МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

О. В. Білогуб

СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ АВІАЦІЙНИХ ПОРШНЕВИХ ДВИГУНІВ

Частина 1

КАРБЮРАТОРИ

Навчальний посібник

Харків «ХАІ» 2022

УДК 621.43.036
Б41

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. В. О. Пильов,
канд. техн. наук, доц. А. М. Лєвтєров

Білогуб, О. В.

Б41 Системи живлення авіаційних поршневих двигунів [Текст] : навч. посіб. Ч. 1. Карбюратори / О. В. Білогуб. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2022. – 88 с.

ISBN 978-966-662-885-8

Розглянуто принцип дії карбюраторів авіаційних двигунів, їх характеристики. Наведено приклади конструкцій карбюраторів поширених в авіації поршневих двигунів.

Для студентів спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» спеціалізацій «Авіаційні двигуни і енергетичні установки», «Проектування, експлуатація, діагностика, технічне обслуговування та ремонт авіаційних двигунів та енергетичних установок» при курсовому та дипломному проєктуванні.

Іл. 63. Табл. 2. Бібліогр.: 10 назв

УДК 621.43.036

© Білогуб О. В., 2022
© Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2022

ISBN 978-966-662-885-8

1. ПРИЗНАЧЕННЯ СИСТЕМ ЖИВЛЕННЯ

Системи живлення призначено для подавання в циліндри двигуна палива й повітря в кількості, потрібній на актуальному режимі його роботи.

До складу систем паливозабезпечення входять: прилади та пристрої для зберігання певного запасу палива, контролю за його витратою; пристрої для очищення палива (і повітря); пристрої для дозування палива (і повітря); пристрої для створення паливоповітряної суміші певних кондицій (рис. 1).

У бензинових двигунах наявність пристроїв для дозування повітря є обов'язковою, окремих пристроїв для створення паливоповітряної суміші певного складу може й не бути, їх функції виконуватимуть впускний колектор і циліндр.

У двигунах на важкому паливі пристроїв для дозування повітря зазвичай немає.

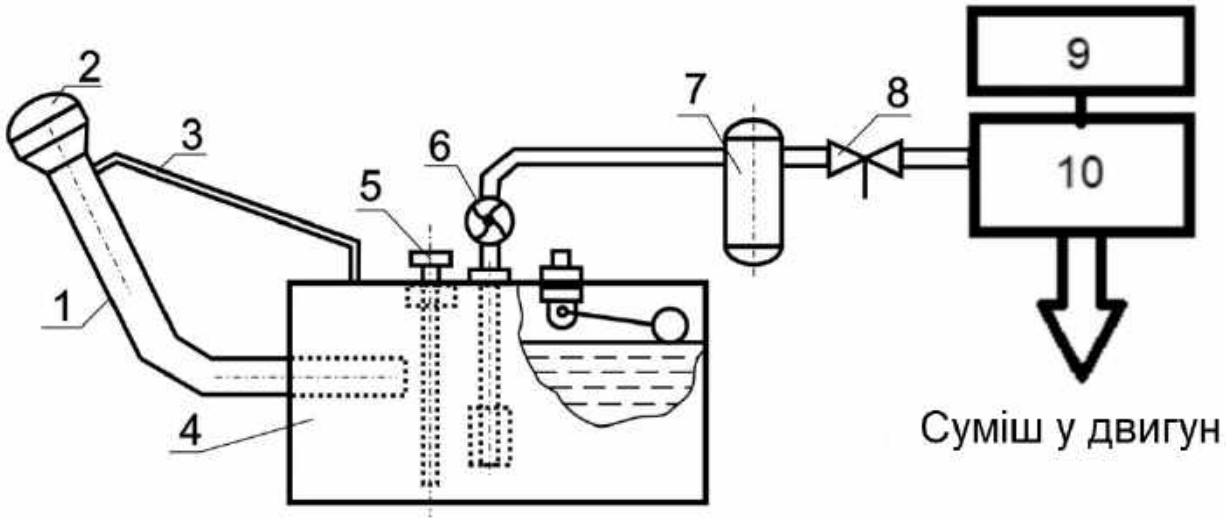

Рис. 1. Схема системи живлення:
1 – заливна труба; 2 – заливна горловина з пробкою; 3 – дренажна трубка;
4 – паливний бак; 5 – щуп; 6 – підкачувальний насос; 7 – паливний фільтр;
8 – перекривний кран; 9 – повітряний фільтр; 10 – пристрої подавання, дозування та змішування повітря й палива

Є три загальні схеми систем живлення поршневих бензинових двигунів:

– з карбюратором;

– з упорскуванням у впускний колектор (моновпорскування й багатоточкове впорскування);

– з упорскуванням у циліндр.

2. КАРБЮРАТОРНІ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ

2.1. Загальні відомості

Залежно від способу подання палива в карбюратор розрізняють дві системи живлення: примусову (рис. 2) і самопливом. За характером подання повітря в циліндри карбюраторні двигуни можуть бути без наддування і з наддуванням. При системі живлення самопливом бак зазвичай розташовують вище двигуна на 300...500 мм.

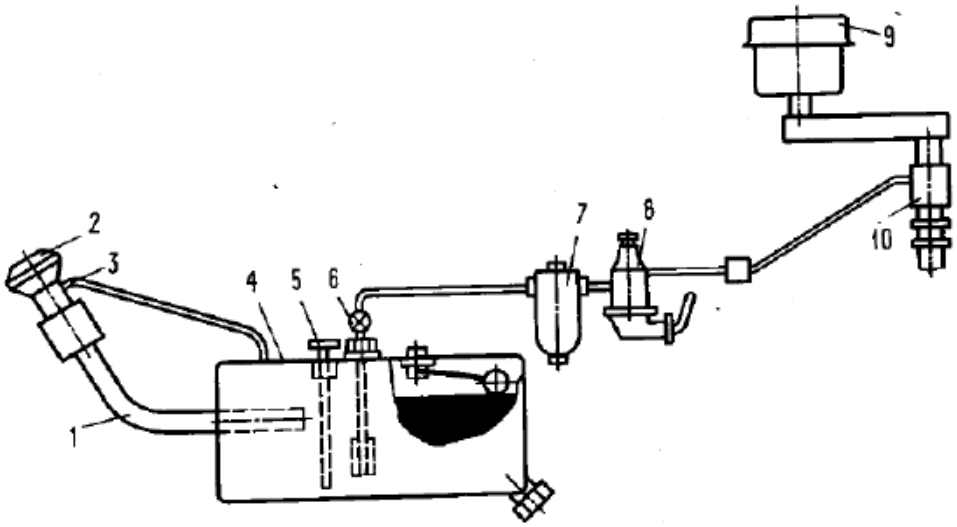

Рис. 2. Схема системи живлення з примусовим поданням палива карбюраторного двигуна: 1 – заливна труба; 2 – заливна горловина з пробкою; 3 – дренажна трубка; 4 – паливний бак; 5 – щуп; 6 – підкачувальний насос; 7 – фільтр; 8 – перекривний кран; 9 – повітряний фільтр; 10 – карбюратор

У комбінованих карбюраторних двигунах до складу системи живлення включається компресор. Він може бути розташований після карбюратора або до нього. У першому випадку в компресорі стискається суміш повітря з парами й краплями палива, що забезпечує хороше їх перемішування. Одночасно відбувається випаровування крапель палива, унаслідок чого знижується температура суміші. Останнє дає змогу при одній і тій же адіабатній роботі компресора збільшити ступінь підвищення тиску в ньому.

Недоліком цієї схеми є ймовірність пошкодження компресора при зворотних спалахах (у разі збіднення суміші і під час роботи на малих навантаженнях двигунів з великим перекриттям клапанів). Тому у впускних патрубках установлюють спеціальні сітки, що перешкоджають проникненню полум'я у впускний трубопровід, що збільшує опір на впуску. Недоліком розташування компресора після карбюратора є також те, що під час роботи на режимах малих навантажень недостатньо добре

розпорошене паливо фракціонується в компресорі, важкі фракції, що не випарувалися, осідають на стінках дифузора й завитки, а в циліндр прямують тільки пари легких фракцій. При збільшенні частоти обертання колінчастого вала і навантаження двигуна рідкі важкі фракції палива, що осіли на стінках компресора, підхоплюються повітрям. Це призводить до збагачення суміші й до порушення нормальної роботи двигуна.

Перевагою установлення компресора до карбюратора є більш близьке розташування останнього до циліндрів, що забезпечує хорошу прийомистість двигуна. Нагріте внаслідок стиснення в компресорі повітря покращує випаровування палива в карбюраторі. Компресор менше піддається шкідливому впливу зворотних спалахів. Крім того, зменшуються розміри дифузора карбюратора, оскільки густина суміші збільшується. Однак при такій схемі карбюратор і вся паливна система перебувають під тиском.

Процес приготування суміші в карбюраторних двигунах складається з розпилювання палива, його випаровування й перемішування з повітрям. Усі процеси відбуваються одночасно. Безпосередньо в карбюраторі практично неможливо добитися повного випаровування палива. Цей процес починається в карбюраторі, триває у впускному трубопроводі й закінчується в циліндрі двигуна.

На процес утворення горючої суміші з палива і повітря – карбюрацію – впливають такі основні фактори:

1. **Час**, відведений на приготування горючої суміші. Чим більшою є частота обертання вала двигуна, тим меншим є час перебігу процесу сумішоутворення. Так, наприклад, при частоті обертання колінчастого вала 3000 об/хв час на сумішоутворення становить близько 0,02 с. У зв'язку з цим виникають труднощі із забезпеченням повного випаровування палива, хорошого перемішування палива з повітрям, рівномірного розподілу парів палива в повітрі й суміші по циліндрах двигуна і т. д.
2. **Температура** навколишнього середовища і тепловий стан двигуна. Залежно від температури повітря і двигуна змінюється температура суміші. Зі зростанням температури суміші поліпшується випаровування палива, а отже, і якість суміші, але зменшується масове наповнення циліндра. Останнє призводить до зниження потужності двигуна.
3. **Схема і конструкція** карбюратора і впускної системи двигуна, а також форма його камери згоряння. Конструктивні особливості цих елементів не тільки впливають на якість сумішоутворення, але й значною мірою визначають рівномірність розподілу суміші по циліндрах та ідентичність її складу в них на різних режимах роботи.
4. **Якість застосовуваного палива**. Наприклад, підвищений уміст у бензині фракцій, що легко випаровуються, обумовлює кращу

рівномірність розподілу бензину в повітрі та більш високий уміст його парів у суміші.

Розпилювання палива може відбуватися тільки при наявності різниці швидкостей руху повітря й палива: зі збільшенням відносної швидкості руху повітря розпилювання покращується. Досліди показують, що розпадання струменя палива починається при швидкості повітря відносно струменя палива близько 4...6 м/с. При відносній швидкості повітря/палива 30 м/с забезпечується майже повне розпилювання струменя. Паливо, яке надійшло з розпилювача карбюратора, дробиться на краплі. Розмір крапель залежить від відносної швидкості повітря й палива, а також від властивостей останнього. Дроблення палива поліпшується з підвищенням його температури (зменшується коефіцієнт поверхневого натягу) і відносної швидкості руху палива й повітря.

З поверхонь крапель насамперед випаровуються найбільш легко киплячі складові палива. При цьому чим вищою є швидкість повітря, тим інтенсивнішим є випаровування. Незважаючи на порівняно високі швидкості руху палива, у дифузорі й камері змішувача в карбюраторі випаровується лише невелика частина палива. Краплі рідкого палива під час руху частково осідають на стінках впускного трубопроводу, а частково в завислому стані рухаються разом з потоком повітря. Найбільш інтенсивно краплі палива осідають на стінках одразу ж після виходу з дифузора. На деяких режимах роботи двигуна в цьому місці осідає 20...30 % палива, що витікає з розпилювачів. Осідання крапель відбувається і при подальшому русі палива по трубопроводу.

Для забезпечення нормального проходження робочого процесу двигуна необхідно, щоб рідка плівка не досягала впускних клапанів. В іншому випадку різко збільшиться неоднорідність складу суміші в різних циліндрах. (Паливо, що осіло на стінку, утворює плівку, яка рухається в напрямку до циліндрів зі швидкістю, приблизно в 50 разів меншою, ніж швидкість руху суміші).

Ідеальною є суміш, у якій усе паливо перебуває в паровій фазі і є рівномірно перемішаним із повітрям.

Випаровування палива супроводжується зниженням температури суміші. Кількість теплоти, що витрачається на випаровування палива, кДж/с, визначається формулою

$$Q_{if} = x_f r_f G_f, \qquad (1)$$

де x_f – частка випаровуваного палива; r_f – прихована теплота випаровування; G_f – витрата пального.

Якщо суміш не підігрівається, то випаровування палива обумовлюється теплотою палива й повітря, унаслідок чого їх палива і повітря температури знижуються на величину

$$\Delta T_x = x_f r_f / \left(C_f + \alpha \; l_0 C_{air} \right), \qquad (2)$$

де ΔT_x – зниження температури суміші; C_f, C_{air} – питомі теплоємності палива й повітря; α – коефіцієнт надлишку повітря; l_0 – стехіометричне співвідношення.

Мінімальна температура суміші $T_{сум}$ має бути такою, щоб при її зниженні на величину при повному випаровуванні палива ($x_п$ = 1) вона не виявилася меншою від температури T_x насичених парів при поточному тиску. У протилежному випадку повного випаровування палива не відбудеться.

У табл. 1 наведено дані про мінімальну температуру $\Delta T_{пов.min}$ суміші (α = 1) для деяких рідких палив, при якій можливим є повне випаровування палива. Тут $\mu_п$, $\mu_{пов}$ – молекулярні маси палива й повітря; $p_{п1}$ – парціальний тиск парів палива в суміші при α = 1; T_1 – температура межі існування сухих випарів палива.

