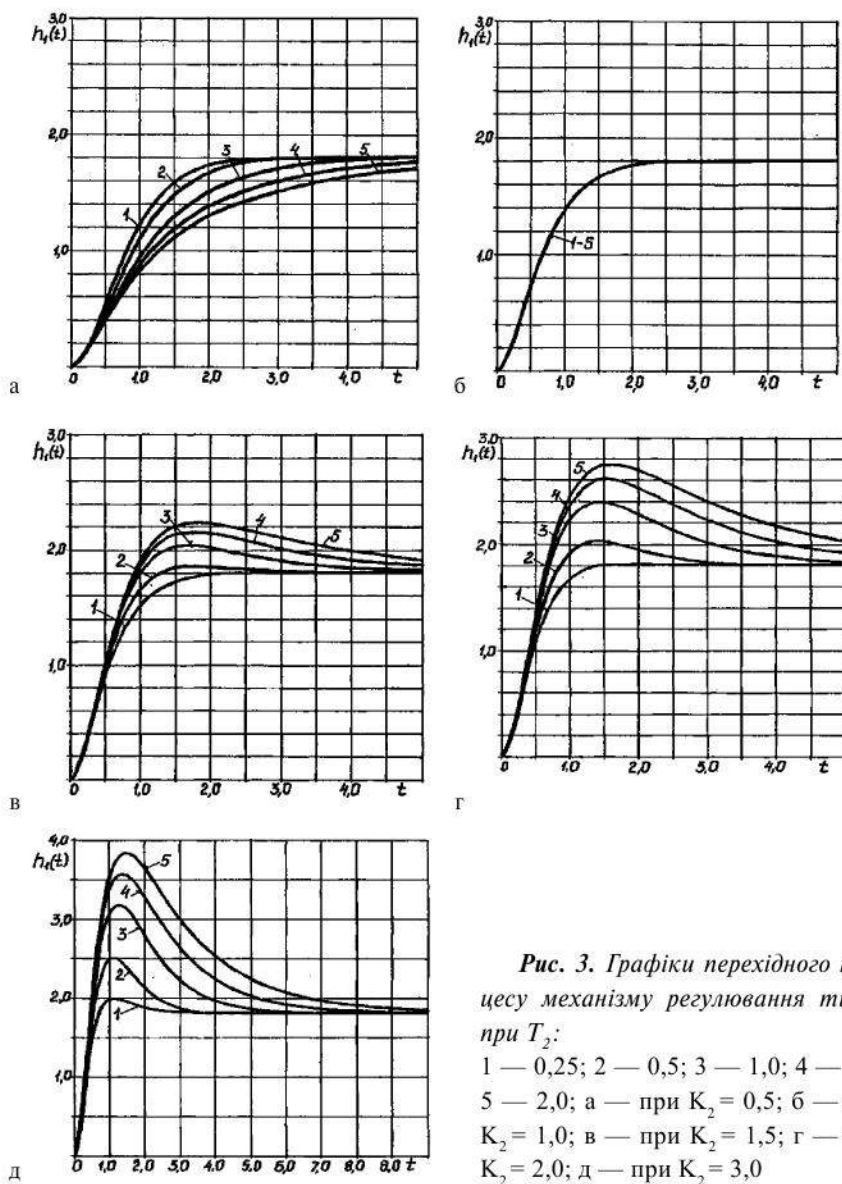
Через запізнювання, обумовлені місцевими і лінійними опорами впускного тракту, а також деформацію діафрагми, характер змінювання тиску в надрідинному просторі матиме вигляд

$$P(t) = P_0(1 - \exp(-at)), \quad (18)$$

де a — характер крутизни змінювання тиску.