Таблиця 1

Параметри палив і паливоповітряних сумішей (α = 1)

Паливо	l_0	$r_п$, кДж/кг	$C_п$, кДж/(кг·К)	$\mu_п/\mu_{пов}$	$p_{п1}$, Па	T_1, °С	$\Delta T_{пов.min}$, °С
Бензин	14,9	315	2,3	3,8	1693	-12	6,2
Бензин	13,5	385	1,97	2,8	2546	-6	18,8
Гас	14,7	320	2,3	5,2	1280	50	68,7
Етанол	9,0	922	2,39	1,7	6030	22	103

2.2. Головна система карбюратора

2.2.1. Елементарний карбюратор та його характеристика

Залежно від швидкостей повітря в дифузорі й палива в розпилювачі визначається склад горючої суміші, що надходить у циліндри двигуна. Склад горючої суміші, що характеризується коефіцієнтом надлишку повітря, змінюється зі зміненням режиму роботи карбюратора. Для оцінювання роботи карбюратора на різних режимах використовується його характеристика.

Характеристикою карбюратора називають залежність коефіцієнта надлишку повітря від одного з параметрів, що характеризують секундну витрату суміші, що в ньому готується. Як такий параметр можна брати витрату повітря або розрідження $\Delta p_д$ у дифузорі карбюратора, що однозначно визначає секундну витрату повітря.

Елементарним називають карбюратор, що має дифузор, поплавцеву камеру, розпилювач, паливний жиклер і дросельну заслінку (рис. 3).

Коефіцієнт надлишку повітря

$$\alpha = G_{air} / (G_f l_0), \quad (3)$$

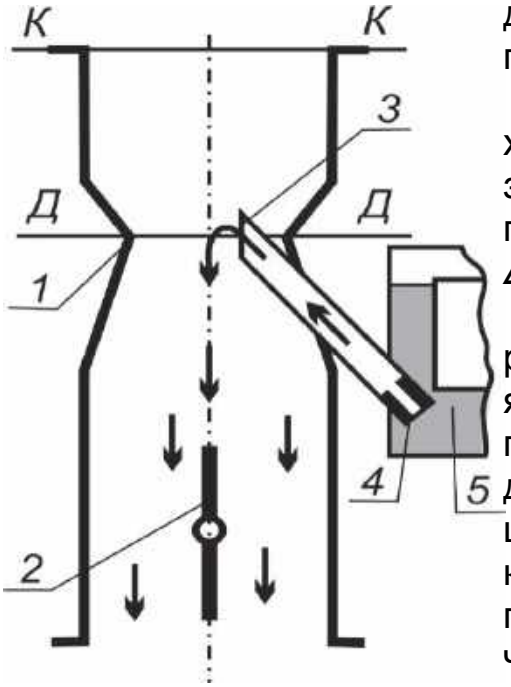

Рис. 3. Елементарний карбюратор: 1 – дифузор; 2 – дросельна заслінка; 3 – розпилювач; 4 – жиклер; 5 – поплавцева камера; *К-К* – вхідний переріз, *Д-Д* – переріз на рівні розпилювача (найменший переріз дифузора)

де G_{air} – витрата повітря, кг/с; G_f – витрата палива, кг/с; l_0 – стехіометричний коефіцієнт.

Таким чином, для побудови характеристики карбюратора необхідно з'ясувати, як змінюється витрата повітря й палива залежно від розрідження в дифузорі Δp_D.

У зв'язку із циклічністю роботи двигуна рух повітря й палива через карбюратор має яскраво виражений пульсуючий характер. При переході з чотиритактного циклу на двотактний, а також зі збільшенням кількості циліндрів, що живляться від одного карбюратора, пульсація потоку послаблюється. Уже в чотирициліндрових чотиритактних або в двоциліндрових двотактних двигунах з одним карбюратором потік у карбюраторі настільки вирівнюється, що практично вплив пульсацій стає непомітним. Тому потік повітря й палива в карбюраторі вважають сталим.

Канал, по якому повітря надходить з карбюратора в циліндр двигуна, має змінний переріз, унаслідок чого швидкість, а отже, і тиск по осі потоку є змінними. Швидкість же у всіх точках будь-якого поперечного перерізу цього каналу беруть однаковою.

Аналіз процесів, що відбуваються в карбюраторі, ускладнюється наявністю постійних опорів, а також змінного опору прохідного перерізу камери змішування, що залежить від положення дросельної заслінки.

Витрату повітря можна визначити за розміром перерізу будь-якої ділянки потоку й розрідженням у цьому перерізі.

Витрата повітря, кг/с, як і стисливої рідини при сталому її потоці, визначається відомою формулою

$$G_{air} = \mu_D f_D \sqrt{\frac{k}{k-1} \frac{p_m}{v_m} \left[\left(\frac{p_D}{p_m} \right)^{2/k} - \left(\frac{p_D}{p_m} \right)^{(k+1)/k} \right]}, \quad (4)$$

де μ_D – коефіцієнт витрати дифузора; f_D – площа перерізу дифузора; p_D – тиск у дифузорі; p_m – тиск у колекторі (впускному) після компресора;

v_m – питомий об'єм повітря при температурі й тиску в колекторі; k – показник адіабати.

У тому випадку, коли в карбюратор повітря надходить безпосередньо з навколишнього середовища, у формулу замість p_m і v_m підставляють відповідно p_0 і v_0 – параметри навколишнього середовища.

Перепад між тиском повітря на вході в карбюратор p_m і тиском у дифузорі p_D, тобто розрідження $\Delta p_D = p_m - p_D$ у дифузорі, не перевищує 20 кПа при роботі двигуна з максимальною частотою обертання в умовах повністю відкритої дросельної заслінки.

При зміненні розрідження Δp_D у дифузорі від 0 до 20 кПа можна з достатньою точністю знехтувати впливом стисливості повітря й розглядати його рух як рух нестисливої рідини. Тоді для перерізів К-К і Д-Д (див. рис. 3), нехтуючи зміною енергії положення (унаслідок малої густини повітря й незначної різниці рівнів перерізів) і беручи швидкість повітря біля входу $w_m = 0$, на основі рівняння Бернуллі можна записати

$$\frac{p_m}{\rho_m} = \frac{p_D}{\rho_m} + \frac{w_D^2}{2} + \xi\rho_m \frac{w_D^2}{2}, \tag{5}$$

де ρ_m – густина повітря при температурі і тиску на вході в карбюратор (у впускному колекторі); w_D^2 – швидкість повітря в дифузорі; ξ – коефіцієнт опору руху повітря.

З попередніх рівнянь випливає, що

$$\Delta p_D = p_m - p_D = \rho_m \frac{w_D^2}{2} + \xi\rho_m \frac{w_D^2}{2}, \tag{6}$$

де Δp_D – перепад тисків на вході в карбюратор і в найвужчому перерізі дифузора.

Отже, перепад тисків на вході в карбюратор і в перерізі дифузора визначається сумою енергій, що витрачаються на створення швидкісного напору $\rho_m w_D^2/2$ і на подолання гідравлічного опору $\xi\rho_m w_D^2/2$ на ділянці від перерізу К-К до перерізу Д-Д. На рис. 4 показано змінення співвідношення цих двох складових і розрідження по довжині повітряного каналу в межах карбюратора (при повністю відкритій дросельній заслінці).

З рівняння (4) швидкість повітря в дифузорі

$$w_D = \varphi_D \sqrt{\frac{2\Delta p_D}{\rho_m}}, \tag{7}$$

де φ$_D$ – коефіцієнт швидкості дифузора, $\varphi_D = 0{,}8\ldots0{,}9$.

Мінімальний переріз потоку внаслідок стиснення струменя при переході з вузької частини дифузора в ту, що розширюється, є дещо меншим від мінімального перерізу дифузора. Вплив стиснення струменя визначається відношенням найменшої площі поперечного перерізу потоку до мінімальної площі поперечного перерізу дифузора, – коефіцієнтом стиснення струменя α_D. При руху повітря в дифузорі карбюратора $\alpha_D = 0{,}97...0{,}98$.

Витрата повітря, кг/с, через дифузор карбюратора визначається так:

$$G_{air} = \alpha_D f_D w_D \rho_m, \tag{8}$$

де α_D – коефіцієнт стиснення струменя.

Ураховуючи (7), отримаємо формулу для розрахунку витрати повітря від розрідження в дифузорі:

$$G_{air} = \mu_D f_D \sqrt{2\rho_m \Delta p_D}, \tag{9}$$

де $\mu_D = \varphi_D \alpha_D$.

На рис. 5 зображено розрахункові графіки витрати повітря з урахуванням стисливості повітря і без нього. З графіків видно, що до розрідження 8…10 кПа різниці тисків практично немає. При розрідженні 20 кПа різниця становить близько 11 %.

У подальшому під час розрахунків та аналізу користуються формулами, у яких не враховується стисливість повітря.

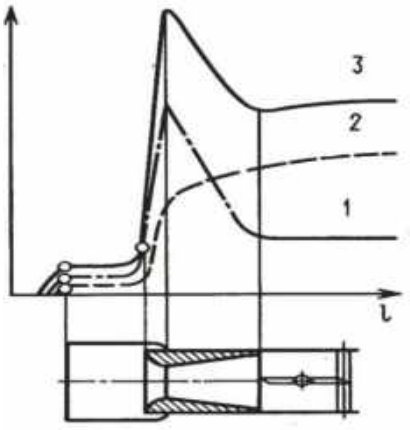

Рис. 4. Зміна параметрів потоку в повітряному каналі карбюратора: 1 – швидкісний напір; 2 – втрати; 3 – розрідження

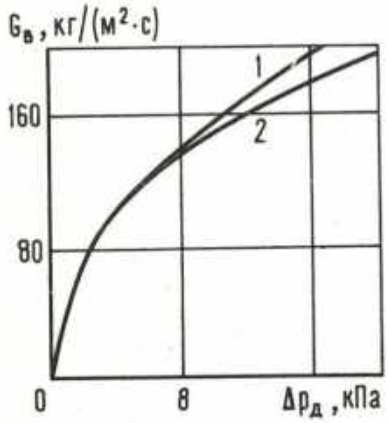

Рис. 5. Витрата повітря: 1 – без урахування стисливості повітря; 2 – з її урахуванням

Коефіцієнт витрати повітря дифузорів сучасних карбюраторів змінюється в таких межах: для карбюраторів з вхідним патрубком (без повітряного фільтра) $\mu_D = 0,6\ldots0,8$, для карбюраторів без вхідного патрубка $\mu_D = 0,80\ldots0,92$. Досліди показують, що раціонально спроєктовані дифузори в діапазоні розрідження $\Delta p_D = 2\ldots15$ кПа мають практично постійний коефіцієнт витрати повітря.

Прагнення підвищити швидкість повітря при збереженні хорошого наповнення циліндрів двигуна зумовило створення багатодифузорних карбюраторів. Змінення розрідження по довжині повітряного каналу карбюратора з потрійним дифузором показано на рис. 6.

У такому дифузорі площі прохідних перерізів для повітря становлять: 66 % – у кільцевому перерізі між великим і середнім дифузорами; 18 % – між середнім і малим дифузорами; 16 % – у горловині малого дифузора. Отже, у малому дифузорі з високою швидкістю проходить незначна частина повітря.

Витікання палива через жиклер карбюратора обумовлене наявністю різниці тисків у камері поплавця і в дифузорі карбюратора. Необхідно враховувати також різницю між рівнем палива в камері поплавця й висотою розташування вихідного перерізу паливного жиклера (рис. 7).

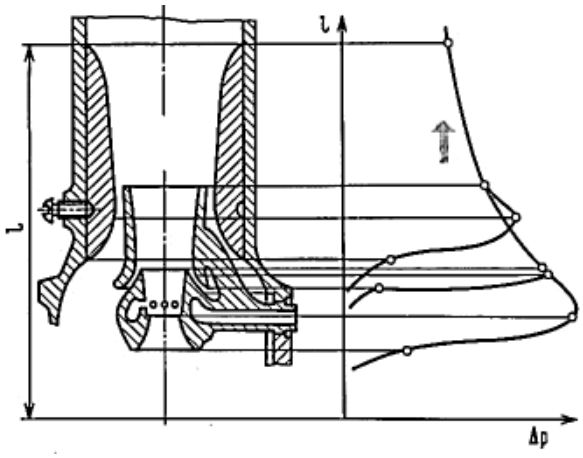

Рис. 6. Змінення розрідження Δp_D по довжині повітряного каналу карбюратора з потрійним дифузором

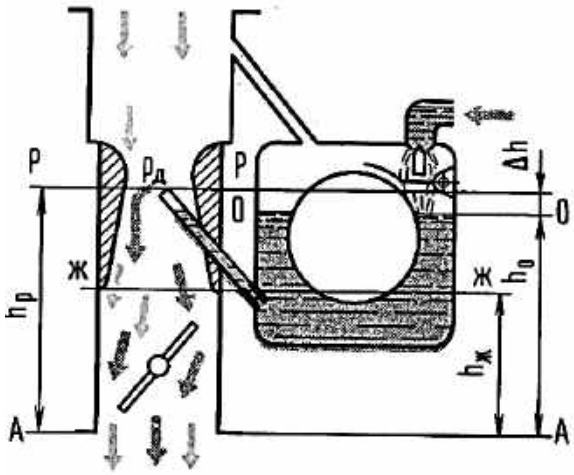

Рис. 7. Схема паливного тракта елементарного карбюратора

Паливний жиклер може бути встановлений у будь-якому місці ділянки між поплавцевою камерою й вихідним перерізом розпилювача. Вихідний переріз розпилювача знаходиться вище рівня палива в камері поплавця на величину Δh = 5…8 мм. Це є необхідним для запобігання самочинному витіканню палива з розпилювача при непрацюючому двигуні й похилому положенні карбюратора, а також унаслідок явищ капілярності.

На основі рівняння Бернуллі для перерізів *0-0* і *Ж-Ж* можна записати вираз

$$gh_0 + \frac{p_m}{\rho_f} = gh_{fj} + \frac{p_{fj}}{p_f} + \frac{w_{fj}^2}{2g}, \tag{10}$$

де g – прискорення важіння, h_{fj}, h_0 – відстані від «нульового» рівня до перерізів установлення паливного жиклера і рівня палива в поплавцевій камері; p_m, p_{fj} – тиски на рівні палива в поплавцевій камері й на рівні паливного жиклера відповідно; w_{fj} – теоретична швидкість витікання палива із жиклера.

З виразу (8) теоретична швидкість палива в жиклері

$$w_{fj} = \sqrt{2\left[g\left(h_0 - hf_j\right) + \frac{p_m - p_{fj}}{\rho_f}\right]}. \tag{11}$$

Тиск у перерізі Ж-Ж

$$p_{fj} = p_D + g\left(h_0 - h_{fj} + \Delta h\right)\rho_f, \tag{12}$$

де Δh – відстань від розпилювального отвору в дифузорі до рівня палива в поплавцевій камері.

Дійсна величина p_{fj} має бути більшою за різницю рівнів $\Delta h = h_0 - h_{fj}$ на деяку висоту стовпа палива, що відповідає перепаду тисків, необхідному для подолання сил поверхневого натягу при витіканні палива з горла розпилювача. Однак при аналізі роботи карбюратора величину Δh зазвичай не враховують через її малість.

Після підстановки p_{fj} у вираз для визначення теоретичної швидкості витікання палива отримуємо

$$w_{fj} = \sqrt{2\left(\Delta p_D - \Delta h\rho_f g\right)/\rho_f}. \tag{13}$$

Реальна швидкість витікання палива з жиклера є такою:

$$w_{fjr} = \varphi_{fj}\sqrt{2\left(\Delta p_D - \Delta h\rho_f g\right)/\rho_f}, \tag{14}$$

де φ_{fj} – коефіцієнт швидкості, у якому враховуються втрати витоку палива з жиклера.

З формул (11) і (12) видно, що швидкість витікання палива з жиклера не залежить від його розташування в паливному тракті:

$$G_{fj} = \mu_{fj} f_{fj} \sqrt{2\left(\Delta p_D - \Delta h \rho_f g\right)/\rho_f}, \qquad (15)$$

де G_{fj} – витрата палива через паливний жиклер; μ_{fj} – коефіцієнт витрати паливного жиклера, $\mu_{fj} = \varphi_{fj}\, \alpha_{fj}$; f_{fj} – площа перерізу паливного жиклера; α_{fj} – коефіцієнт стиснення струменя в паливному жиклері.

Величина μ_{fj}, що визначається експериментально, залежить від діаметра перерізу і співвідношення розмірів жиклера, форми його кромок, тиску й температури палива, його в'язкості і т. ін. Зі збільшенням відношенням *l/d* (від 1 до 1,3) коефіцієнт витрати різко збільшується, а потім повільно зменшується (рис. 8).

На коефіцієнт витрати впливає також форма вхідної кромки жиклера (рис. 9). Жиклер з фаскою має більш високий коефіцієнт витрати (крива 2), ніж жиклер без фаски (крива 1). В останньому випадку величина μ_{fj} менше залежить від зміни надлишкового тиску, але в процесі експлуатації форма кромок може змінюватися, і коефіцієнт витрати не буде стабільним. Тому більш доцільно застосовувати жиклер з фаскою, вхідна кромка якого має меншу здатність до змінення. Змінення коефіцієнта витрати жиклера в разі застосування різних палив показано на рис. 10. Криві змінення μ_{fj} показують, що при переході з одного виду палива двигуна на інше карбюратор необхідно регулювати.

З підвищенням температури палива коефіцієнт витрати жиклера зазвичай збільшується (рис. 11). Однак слід ураховувати, що зі збільшенням температури палива зменшується його густина. Досліди показують, що з підвищенням температури від 10 до 40 °С витрата бензину через жиклер збільшується на 2–3 %, а гасу – на 6–7 %.

Для виявлення характеристики елементарного карбюратора підставимо формули (9) і (15) у вираз (3), тоді

$$\alpha = \frac{1}{l_0}\frac{f_D}{f_{fj}}\sqrt{\frac{\rho_m}{\rho_j}}\frac{\mu_D}{\mu_{fj}}\sqrt{\frac{\Delta p_D}{\left(\Delta p_D - \Delta h \rho_f g\right)}}. \qquad (16)$$

Аналіз виразу (16) дає змогу встановити, що витікання палива через жиклер починається при $\Delta p_D > \Delta h \rho_f g$. При $\Delta p_D = \Delta h \rho_f g$ витрата палива $G_f = 0$. Величина Δh при великих навантаженнях і великій частоті обертання на витрату палива впливає дуже мало, і нею можна знехтувати.

У цьому співвідношенні множник $\left(\frac{1}{l_0}\right)\left(\frac{f_D}{f_{fj}}\right)\sqrt{\frac{\rho_m}{\rho_f}}$ при припущеннях, наведених вище, є постійною величиною, множник $\left(\frac{\mu_D}{\mu_{fj}}\right)\sqrt{\frac{\Delta p_D}{\left(\Delta p_D - \Delta h \rho_f g\right)}}$ –

змінна величина, що залежить від розрідження в дифузорі, а множник $\sqrt{\frac{\Delta p_D}{\left(\Delta p_D - \Delta h \rho_f g\right)}}$ зменшується зі збільшенням розрідження від нескінченно великого значення при $\Delta p_D = \Delta h \rho_j g$ до одиниці, коли Δp_D наближається до нескінченності. Відношення $\left(\frac{\mu_D}{\mu_{fj}}\right)$ зменшується (рис. 12) зі збільшенням розрідження, тому з підвищенням розрідження величина $\frac{\mu_D}{\mu_{fj}}\sqrt{\frac{\Delta p_D}{\left(\Delta p_D - \Delta h \rho_f g\right)}}$ також зменшується.

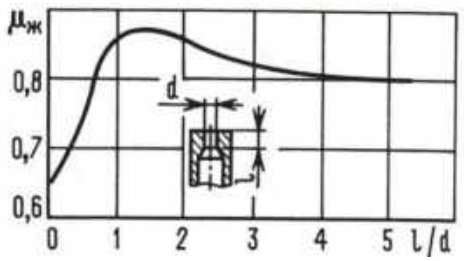

Рис. 8. Вплив розмірів жиклера на його коефіцієнт витрати при надлишковому тиску $p = 8$ кПа і температурі $t = 20$ °С

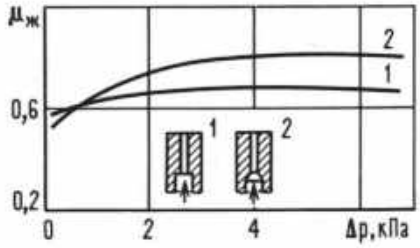

Рис. 9. Вплив форми вхідної кромки жиклера на коефіцієнт витрати (*l/d* = 10,2; *d* = 1 мм)

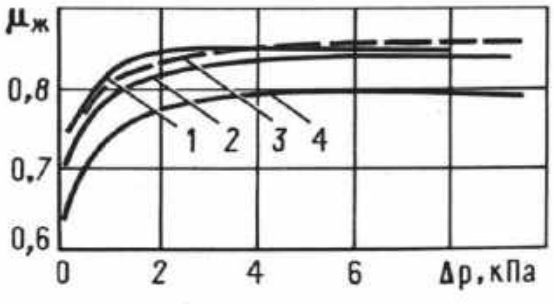

Рис. 10. Вплив виду палива на коефіцієнт витрати (*l/d* = 2,1; Т = 20 °С): 1 – вода; 2 – бензин (ρ_f = 751 кг/м^3); 3 – бензин (ρ_f = 735 кг/м^3); 4 – гас (ρ_f = 825 кг/м^3)

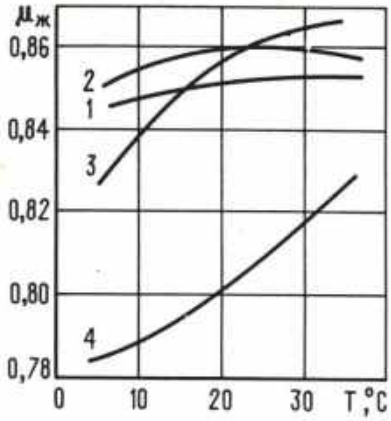

Рис. 11. Залежність коефіцієнта витрати жиклера (*l/d* = 2,1) від температури при $\Delta p_D = 6$ кПа для різних палив: 1 – вода; 2 – бензин (ρ_f = 751 кг/м^3); 3 – бензин (ρ_f = 735 кг/м^3); 4 – гас (ρ_f = 825 кг/м^3)

Отже, коефіцієнт надлишку повітря а суміші, яка готується в елементарному карбюраторі, зменшується зі збільшенням розрідження або витрати повітря, тобто суміш збагачується (рис. 13). У реальних умовах цьому сприяє також зменшення густини повітря при збільшенні

розрідження в дифузорі (що далі буде застосовано при роз'ясненнях роботи висотних коректорів).

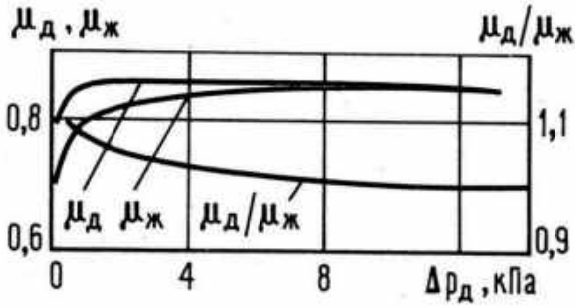

Рис. 12. Залежність величин μD, μfj, μD/μfj від розрідження в дифузорі ΔpD

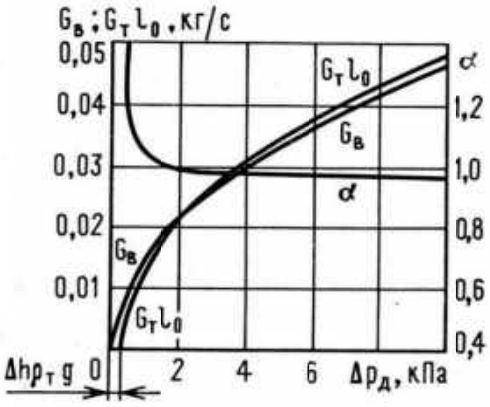

Рис. 13. Характеристика елементарного карбюратора

2.2.2. Ідеальний карбюратор та його характеристики

Ідеальний карбюратор має забезпечувати приготування суміші такого складу, який потрібен для певних умов роботи двигуна. Необхідний закон змінення складу суміші визначають за регулювальними характеристиками, що являють собою зміну показників роботи двигуна залежно від коефіцієнта надлишку повітря при постійних частоті обертання вала і положенні дросельної заслінки. На рис. 14 зображено такі характеристики: по осі ординат відкладено питому витрату палива у відсотках від мінімального її значення й ефективну потужність двигуна у відсотках від максимальної потужності при заданій частоті обертання вала й повністю відкритій дросельній заслінці. Криві *I* і *I´* відповідають роботі двигуна при повністю відкритій дросельній заслінці; криві *II* і *II´*, *III* і *III´* – роботі двигуна при частково відкритій дросельній заслінці. З графіка видно, що коефіцієнт надлишку повітря, який відповідає максимальній потужності (точки 1–3), є меншим від коефіцієнта надлишку повітря при найменшій питомій витраті палива (точки 5–7).

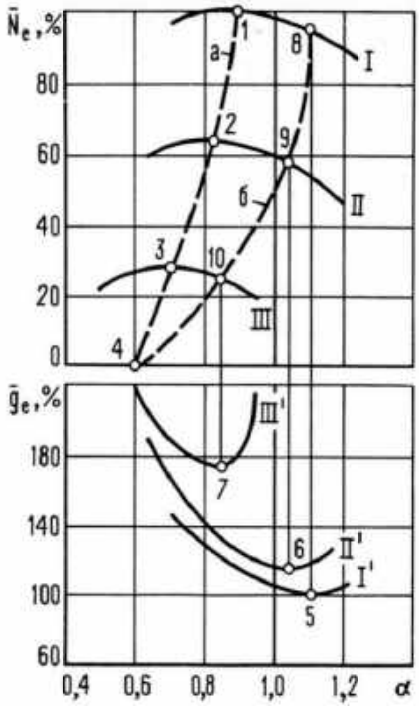

Рис. 14. Регулювальні характеристики двигуна за коефіцієнтом надлишку повітря

Максимальна потужність при всіх положеннях дросельної заслінки виходить при коефіцієнті надлишку повітря *α*, меншому від одиниці. З переходом на роботу з прикритою дросельною заслінкою коефіцієнт *α*, що відповідає режиму максимальної потужності, зменшується. При повному відкритті дросельної заслінки найменша питома витрата палива, тобто найбільш економічна робота двигуна, відповідає дещо збідненій суміші ($\alpha \approx 1{,}1$). З прикриттям дросельної заслінки коефіцієнт надлишку повітря, що відповідає найбільш економічній роботі, зменшується і при значному прикритті стає менше від одиниці. Таким чином, з прикриттям дросельної заслінки суміш для отримання як максимальної потужності, так і найбільшої економічності має збагачуватися. Якщо з'єднати на кривих *I*, *II* і *III* точки 1, 2 і 3, що відповідають максимальній потужності, і точки 8, 9 і 10, що характеризують роботу двигуна на найбільш економічних режимах, то отримаємо дві криві змінення складу суміші: криву *а*, що відповідає регулюванню карбюратора на максимальну потужність, і криву *б*, що відповідає регулюванню карбюратора на максимальну економічність. Область між цими двома кривими і є тією областю значень коефіцієнта надлишку повітря, у якій регулювання карбюратора є доцільним. Поза цією областю регулювання карбюратора є недоцільним, оскільки одночасно знижується потужність двигуна й погіршується економічність.

Залежно від призначення й умов роботи двигуна регулюванням карбюратора можна забезпечити отримання суміші, склад якої наближається до складу, що характеризується кривою *а* або *б*. Точка 4 відповідає коефіцієнту надлишку повітря на режимі малого газу (холостого ходу) двигуна.

Наведені вище міркування охоплюють аспект, пов’язаний з техніко-економічною складовою. Такий самий аналіз можна зробити і за викидами токсичних речовин, що є актуальним для наземного транспорту.

Для кожної кривої *I, II* і *III* положення дросельної заслінки, а отже, і розрідження в дифузорі й витрата повітря є постійними. Тому криві змінення складу суміші *а* і *б* можна легко побудувати в координатах $\alpha - G_{air}$ або $\alpha - \Delta p_D$. На рис. 15 для певної частоти обертання зображено криві змінення *α*, що відповідають максимальній потужності (крива 2) і найменшій питомій витраті палива (крива 3), залежно від витрати повітря (або суміші), вираженої у відсотках витрати при повному відкритті дросельної заслінки.