Із структурної схеми (рис.2) удосконаленого паливного бака перехідні процеси представляються наступним виразом(19)

$$h_1(t) = \frac{K_1}{T_1 T_2 \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1 + K_1(K_3 + K_4)}{T_1} \right)} \left\{ 1 - \right. \\ \left. - K_2 T_2 \frac{1 + K_1(K_3 + K_4)}{T_1} \left[- \frac{T_1}{1 + K_1(K_3 + K_4)} \left(e^{\frac{-1 + K_1(K_3 + K_4)}{T_1} t} - 1 \right) - \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{1}{1 + K_1(K_3 + K_4)} \frac{1}{T_1} \left[e^{\frac{-1 + K_1(K_3 + K_4)}{T_1} t} - e^{-at} \right] \right] - \right. \\ \left. - (1 - K_2) \left[-T_2 \left(e^{\frac{-t}{T_2}} - 1 \right) - \frac{1}{a - \frac{1}{T_2}} \left(e^{\frac{-t}{T_2}} - e^{-at} \right) \right] \right\} P_0. \quad (19)$$



На (рис. 3) показані графіки перехідного процесу механізму регулювання тиску в надрідинному просторі удосконаленого ПБ, отримані за дослідженнями останнього виразу. Із кривих перехідного процесу випливає, що швидкодії регулюючих сигналів перепускного клапана збільшується із зменшенням T_2 і збільшенням K_2 . При цьому різко зростає перерегулювання клапана, яке із зменшенням K_2 зникає і процес асимптотично переходить на рівень усталеного режиму. Характер перехідного процесу не залежить від постійної T_2 диференціатора при коефіцієнті підсилення $K_2=1$, але при відсутньому перерегулюванні значно зростає його тривалість. Тому для підвищення швидкодії клапана значення K_2 необхідно вибирати якомога більшим, виходячи з конструктивних можливостей технічної реалізації диференціатора.

Висновки. Для підвищення швидкодії сигналів регулювання клапана перепуску повітря із акумулятора МЕЗ у надрідинний простір паливного бака необхідно в закон регулювання вводити складову пропорціональну швидкості (першій похідній) змінювання в ньому тиску. Формування корегуючих сигналів здійснювати за допомогою розміщеного між штоком діафрагми і клапаном пневматичного диференціатора з механічним підсумовуванням їх із сигналами пропорційними змінюванню тиску.

Бібліографія

1. *Гуревич А.М., Сорокин Е.М.* Тракторы и автомобили. — Изд. 4-е, перераб. и доп. — М.: Колос, 1979 — 479 с.
2. *Родичев В.А., Родичева Г.И.* Тракторы и автомобили. — 2-е, изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1987. — 320 с.
3. *Иващенко Н.М.* Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем. Учебник для вузов. Изд. 4 — е, перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1978. — 736 с.
4. *Васильев Д.В., Чуич В.Г.* Системы автоматического управления. — М.: Высшая школа, 1967. — 420 с.
5. *Кожевников С.Н., Есипенко Я.И., Раскин Я.М.* Механизмы. Справочник. Изд. 4-е, перераб. и доп. Под. Ред. С.Н. Кожевникова. — М.: Машиностроение, 1976. — 784 с.
6. *Бронштейн И. Н., Семендяев К.А.* Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. — М.: Наука, Главная редакция физ.-мат. л-ры, 1981. — 720 с.

К УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТОПЛИВНОГО БАКА МОБИЛЬНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА С ИЗОЛИРОВАННЫМ СВЕРХЖИДКОСТНЫМ ПРОСТРАНСТВОМ

Приведена принципиальная схема и описана работа усовершенствованного топливного бака мобильно-энергетического средства, а также результаты его исследования.

Ключевые слова: *топливный бак, сверх жидкостное пространство, дифференциатор, фиксатор, суммирующий рычаг, демпфер, диафрагма.*

TO IMPROVE THE FUEL TANK MOBILE-POWER TOOLS WITH INSULATED OF LIQUID SPACE

The schematic diagram is represented and is described the work of the schematic improved fuel tank for the mobile power tool and the result of its exploration.

Key words: *fuel tank, underfluid elbowroom, differentiator, retainer, summing level, damper, diaphragm.*