Для кращого використання двигуна бажано, щоб при повному відкритті дросельної заслінки, коли він має розвивати максимальну потужність при заданій частоті обертання колінчастого вала, карбюратор забезпечував такий коефіцієнт *α*, що відповідає максимальній потужності (точка 1 на рис. 14 і 15). При переході на роботу з прикритою дросельною заслінкою в карбюраторі має готуватись суміш, що відповідає найбільш економічній роботі. Тоді раціональний зв'язок коефіцієнта надлишку

повітря з витратою повітря (або суміші) буде характеризуватися кривою 4 (див. рис. 15). Ця залежність і є характеристикою ідеального карбюратора.

Подібну характеристику (рис. 16) можна отримати для будь-якого швидкісного режиму. Об′єднавши на одному графіку такі характеристики для різних частот обертання вала, отримаємо сукупність характеристик ідеального карбюратора при різних швидкісних режимах, їх обвідна (крива 2) і є «ідеальною» характеристикою для всіх режимів. Крива 1 відповідає максимальній потужності для окремих положень дросельної заслінки.

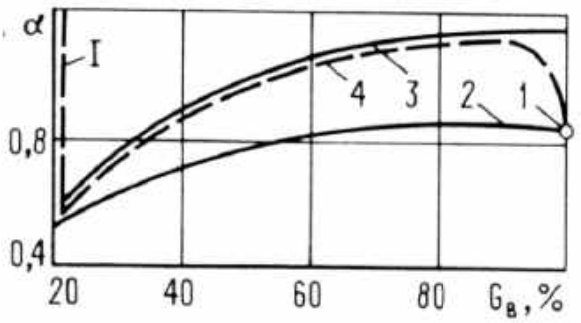

Рис. 15. Характеристики карбюратора:
4 – «ідеальна»; I – холостий хід

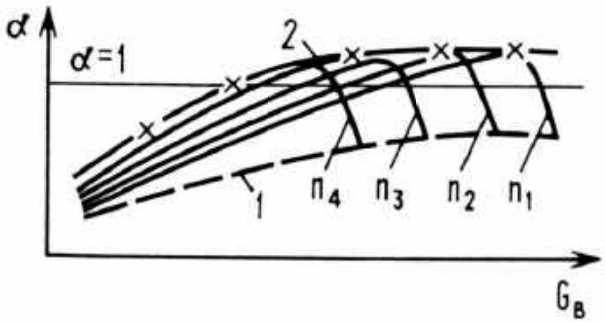

Рис. 16. Характеристики ідеального карбюратора при різних частотах обертання колінчастого вала ($n_1 > n_2 > n_3 > n_4$):
1 – потужність; 2 – економічність

Порівняння характеристик елементарного (див. рис. 13) та ідеального (див. рис. 15 і 16) карбюраторів показує, що елементарний карбюратор не забезпечує приготування суміші необхідного складу, тому для виправлення характеристики елементарного карбюратора й наближення її до характеристики ідеального карбюратора в його конструкцію вводять додаткові пристрої.

Контрольні запитання

1. Які процеси відбуваються протягом часу від подання палива з паливного бака до початку його горіння в циліндрі?
2. Перелічіть вимоги до карбюраторів.
3. Що таке елементарний карбюратор? Опишіть його схему, основні співвідношення паливо/повітря, що пояснюють його характеристику.
4. Опишіть ідеальний карбюратор, наведіть його характеристики.
5. Чому елементарний карбюратор не може бути застосований для живлення двигуна?

2.2.3. Головна дозувальна система карбюратора

Головною дозувальною системою карбюратора називають систему, що подає основну кількість палива на більшості режимів роботи двигуна з навантаженням. Зі збільшенням навантаження горючу суміш необхідно збіднювати (див. рис. 15 і 16). В елементарному карбюраторі зі збільшенням навантаження горюча суміш поступово збагачується (див. рис. 13). Для отримання горючої суміші потрібного складу при роботі двигуна на середніх навантаженнях характеристику елементарного карбюратора необхідно виправити.

У карбюраторах застосовують такі системи компенсації складу суміші при роботі двигуна на середніх навантаженнях:

- зі зменшенням розрідження в жиклері;
- з компенсаційним жиклером;
- з регулюванням розрідження в дифузорі;
- з регульованим перерізом жиклера.

Система компенсації складу суміші
зі зменшенням розрідження в жиклері

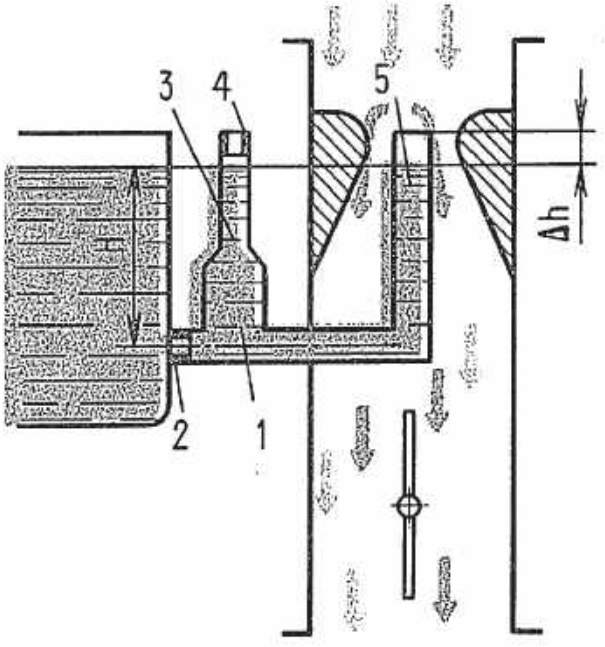

Рис. 17. Схема карбюратора зі зменшенням розрідження в жиклері

На рис. 17 зображено схему карбюратора зі зменшенням розрідження в жиклері (з пневматичним гальмуванням палива). Паливо з поплавцевої камери через головний жиклер 2 потрапляє в камеру 1, а з неї через розпилювач 5 у дифузор. З камерою 1 з'єднано повітряний колодязь 3, який через повітряний жиклер 4 сполучається з атмосферою. Коли двигун не працює, у повітряному колодязі встановлюється такий самий рівень палива, як і в камері поплавця.

При працюючому двигуні рівень палива в повітряному колодязі знижується, і розрідження в дифузорі через розпилювач передається до головного жиклера. Одночасно в повітряний колодязь через повітряний жиклер надходить повітря, унаслідок чого розрідження в жиклері зменшується.

Повітря, що потрапляє в повітряний колодязь, змішується з паливом, унаслідок чого утворюється емульсія. Кількість цього повітря є дуже малою порівняно з кількістю повітря, що надходить через дифузор. Тому повітря, що надходить через повітряний жиклер, не може істотно впливати на склад суміші, що готується в карбюраторі.

Робота карбюратора з компенсацією суміші шляхом зменшення розрідження в жиклері складається з трьох фаз.

Перша фаза характеризується розрідженням у дифузорі $\Delta p_D < \Delta h \rho_f g$. У цій фазі витікання палива з розпилювача 5 не відбувається: розрідження в дифузорі є настільки малим, що паливо не може піднятися до кромки розпилювача.

Друга фаза починається після того, як Δp_D буде більшим, ніж $\Delta h \rho_f g$, і триватиме доти, доки розрідження в дифузорі буде меншим за величину $(H+\Delta h)\rho_f g$. У цьому випадку витікання палива через розпилювач відбувається за законом елементарного карбюратора. Повітряний колодязь звільняється від палива й заповнюється повітрям. Оскільки час для надходження повітря через повітряний жиклер 4 є необмеженим, тиск у повітряному колодязі дорівнює p_0. Тому надходження палива в повітряний колодязь і розпилювач у цій фазі визначається тільки перепадом рівнів палива в камері поплавця й повітряному колодязі.

Зі збільшенням навантаження й розрідження в дифузорі витрата палива через розпилювач підвищується і рівень палива в повітряному колодязі знижується до рівня головного жиклера.

Третя фаза характеризується тим, що витікання палива через головний жиклер відбувається внаслідок розрідження Δp_w у повітряному колодязі і залежно від рівня палива в камері поплавця й розташування жиклера. Отже, для того щоб визначити, яким буде склад суміші, що готується в такій системі, необхідно насамперед знайти розрідження в повітряному колодязі.

Якщо знехтувати впливом палива на рух повітря через повітряний жиклер 4 і розпилювач 5 (див. рис. 17), то кількість повітря, що надходить через повітряний жиклер у повітряний колодязь 3 після його спорожнення, буде визначатися формулою

$$G_{aj} = \mu_{aj} f_{aj} \sqrt{2 \Delta p_w \rho_{air}}, \qquad (17)$$

де G_{aj} – витрата повітря через повітряний жиклер до емульсійного колодязя; Δp_w – розрідження в емульсійному колодязі, μ_{aj} – коефіцієнт витрати повітряного жиклера; f_{aj} – площа перерізу повітряного жиклера; ρ_{air} – густина повітря.

Витрата повітря через емульсійний колодязь визначається так:

$$G_{aw} = \mu_{aw} f_{aw} \sqrt{2\left(\Delta p_D - \Delta p_w\right)\rho_{air}}, \tag{18}$$

де μ_{aw} – коефіцієнт витрати емульсійного колодязя; f_{aw} – площа перерізу емульсійного колодязя.

За рівнянням нерозривності при сталому потоці отримуємо

$$\mu_{aw} f_{aw} \sqrt{2\left(\Delta p_D - \Delta p_w\right)\rho_{air}} = \mu_{aj} f_{aj} \sqrt{2\Delta p_w \rho_{air}}, \tag{19}$$

звідки знаходимо розрідження в повітряному колодязі

$$\Delta p_w = \frac{\Delta p_D}{1 + \left[\dfrac{\mu_{aj} f_{aj}}{\mu_{aw} f_{aw}}\right]^2} = K \Delta p_D, \tag{20}$$

де $K = 1 + \left[\dfrac{\mu_{aj} f_{aj}}{\mu_{aw} f_{aw}}\right]^2$.

З виразу для визначення коефіцієнта K видно, що завжди K <1, тобто розрідження в повітряному колодязі завжди є меншим від розрідження в дифузорі і є пропорційним йому.

Аналіз виразу для K показує, що:

1) якщо повітряний колодязь 3 закритий, тобто $f_{aj} = 0$, то $K = 1$, $\Delta p_w = \Delta p_D$ і карбюратор перетворюється на елементарний; це триває доти, доки колодязь 3 заповнений паливом;

2) якщо колодязь відкритий, тобто $f_{aj} = \infty$, то K і Δp_w дорівнюють нулю і в камері 1 установлюється атмосферний тиск p_0; у цьому випадку витрата палива через жиклер 2 визначається тільки напором H; карбюратор буде весь час забезпечувати постійну витрату палива незалежно від розрідження в дифузорі;

3) підбираючи переріз повітряного жиклера 4, можна регулювати величину K, а отже, і розрідження в жиклері.

Вище було зазначено, що витікання палива через головний жиклер у третій фазі, тобто після спорожнення повітряного колодязя, відбувається завдяки перепаду $\Delta p_w + H\rho_f g = K\Delta p_D + H\rho_f g$.

Тоді витрата палива

$$G_{fj} = \mu_{fj} f_{fj} \sqrt{2\left(K\Delta p_D - H\rho_f g\right)\rho_f}, \tag{21}$$

а коефіцієнт надлишку повітря

$$\alpha = \frac{\mu_D f_D \sqrt{2\rho_m \Delta p_D}}{l_0 \mu_{fj} f_{fj} \sqrt{2\left(K\Delta p_D - H\rho_f g\right)\rho_f}}. \qquad (22)$$

Витрата повітря $G_{air} = \mu_D f_D \sqrt{2\rho_m \Delta p_D}$ безперервно збільшується зі збільшенням розрідження Δp_D у дифузорі. Характер кривої теоретично необхідної витрати повітря $G_{air} = G_f l_0$ легко встановити, якщо визначити закон змінення витрати палива $G_п$.

З виразу для G_f видно, що при розрідженні в дифузорі $\Delta p_D = -H\rho_f g/K$ витрата палива дорівнює нулю. Відклавши величину $H\rho_f g/K$ уліво від початку координат (рис. 18), проводимо криву змінення теоретичної витрати повітря $G_f l_0$. Насправді крива $G_f l_0$ починається не з цієї точки, а з точки, що відповідає розрідженню в дифузорі $\Delta p_D = H\rho_f g$. Характер цієї кривої в другій фазі є аналогічним характеру кривої $G_f l_0$, проведеної з точки $\Delta p_D = H\rho_f g/K$.

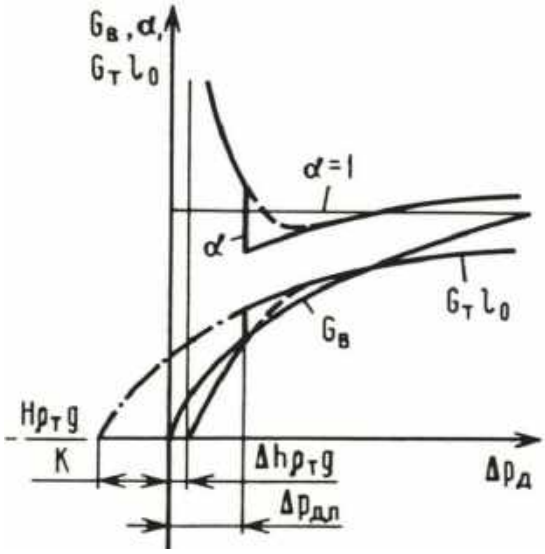

Рис. 18. Характеристика карбюратора зі зменшенням розрідження в паливному жиклері

Перехід від другої фази до третьої і розрідження в дифузорі, що відповідає межі двох фаз, можуть бути встановлені на підставі таких міркувань. Доти, доки в повітряному колодязі ще знаходиться паливо, карбюратор працює як елементарний. Паливо послідовно протікає через головний жиклер та отвір розпилювача. Витрата палива через головний жиклер

$$G_{fj} = \mu_{fj} f_{fj} \sqrt{2gy\rho_f^2}, \qquad (23)$$

де y – висота палива в повітряному колодязі.

Витрата палива через отвір розпилювача

$$G_{aw} = \mu_{aw} f_{aw} \sqrt{2\left[\Delta p_D - \left(\Delta h + y\right)\rho_f g\right]\rho_f}, \qquad (24)$$

де μ_s – коефіцієнт витоку через розпилювач; f_s – вихідний переріз розпилювача.

Прирівнявши ці два вирази, отримаємо після перетворення

$$y = \frac{1}{1+\left[\mu_{fj} f_{fj} / \left(\mu_s f_s\right)\right]^2} \frac{\Delta p_D - \left(\Delta h + y\right)\rho_f g}{\rho_f g}. \qquad (25)$$

Коли повітряний колодязь спорожнюється, $y = H$ і $\Delta p_д = \Delta p_{пж}$.
Із виразу для y маємо

$$\Delta p_{дп} = \left\{H\left[1+\left[\mu_ж f_ж / \left(\mu_p f_p\right)\right]2\right] + \Delta h\right\}\rho_т g. \qquad (26)$$

Поки розрідження в дифузорі є меншим за $\Delta p_{пж,}$ тиск у повітряному колодязі дорівнює атмосферному. У момент, коли рівень палива в повітряному колодязі опуститься на величину Н, витрата палива через головний жиклер $G_{тп} = \mu_ж f_ж \rho_т \sqrt{2gH}$.

За аналогією з раніше отриманим виразом визначаємо розрідження в повітряному колодязі

$$\Delta p_{клп} = \frac{\Delta p_{дп}}{1+\left[\mu_в f_в / \left(\mu_р f_р\right)\right]^2} = K\Delta p_{дп}. \qquad (27)$$

Після підстановки даних про K та $\Delta p_{пж}$ отримаємо вираз для $G_{пж}'$:

$$G'_{ПЖ} = \mu_ж f_ж \rho_т \sqrt{2g\left[H + \frac{1+\left[\mu_ж f_ж / \left(\mu_p f_p\right)\right]^2}{1+\left[\mu_в f_в / \left(\mu_p f_p\right)\right]^2} H + \frac{\Delta h}{1+\left[\mu_в f_в / \left(\mu_p f_p\right)\right]^2}\right]}. \qquad (28)$$

З виразів для $G_{пж}$ і $G_{пж}'$ видно, що і $G_{пж}' > G_{пж}$. Отже, при зроблених припущеннях на межі другої і третьої фаз витрата палива має змінюватися стрибкоподібно. Насправді внаслідок скінченних розмірів каналів і поступового змінення співвідношення кількості повітря й палива в емульсії перехід від другої фази до третьої відбуватиметься поступово (на рис. 18 такий перехід показано штриховою лінією).

Під час другої фази в карбюраторі суміш готується як в елементарному: суміш збагачується зі збільшенням розрідження в дифузорі. У перехідний момент суміш різко збагачується, а далі в міру збільшення розрідження в дифузорі спільна робота всіх пристроїв системи приводить до поступового збіднення суміші. Бажану характеристику карбюратора після того, як розрідження в дифузорі буде $\Delta p_0 > \Delta p_{д.п}$, можна отримати, змінюючи величину напору H, а також розміри головного й повітряного жиклерів та отворів розпилювача. Характеристика

карбюратора в другій фазі роботи виправляється з допомогою системи холостого ходу.

Простота пристрою, компактність, висока надійність і хороше розпилювання палива забезпечили широке застосування системи компенсації складу суміші зменшенням розрідження біля жиклера в багатьох карбюраторах фірм Veber, Solex, «ЛенКарЗ», «ДААЗ» та ін., а також у карбюраторі авіаційного двигуна АШ-62ИР, конструкцію якого буде детально розглянуто в подальшому.

Система компенсації складу суміші з компенсаційним жиклером

Спосіб компенсації складу суміші з допомогою компенсаційного жиклера (рис. 19, 20) є одним зі способів зменшення розрідження біля жиклера. У цьому випадку об'єднуються елементарний карбюратор з головним жиклером 1 і розпилювачем 5 і компенсаційна система, що складається з компенсаційного жиклера 2, компенсаційного колодязя 3 і розпилювача 4.

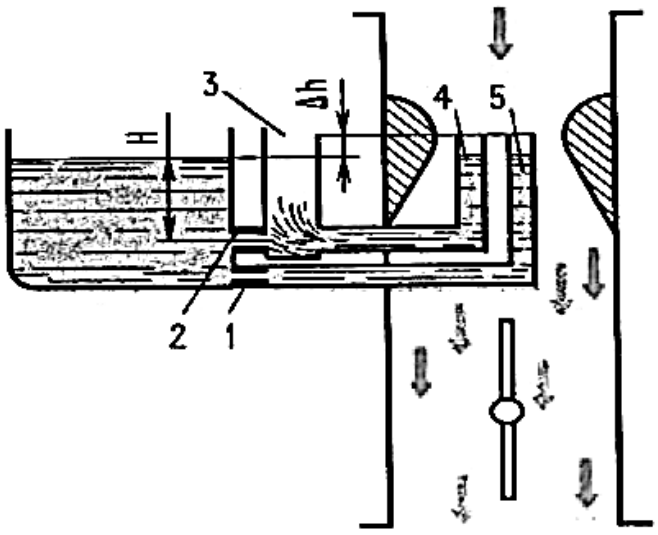

Рис. 19. Схема карбюратора з компенсаційною системою

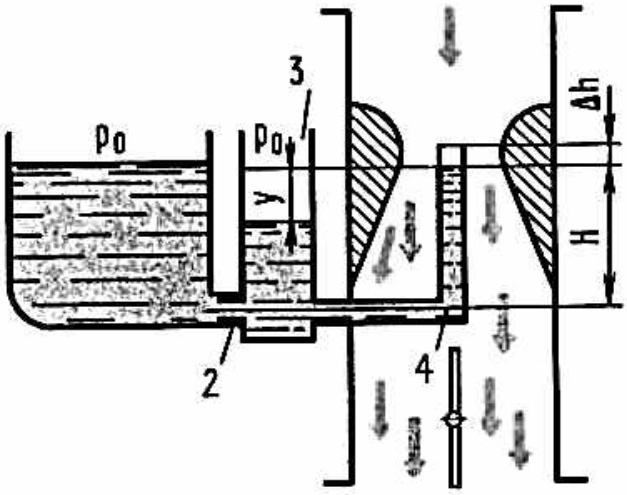

Рис. 20. Компенсаційна система

При непрацюючому двигуні паливо в компенсаційному колодязі й розпилювачі встановлюється на тому ж рівні, що і в камері поплавця. У роботі цієї компенсаційної системи так само, як і в роботі системи зі зменшенням розрідження в жиклері, розрізняють три фази (рис. 21).

Перша фаза характеризується тим, що розрідження в дифузорі $\Delta p_д < \Delta h \rho_т g$ і витікання палива з розпилювача компенсаційного жиклера не відбуваються.

Друга фаза починається з того моменту, коли розрідження в дифузорі стає більше величини $\Delta h \rho_т g$ і триває доти, доки розрідження в дифузорі є

меншим за $(H+\Delta h)\rho_т g$. Робота системи в цій фазі нічим не відрізняється від роботи елементарного карбюратора.

Граничне розрідження в дифузорі, до якого триває друга фаза, визначається з умови, що рівень палива в компенсаційному колодязі знижується до рівня в компенсаційному жиклері. Тоді $\Delta p_{дп} = (H+\Delta h)\rho_т g$.

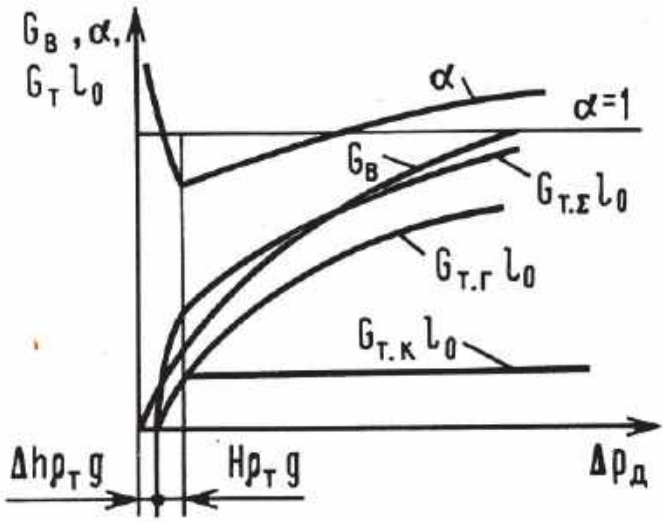

Рис. 21. Характеристики карбюратора з компенсаційною системою ($G_{т.г}$, $G_{т.К}$ $G_{тΣ}$ – витрати палива через головний, компенсаційний і сумарний відповідно)

Третя фаза характеризується тим, що розрідження в дифузорі $\Delta p_д > (H+\Delta h)\rho_т g$. Робота компенсаційної системи в цій фазі є аналогічною роботі системи зі зменшенням розрідження перед жиклером, якщо переріз повітряного жиклера є великим порівняно з перерізом розпилювача. При такій умові в компенсаційному колодязі встановлюється атмосферний тиск. Витікання палива з компенсаційного жиклера буде відбуватися під дією напору H, тобто витрата палива $G_{тк}$ не залежить від розрідження в дифузорі й залишається постійною.

До палива, що надходить із компенсаційного жиклера, у компенсаційному колодязі домішується повітря, унаслідок чого утворюється паливна емульсія, яка через розпилювач компенсаційного жиклера потрапляє в змішувальну камеру. Оскільки витрата палива через компенсаційний жиклер залишається постійною, а витрата повітря зі збільшенням розрідження збільшується, у компенсаційній системі готується суміш, що поступово збіднюється. Головний жиклер, навпаки, дає суміш, що поступово збагачується.

Унаслідок спільної роботи систем головного жиклера й компенсаційної системи утворюється суміш потрібного складу (див. рис. 21). Склад суміші регулюють шляхом підбору розмірів головного й компенсаційного жиклерів. При цьому досягається не тільки змінення α, але й регулюється інтенсивність змінення складу суміші.

Для відносного збагачення горючої суміші при невеликих відкриттях дросельної заслінки необхідно збільшити площу перерізу компенсаційного жиклера. Щоб зберегти при цьому необхідний склад суміші при великому розрідженні в дифузорі, площу перерізу головного жиклера потрібно дещо

зменшити. Навпаки, для відносного збіднення суміші на малих навантаженнях слід зменшити площу перерізу компенсаційного жиклера, збільшивши при цьому площу перерізу головного жиклера. При регулюванні потрібно мати на увазі, що витікання палива з компенсаційного жиклера відбувається під невеликим тиском (0,25...0,45 кПа), тому для змінення витрати палива через компенсаційний жиклер необхідно значно змінювати площу його прохідного перерізу.

Система компенсації складу суміші з регулюванням розрідження в дифузорі

Компенсація складу суміші в карбюраторах регулюванням розрідження в дифузорі може здійснюватися одним із двох способів: уведенням додаткового повітря або застосуванням дифузора змінного перерізу.

Повітря можна вводити або через додатковий клапан 1 (рис. 22, *а*), або через отвори між дифузором (або системою дифузорів) і стінками камери змішувача, що закриваються легкими кульками 2 (рис. 22, *б*), або між пружними пластинами 6 (рис. 22, *в*). Схеми, зображені на рис. 23, *а* і *б*, мають суттєві недоліки і в сучасних карбюраторах не застосовуються.

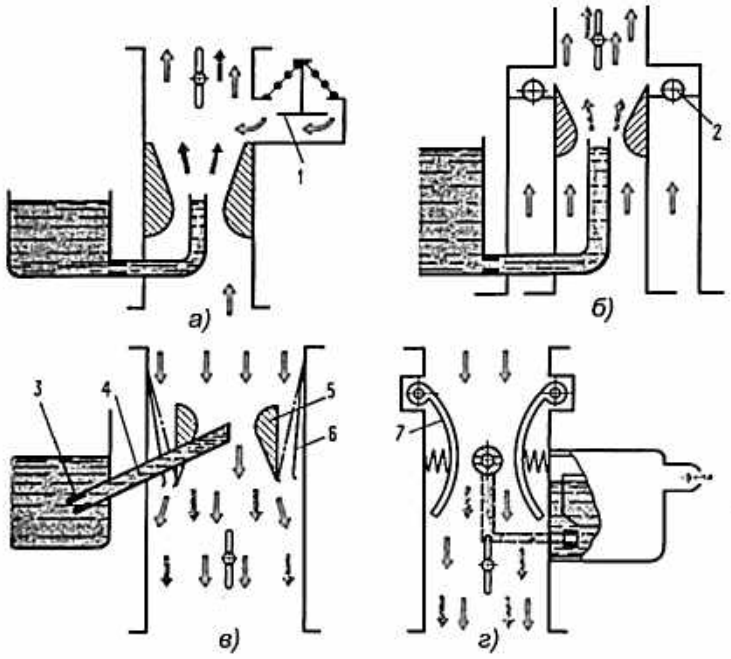

Рис. 22. Схеми карбюраторів із регулюванням розрідження в дифузорі

Паливо з поплавцевої камери через головний жиклер 3 і розпилювач 4 потрапляє в дифузор 5. Зі збільшенням відкриття дросельної заслінки швидкість повітря перед дифузором 5 і в ньому збільшується. Під дією швидкісного напору повітря пружні пластини 6

відкривають отвори між дифузором і стінками камери змішувача, і деяка частина повітря проходить, минаючи дифузор 5. Унаслідок цього змінюється кількість повітря, що проходить через дифузор, а отже, і розрідження в ньому, що впливає на кількість палива, яке витікає через головний жиклер. Пластини 6 підбирають таким чином, щоб вони відкривалися при певному розрідженні в дифузорі $\Delta p_{дН}$ (рис. 23). До їх відкриття карбюратор працює як елементарний, збагачуючи суміш у міру відкриття дросельної заслінки (штрихова лінія).

Шляхом підбору пружних пластин, а також прохідних перерізів дифузора й головного жиклера можна забезпечити те, що точка *Н* початку відкриття пружних пластин буде відповідати роботі двигуна з прикритою заслінкою при бажаному коефіцієнті надлишку повітря. Як тільки розрідження набере значення $\Delta p_{дН}$, пружні пластини почнуть відкривати отвори й пропускати частину повітря в обхід дифузора, унаслідок чого суміш буде поступово збіднюватися (суцільна крива). Збіднення суміші відбувається доти (точка П), доки пластини повністю не відкриють прохідний переріз для потоку повітря, яке проходить, минаючи дифузор 5 (див. рис. 23), а розрідження в дифузорі не стане дорівнювати $\Delta p_{дП}$. При подальшому збільшенні розрідження в дифузорі карбюратор працює як елементарний.

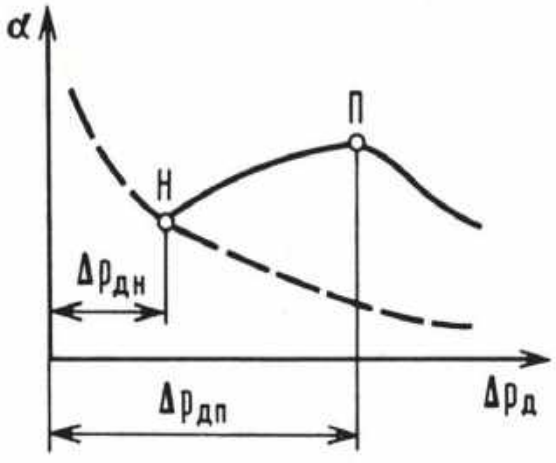

Рис. 23. Характеристика карбюратора з регулюванням розрідження в дифузорі

При розгляді роботи елементарного карбюратора було встановлено, що прикриття дросельної заслінки супроводжується зменшенням розрідження в дифузорі і, як наслідок цього, значним збідненням суміші. Тому якщо створити такий карбюратор, площа прохідного перерізу дифузора якого зменшується з прикриттям дросельної заслінки, то можна отримати бажаний закон змінення коефіцієнта надлишку повітря. За принципом компенсації складу суміші такий карбюратор також належить до карбюраторів зі зменшенням розрідження в дифузорі: зі збільшенням відкриття дросельної заслінки площа прохідного перерізу дифузора збільшується, що приводить до зменшення розрідження в ньому порівняно з тим розрідженням, яке було б в дифузорі, якби площа його перерізу була незмінною (рис. 22, *г*). У цьому карбюраторі при прикритій дросельній заслінці рухомі крила 7 сходяться й утворюють дифузор найменшого перерізу. У міру відкриття дросельної заслінки крила розходяться, площа прохідного перерізу дифузора збільшується за

законом, що забезпечує отримання суміші необхідного складу. У карбюраторах, виконаних за схемами, зображеними на рис. 22, *а–в*, не забезпечується хороше розпилювання палива, тому що не все повітря, що надходить до карбюратора, використовується для цієї мети.

Такі схеми карбюраторів переважно застосовуються в малорозмірних двигунах (легка авіація, скутери, мотоцикли, газонокосарки тощо), де широко використовується компенсація складу суміші регулюванням розрідження в дифузорі шляхом змінення площі його прохідного перерізу при одночасному зміненні площі прохідного перерізу головного паливного жиклера.

Система компенсації складу суміші зі змінним перерізом жиклера

Система компенсації складу суміші зі змінним перерізом жиклера складається з головного жиклера 3, у який входить кінець голки 2, що має конічну або спеціальну форму (рис. 24). Голка переміщується вертикально. Привід голки може бути механічним, пневматичним або пневмомеханічним. У разі застосування механічного приводу голка 2 важелями 1, 4 і 5 зв'язана з приводом дросельної заслінки 6, при відкритті якої голка піднімається й площа прохідного перерізу жиклера 3 збільшується. Одночасно підвищується й витрата повітря. Підвищення витрати палива й повітря при збільшенні відкриття дросельної заслінки відбувається таким чином, що забезпечується приготування суміші необхідного складу.

Недолік механічного приводу – змінення перерізу жиклера тільки залежно від положення дросельної заслінки, тобто від навантаження двигуна. Тому при постійному відкритті дросельної заслінки і змінній частоті обертання колінчастого вала положення голки не змінюється, що приводить до збагачення або збіднення суміші.

Пневматичний привід дозувальної голки не має такого недоліку, оскільки в цьому випадку положення голки залежить не тільки від ступеня відкриття дросельної заслінки, а й від частоти обертання вала.

Більш досконалим є пневмомеханічний привід дозувальної

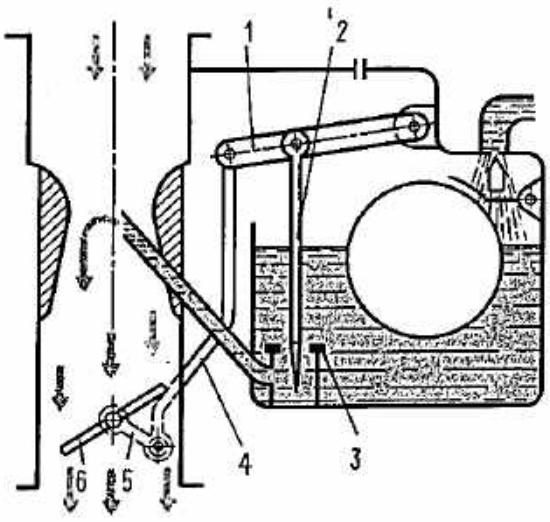

Рис. 24. Карбюратор зі змінним перерізом паливного жиклера

голки (рис. 25). Відкриття дросельної заслінки 1 супроводжується підніманням дозувальної голки 10 з допомогою важелів 2, 3, 13 і лапки 12. При відкритті дросельної заслінки одночасно зменшується розрідження у впускному трубопроводі. Але розрідження залежить і від частоти обертання колінчастого вала *n*: при одному й тому ж положенні дросельної заслінки розрідження є тим більшим, чим більшим є *n*.

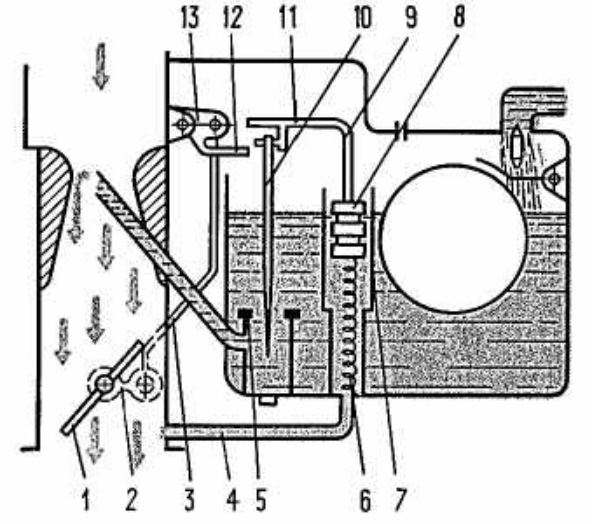

Рис. 25. Карбюратор зі змінним перерізом паливного жиклера і пневмомеханічним приводом

При малому розрідженні за дросельною заслінкою, а отже, і в каналі 4 пружина 6 піднімає поршень 8, що знаходиться в циліндрі 7, а з ним через стрижень 9 та пластину 11 і голку 10. Якщо характеристику пружини підібрано правильно, то при малій частоті обертання вала піднімання голки випереджає переміщення лапки 12 і визначається розрідженням у впускному трубопроводі. Це дає змогу при малій частоті обертання колінчастого вала збільшувати площу прохідного перерізу жиклера 5, унаслідок чого суміш збагачується. При великій частоті обертання колінчастого вала, коли розрідження є великим, положення голки визначається положенням лапки 12. Лапка, таким чином, обмежує опускання голки для будь-якого положення дросельної заслінки. У деяких карбюраторах у компенсації складу суміші крім голки бере участь система холостого ходу.

Контрольні запитання

1. Головна дозувальна система: призначення; основні співвідношення.
2. Засоби компенсації складу горючої суміші.
3. Як працює система зі зменшенням розрідження у паливному жиклері?
4. Як працює компенсаційна система?
5. Як працюють системи зі змінними перерізами жиклерів?
6. Як працюють системи з регулюванням розрідження в дифузорі?

2.3. Допоміжні пристрої карбюратора

У головній дозувальній системі карбюратора суміш необхідного складу готується тільки для середніх навантажень при сталому режимі роботи двигуна. Карбюратор, що має тільки одну головну дозувальну систему, відрегульовану на економічну роботу двигуна, не забезпечує отримання

максимальної потужності при повному відкритті дросельної заслінки, надійної роботи двигуна на режимах холостого ходу і примусового холостого ходу, а також його хорошої прийомистості (прискорення), нормального пуску і прийнятних показників щодо токсичності відпрацьованих газів.

Для усунення зазначених недоліків у сучасних карбюраторах застосовуються спеціальні допоміжні пристрої. Для збагачення суміші застосовують збагачувальні пристрої – економайзери, економат; для підвищення прийомистості – насоси-прискорювачі. До пристроїв, що забезпечують економічну роботу двигуна з прийнятним рівнем токсичних компонентів у відпрацьованих газах на режимах холостого ходу і примусового холостого ходу, належать системи холостого ходу, економайзери примусового холостого ходу, регулятори розрідження та ін.

Для полегшення пуску і прогрівання холодного двигуна карбюратори оснащують різними автоматичними або напівавтоматичними пусковими пристроями. Для забезпечення нормального пуску гарячого двигуна застосовують пневмоклапани для перепуску палива, а також клапани розбалансування поплавцевої камери. Крім того, сучасні карбюратори часто мають обмежувачі максимальної частоти обертання колінчастого вала двигуна, а карбюратори двигунів літаків та автомобілів, що працюють у високогірних умовах, мають бути обладнані висотними коректорами. Багатокамерні карбюратори з послідовним відкриттям камер оснащують пристроями, що забезпечують нормальну роботу двигуна в момент включення в роботу вторинних камер.

2.3.1. Економайзер

Економайзер карбюратора являє собою пристрій, що збагачує горючу суміш до складу, необхідного для отримання максимальної потужності при повному відкритті дросельної заслінки або відкритті, близькому до нього. З допомогою економайзера витрата палива збільшується на режимах максимальної потужності і зменшується при переході до середніх навантажень, що забезпечує таким чином найбільш економічну роботу двигуна на середніх навантаженнях.

Дія економайзера обумовлена зміненням опору паливної системи за допомогою особливого клапана (голки), що відкривається при положенні дросельної заслінки, близькому до повного відкриття. В окремих випадках зміна опору паливної системи досягається збільшенням або зменшенням площі прохідного перерізу головного жиклера дозувальною голкою.

Подання додаткового палива відбувається через жиклер економайзера, що встановлюється паралельно або послідовно з головним жиклером.

При паралельному установленні жиклера економайзера й головного жиклера (рис. 26, *а*) паливо підводиться в розпилювач 4 при відкритому з допомогою важеля 5 клапані 1 економайзера відразу через два жиклери: головний 3 і жиклер 2 економайзера. У цьому випадку площу перерізу головного жиклера підбирають так, щоб на середніх навантаженнях, коли клапан 1 закритий, виходила суміш економічного складу. Через жиклер економайзера подається додаткова кількість палива, необхідного для збагачення суміші (15...20 % кількості палива, що подається через головний жиклер). Отже, площа перерізу цього жиклера має бути значно меншою від площі перерізу головного жиклера. Це і є вихідною умовою для визначення площі прохідного перерізу жиклера економайзера.

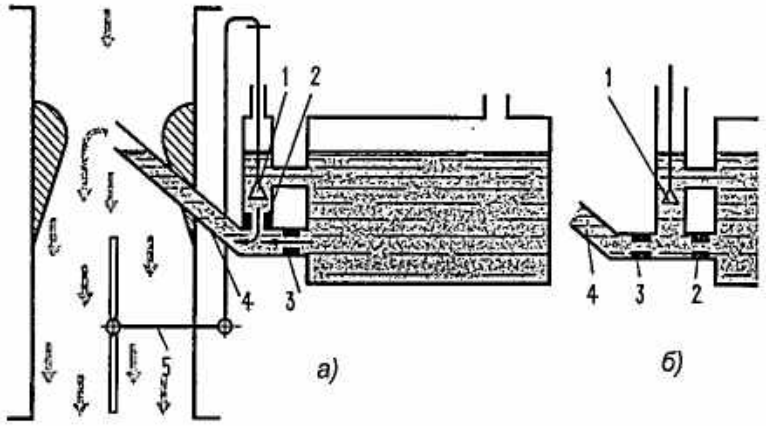

Рис. 26. Схема економайзера з механічним приводом

При перепаді тиску $\Delta p_д$ між поплавцевою камерою й дифузором і площею прохідного перерізу головного жиклера $f_ж$ витрата палива через нього (без урахування компенсаційної системи) є такою: $G_п = \mu_ж f_ж \sqrt{2 p_д p_п}$.

Кількість палива має бути такою, щоб склад суміші відповідав економічному регулюванню, тобто коефіцієнт надлишку повітря α має дорівнювати приблизно 1,1.

Витрата палива через жиклер економайзера при відомій площі його прохідного перерізу визначається формулою

$$G'_{п0} = \mu_0 f_0 \sqrt{2 \Delta p_д p_п}, \qquad (29)$$

де індекси «$_0$» відносяться до жиклера економайзера.

У разі послідовного установлення жиклера економайзера й головного жиклера (рис. 26, *б*) паливо з поплавцевої камери проходить послідовно через жиклери 2 і 3. Коли дросельна заслінка відкривається повністю, клапан 1 економайзера також відкривається, і частина палива, минаючи жиклер 2, через головний жиклер 3 надходить у розпилювач 4. Опір потоку палива зменшується, витрата палива збільшується, і суміш збагачується. Жиклер економайзера в цьому випадку повинен мати більшу площу прохідного перерізу, ніж головний, оскільки опір його є невеликим. Площа перерізу жиклера економайзера має бути такою, щоб при ввімкненні

жиклера опір потоку палива збільшувався настільки, наскільки це необхідно для отримання суміші економічного складу.

У разі послідовного установлення головного жиклера й жиклера економайзера на подолання опору останнього витрачається частина загального перепаду тиску $\Delta p_д$. Тоді витікання палива з головного жиклера буде відбуватися під дією перепаду $\Delta p_д - \Delta p_0$. Витрата палива в цьому випадку визначається формулою

$$G'_п = \mu_ж f_ж \sqrt{2\left(\Delta p_д - \Delta p_0\right) p_п}. \qquad (30)$$

Витрату палива $G_{п0}$ через жиклер економайзера також визначають за цією формулою.

При закритому клапані 1 $G'_п = G'_{п0}$ (через нерозривність потоку), тоді маємо

$$\Delta p_0 = \frac{\Delta p_д}{1 + \left[\frac{\mu_0 f_0}{\mu_ж f_ж}\right]^2}. \qquad (31)$$

З огляду на те, що жиклер економайзера й головний жиклер виконано конструктивно однаково і швидкості в прохідних перерізах цих жиклерів при спільній роботі також є приблизно однаковими, можна взяти $\mu_ж = \mu_0$. Тоді

$$\Delta p_0 = \frac{\Delta p_д}{1 + \left[\frac{f_0}{f_ж}\right]^2}. \qquad (32)$$

З урахуванням зазначеного вище

$$G_п = \mu_ж f_ж \sqrt{2\frac{b^2}{1+b^2}\Delta p_д \rho_п}, \qquad (33)$$

де $b = \frac{f_0}{f_ж}$.

Витрата палива $G'_п$ має бути такою, щоб коефіцієнт надлишку повітря відповідав економічній роботі двигуна.

Привід клапана може бути пневматичним або механічним. Клапан 1 з пневматичним приводом (рис. 27) може відкриватися стрижнем 2

спеціального поршня 4. При роботі на середніх навантаженнях, коли дросельна заслінка прикрита, розрідження в просторі за нею по каналу 5 передається в порожнину над поршнем, унаслідок чого він утримується в піднятому стані: клапан економайзера закритий. При відкритті дросельної заслінки розрідження зменшується, і настає момент, при якому сила пружності пружини 3 виявляється більшою від сили, що створюється розрідженням. Унаслідок цього поршень опускається вниз, кінець стрижня відкриває клапан 1 і вводиться додаткова кількість палива. Момент увімкнення економайзера з пневматичним приводом визначається розрідженням за дросельною заслінкою. Це розрідження в різних карбюраторах змінюється від 0,70 до 1,80 кПа і залежить від вимог, що ставляться до двигуна.

Характерною особливістю такого економайзера є те, що він умикається не при одному й тому ж положенні дросельної заслінки, а при різних положеннях залежно від частоти обертання колінчастого вала. Такий економайзер починає працювати тим раніше, чим менше розрідження, оскільки при малій частоті обертання вала розрідження, необхідне для ввімкнення економайзера, створюється при меншому відкритті дросельної заслінки. Зазначена особливість економайзера з пневматичним приводом дає змогу поліпшити прийомистість двигуна. Зазвичай пневматичний привід регулюють так, щоб економайзер починав працювати при розрідженні за дросельною заслінкою, що дорівнює 0,6...1,0 кПа. Таке регулювання забезпечує роботу економайзера при повністю відкритій дросельній заслінці на всіх швидкісних режимах.

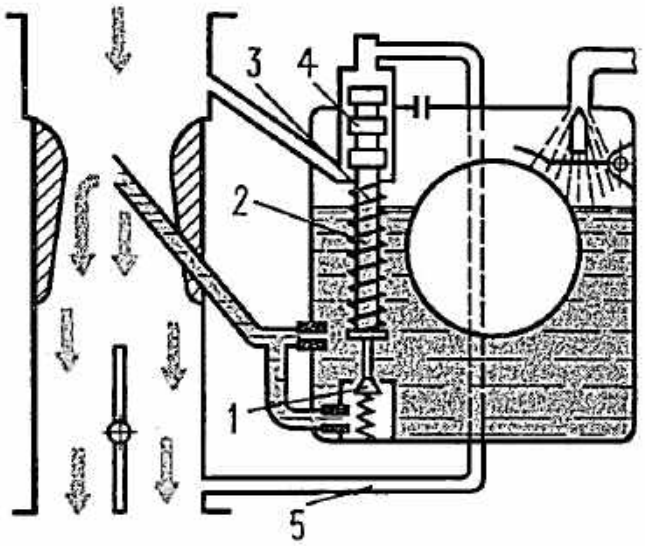

Рис. 27. Схема економайзера з пневматичним приводом

До недоліків економайзера з пневматичним приводом слід віднести складність конструкції і регулювання його в процесі експлуатації, підвищені вимоги до герметичності карбюратора, а також залежність кількості палива, що подається, від зношення поршня 4.

Економайзер з механічним приводом регулюють на склад суміші, що забезпечує максимальну потужність; він умикається при роботі двигуна з майже повністю відкритою дросельною заслінкою.

Для забезпечення простоти конструкції карбюратора економайзери зазвичай не застосовуються в карбюраторах для маломірних двигунів, у яких збагачення суміші здійснюється дозувальною паливної голкою.

Як відомо, при ввімкненні економайзера горюча суміш збагачується, але це спричиняє збільшення неповноти згоряння й підвищення токсичності відпрацьованих газів.

2.3.2. Еконостат

Еконостат, як і економайзер, призначено для збагачення горючої суміші на режимах максимальної потужності. На відміну від економайзера еконостат не має клапанного пристрою, тому час початку його роботи залежить тільки від розрідження в горловині розпилювача.

На рис. 28 зображено схему еконостата з повітряним і паливним жиклерами. При повністю відкритій дросельній заслінці на швидкісних режимах, близьких до максимального, значно зростає розрідження в горловині розпилювача 1 еконостата, і паливо з поплавцевої камери через жиклер 4 еконостата надходить у канал 3. До палива домішується повітря, що проходить через повітряний жиклер 2, і утворюється емульсія, що надходить через розпилювач 1 еконостата в камеру, збагачуючи суміш.

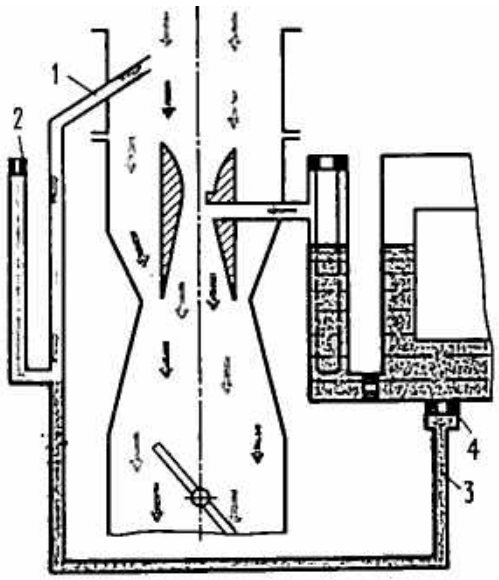

Рис. 28. Схема еконостата з паливним і повітряним жиклерами

Еконостат застосовують, наприклад, у карбюраторах автомобілів сім'ї ВАЗ. Можуть бути застосовані й системи збагачення одночасно і з економайзером, і з еконостатом (карбюратор К-126Н).

Контрольні запитання

1. Яким є призначення підсистем економайзера й еконостата в карбюраторі?
2. Принцип дії та схеми економайзера; основні співвідношення.
3. Принцип дії еконостата, відмінність його від економайзера.

2.3.3. Насос-прискорювач

При необхідності швидкого збільшення частоти обертання колінчастого вала (прийомистість) при навантаженні двигуна різко

відкривають дросельну заслінку. Практика експлуатації карбюраторних двигунів показує, що різке відкриття дросельної заслінки супроводжується помітним збідненням суміші. Унаслідок цього підвищення частоти обертання вала або навантаження двигуна сповільнюється, тобто прийомистість двигуна погіршується. В окремих випадках збіднення суміші може призвести до зупинки двигуна.

Різке відкриття дросельної заслінки супроводжується збільшенням розрідження в дифузорі карбюратора й приводить до підвищення швидкостей палива й повітря. Це явище пояснюється тим, що витрата повітря збільшується практично миттєво, тоді як витрата пального – з запізненням (постійні часу повітряного й паливного каналів відрізняються одна від одної до 10 разів). Швидкість повітря збільшується швидше за швидкість палива, унаслідок чого горюча суміш збіднюється. Цьому сприяє також підвищення тиску у впускному трубопроводі, що є наслідком збільшення відкриття дросельної заслінки. З підвищенням цього тиску погіршується випаровування палива й збільшується утворення плівки на стінках впускного трубопроводу. До такого самого приводить і зниження температури суміші, що відбувається внаслідок збільшення кількості повітря, що надходить. В окремих конструкціях карбюраторів, у яких система холостого ходу живиться від головної дозувальної системи, збідненню горючої суміші при різкому відкритті дросельної заслінки сприяє недостатня кількість палива в головній дозувальній системі після головного жиклера.

Для запобігання збідненню горючої суміші при різкому відкритті дросельної заслінки в карбюраторах застосовують спеціальний пристрій – насос-прискорювач, який подає в цей момент додаткову кількість палива.

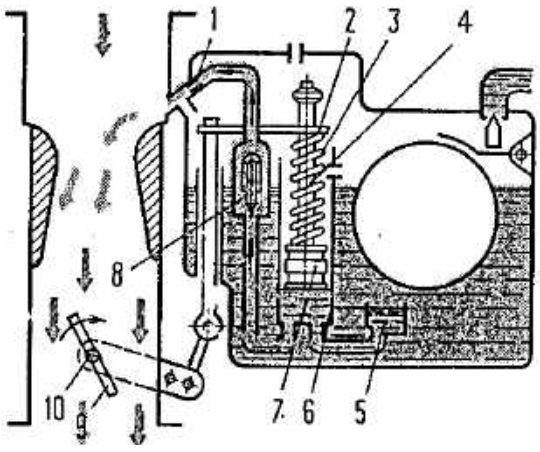

Рис. 29. Насос-прискорювач із механічним приводом

На рис. 29 показано схему насоса-прискорювача з механічним приводом. Шток 4 поршня 7, який рухається в циліндрі 6, через пластину 2 і систему важелів зв'язаний з віссю 10 дросельної заслінки 9. Коли дросельна заслінка закривається, поршень піднімається і циліндр заповнюється паливом через впускний клапан 3. Випускний клапан 8 при цьому є закритим. При різкому відкритті дросельної заслінки за допомогою системи важелів і пластини 2 стискається пружина 3, яка штовхає поршень униз. При невеликому відкритті дросельної заслінки рух поршня під дією пружини триває доти, доки головка штока не торкнеться пластини, а при

великому відкритті дросельної заслінки – доки поршень не досягне крайнього нижнього положення. При різкому русі поршня вниз впускний клапан закривається, а випускний відкривається, і паливо через жиклер 1 насоса-прискорювача впорскується в змішувальну камеру. При повільному відкритті дросельної заслінки паливо повертається через впускний клапан і частково через зазор між поршнем і стінками циліндра в камеру поплавця карбюратора.

Суміш найбільш інтенсивно збіднюється на початку відкриття дросельної заслінки. Тому положення важеля на осі дросельної заслінки вибирають з таким розрахунком, щоб у початковий період її відкриття хід поршня був найбільшим.

Явища, що зумовлюють збіднення суміші при різкому відкритті дросельної заслінки, найбільш інтенсивно виявляються при низькій температурі навколишнього повітря. Тому взимку і пізньою осінню для збагачення суміші потрібно подавати більше палива.

Схема насоса-прискорювача з пневматичним приводом аналогічна схемі економайзера з пневматичним приводом, розглянутій вище.

У маломірних двигунах унаслідок особливостей конструкції насос-прискорювач можна не встановлювати.

На деяких карбюраторах двигунів (сім'я ВАЗ) установлено насоси-прискорювачі діафрагмового типу. Принцип дії діафрагмових прискорювальних насосів такий же, як і поршневих. Перевага діафрагмових насосів – повна герметизація камери поплавця, стабільність подання палива.

2.3.4. Пристрої для забезпечення режиму малого газу (холостого ходу)

Дросельна заслінка при роботі двигуна на режимі холостого ходу майже повністю закрита. Розрідження в дифузорі зменшується до кількох десятків паскалів. Подання палива через розпилювач головної дозувальної системи припиняється.

Для отримання суміші, що забезпечує стійку роботу двигуна на режимі холостого ходу (α ≈ 0,6), використовується розрідження за дросельною заслінкою, яке на цьому режимі набуває максимального значення (4 кПа і більше).

На рис. 30, *а* і *б* зображено дві найбільш поширені схеми системи холостого ходу сучасних карбюраторів, у яких живлення відбувається від головної дозувальної системи після головного жиклера 13.

Під час роботи на режимі холостого ходу під дією розрідження в просторі за дросельною заслінкою паливо з головної дозувальної системи через жиклер 1 холостого ходу по каналу 2 надходить у канал 3 і далі в канал 7. Водночас до палива домішується повітря, що надходить через

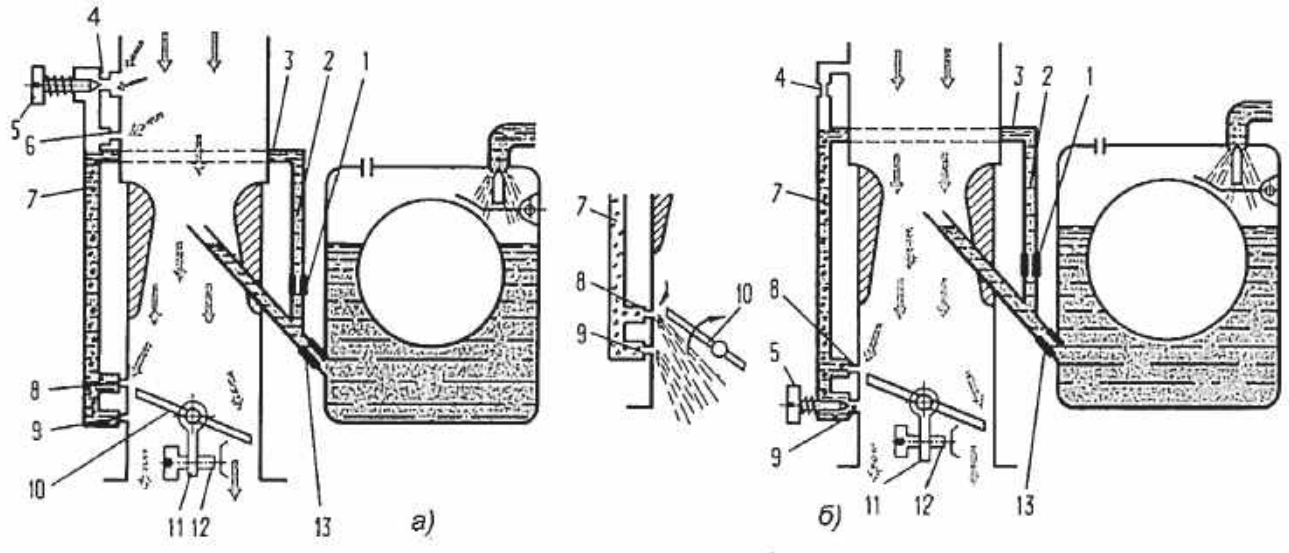

Рис. 30. Системи холостого ходу

нерегульований 6 і регульований 4 отвори. Унаслідок цього утворюється емульсія, що підводиться до отворів 8 і 9 і через них потрапляє в змішувальну камеру, у якій емульсія підхоплюється повітрям, що проходить і перемішується з ним, створюючи горючу суміш. Отвір 8 у карбюраторах зі спадним потоком має бути розташований трохи вище краю дросельної заслінки, а в карбюраторах із висхідним потоком – трохи нижче. Положення дросельної заслінки 10 на режимі холостого ходу регулюють з допомогою важеля 11 та упорного гвинта 12.

При малій частоті обертання вала на режимі холостого ходу, коли дросельна заслінка майже повністю закрита, отвір 8 знаходиться перед дросельною заслінкою, тобто в зоні, де розрідження майже немає. Тому емульсія подається тільки через отвір 9, а через отвір 8 надходить чисте повітря, яке домішується до емульсії в каналі 7. Основне призначення отвору 8 полягає в тому, щоб не допустити збіднення суміші в перші моменти відкриття дросельної заслінки при переході від малої частоти обертання холостого ходу до великої. При відкритті дросельної заслінки отвори 8 і 9 потрапляють у зону великого розрідження. Подання повітря через отвір 8 припиняється. Емульсія надходить через отвори 8 і 9, що забезпечує склад суміші, необхідний для плавного переходу двигуна з режиму холостого ходу до роботи з навантаженням.

Для регулювання якості суміші на режимі холостого ходу призначено регулювальний гвинт 5. Можливі два варіанти регулювання складу суміші на режимі холостого ходу. У першому випадку (див. рис. 30, *а*) з допомогою гвинта 5 зменшують або збільшують кількість повітря, що проходить через отвір 4. Унаслідок цього змінюються розрідження в системі холостого ходу і кількість палива, що проходить через жиклер холостого ходу. У другому випадку (див. рис. 30, *б*), коли гвинт 5

установлено навпроти отвору 9, змінюється кількість паливної емульсії, яка подається в змішувальну камеру. Одночасно змінюється й розрідження в системі холостого ходу. Можливі варіанти встановлення двох регулювальних гвинтів.

2.3.5. Пускові пристрої

Під час пуску двигуна частота обертання колінчастого вала є малою. Тому швидкість повітря у впускному трубопроводі в 8–10 разів менше, ніж на режимах холостого ходу, і паливо, що витікає з розпилювача, погано розпилюється. Унаслідок поганого розпилювання і відсутності підігрівання палива від стінок значна кількість його осідає на стінках трубопроводу у вигляді рідкої плівки. При цьому суміш, яка надходить у циліндр, виходить надзвичайно бідною, і пуск двигуна ускладнюється.

Для забезпечення надійного пуску двигуна в циліндри двигуна необхідно подавати сильно збагачену горючу суміш. Наприклад, для полегшення пуску двигуна в холодну погоду потребується горюча суміш з $\alpha = 0{,}05…0{,}07$. Такий склад суміші істотно нижче меж займистості, і з усього палива тільки легкі фракції випаровуються у впускній системі і згоряють в циліндрі, а велика частина палива викидається в атмосферу незгорілою.

Найбільш поширеним пусковим пристроєм є повітряна заслінка, забезпечена автоматичним клапаном 2, яку встановлюють в приймальному патрубку карбюратора (рис. 31). Під час пуску двигуна повітряну заслінку 1 закривають, унаслідок чого розрідження в дифузорі карбюратора різко підвищується, збільшується кількість палива, яке витікає через розпилювачі, і горюча суміш збагачується. Змінюючи силу натягу пружини автоматичного клапана, регулюють розрідження в дифузорі, при якому відкривається клапан і забезпечується приготування суміші потрібного складу.

Під час пуску двигуна дросельна заслінка має бути трохи прочиненою, тому зазвичай осі повітряної і дросельної заслінок з'єднані системою тяг і важелів, що узгоджують необхідні положення заслінок на режимі пуску.

Після пуску двигуна горюча суміш на режимі прогрівання повинна мати склад, близький до границі займистості ($\alpha = 0{,}35…0{,}45$). Якщо після пуску двигуна не відкрити повітряну заслінку 1, то кількість повітря, що проходить через автоматичний клапан 2, буде недостатньою для збіднення суміші. Тому у багатьох карбюраторах вісь повітряної заслінки зміщена відносно осі симетрії заслінки, що приводить до автоматичного відкриття заслінки при збільшенні частоти обертання вала двигуна після його пуску у зв'язку зі збільшенням напору повітря.

У деяких конструкціях карбюраторів автоматичне відкривання повітряної заслінки на необхідний кут при прогріванні забезпечується

телескопічним пристроєм з пружним елементом і триплечовим важелем з фасонними прорізами. Іноді цей пристрій доповнюється діафрагмовим механізмом, який залежно від розрідження за карбюратором установлює повітряну заслінку відповідно до режиму роботи двигуна.

На рис. 32 показано схему напівавтоматичного пускового пристрою двокамерних карбюраторів ДААЗ. При витягуванні кнопки приводу повітряної заслінки трос, прикріплений гвинтом 5, повертає триплечовий важіль 4 навколо його осі, під дією тяги 3, важелів 1 і 2 дросельна заслінка 15 головної камери карбюратора відкривається. Між дросельною заслінкою 15 і стінками камери змішувача утворюється щілина завширшки 0,84 мм. Одночасно телескопічна тяга 8 через важіль 7 закриває повітряну заслінку 6. Вісь тяги 9, переміщаючись у прорізі штока 10 діафрагмового пристрою, займає крайнє ліве положення. При прокручуванні вала двигуна стартером в основній камері карбюратора створюється розрідження, і паливо через систему холостого ходу й розпилювач головної дозувальної системи починає надходити в змішувальну камеру.

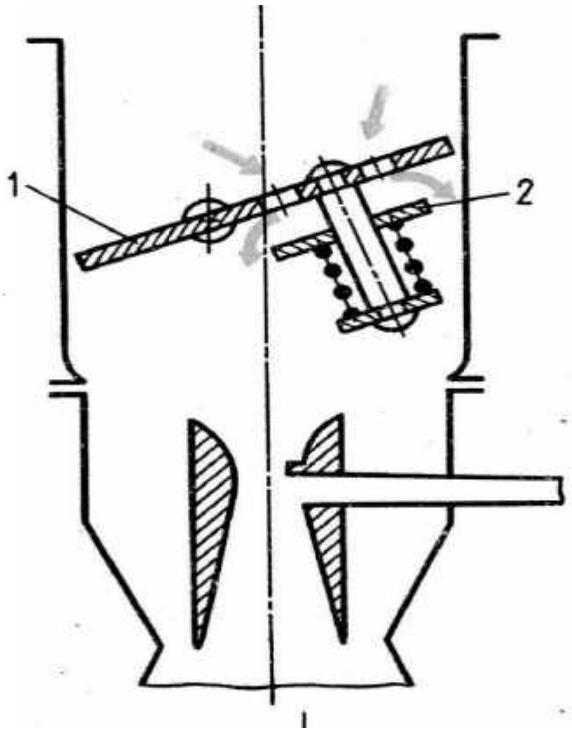

Рис. 31. Повітряна заслінка з клапаном

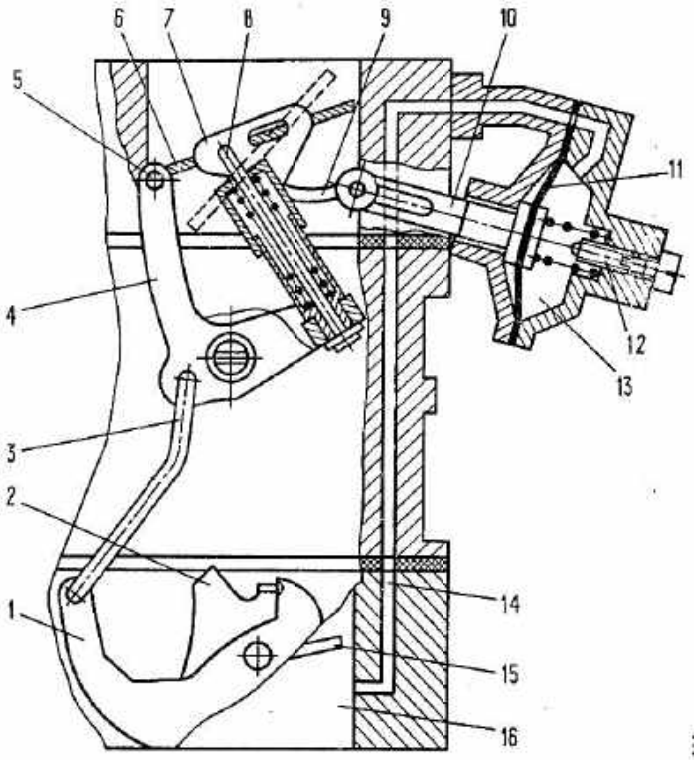

Рис. 32. Напівавтоматична система запуску

Після пуску двигуна при досягненні малої частоти обертання розрідження із задросельного простору 16 передається через канал 14 у порожнину 13. Під дією цього розрідження діафрагма 11, хід якої регулюється гвинтом 12, переміщує шток 10 вправо, під дією тяги 9

відкривається повітряна заслінка, між нею і стінками камери утворюється щілина завширшки 7 мм, через яку надходить більша кількість повітря. Завдяки пружині телескопічної тяги повітряна заслінка може займати проміжне положення залежно від розрідження в задросельному просторі. У міру прогрівання двигуна оператор вручну (кнопкою) з салону автомобіля відкриває повітряну заслінку, суміш збіднюється.

Для виключення участі оператора в операції пуску й прогрівання двигуна в сучасних конструкціях карбюраторів застосовуються автоматичні пристрої пуску й прогрівання. Для автоматичного переміщення повітряної заслінки в міру прогрівання двигуна застосовуються різні термосилові пристрої, які діють унаслідок підігрівання їх рідиною системи охолодження, відпрацьованими газами або електричним струмом.

2.3.6. Висотний коректор

Авіаційні двигуни, а також автотракторні, що експлуатуються у високогірних районах, працюють на різній висоті над рівнем моря. З підійманням на висоту спостерігається зменшення потужності, збільшення витрати палива, а також зменшення терміну експлуатації двигуна. Відбувається це через зменшення густини повітря і спричинене цим зниження його масової витрати й перезбагачення суміші. При незмінному регулюванні карбюратора коефіцієнт надлишку повітря змінюється зі зменшенням висоти:

$$\alpha_H = \alpha_0 \sqrt{\rho_{kH} / \rho_{k0}}, \qquad (34)$$

де α_0, ρ_{k0}, ρ_{kH} – коефіцієнт надлишку й густини повітря відповідно на рівні моря (H = 0) і на висоті H.

Згідно з результатами дослідів при підніманні на кожні 1000 м суміш збагачується в середньому на 5...6 % (рис. 33, крива 1), а потужність двигуна знижується приблизно на 10 % (рис. 34). Одночасно встановлено, що зі збільшенням висоти над рівнем моря необхідним є дещо менше збагачення горючої суміші, ніж те, яке забезпечує звичайний карбюратор (рис. 33, крива 2). Компенсувати втрату потужності двигуна з підніманням на висоту можна різними способами: застосуванням наддування, збільшенням ступеня стиснення, зміненням кута випередження запалювання й регулюванням карбюратора.

Для запобігання надмірному збагаченню суміші карбюратори двигунів, що працюють на різних висотах над рівнем моря, оснащують спеціальними висотними коректорами складу суміші. Висотні коректори можуть бути автоматичними або з ручним керуванням. При зміненні висоти над рівнем моря склад суміші, що готується в карбюраторі,

коригується такими способами: зменшення розрідження в дифузорі розпилювача; змінення площі прохідного перерізу головного жиклера; змінення розрідження в головній дозувальній системі; змінення тиску в камері поплавця.

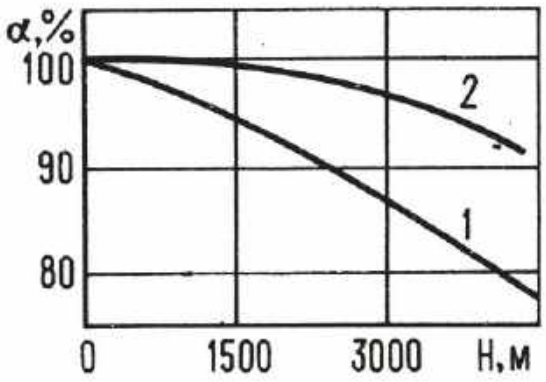

Рис. 33. Залежність коефіцієнта надлишку повітря від висоти над рівнем моря: 1 – фактична; 2 – оптимальна

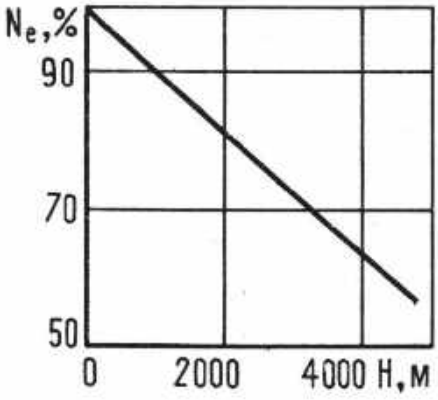

Рис. 34. Падіння потужності двигуна з підніманням на висоту

На рис. 35 зображено схему висотного коректора з ручним керуванням. Коректор складається з клапана 1, виготовленого як одне ціле з зубчастою рейкою, що переміщається по напрямному стрижню 3, і шестірні 2. Оператор умикає коректор з допомогою важеля передачі, що повертає шестірню 2, яка перебуває в зачепленні з рейкою. Клапан 1 відкривається, і частина повітря через відкритий клапан надходить у змішувальну камеру, оминаючи дифузор. Унаслідок цього розрідження в дифузорі зменшується, і збагачення суміші з підніманням на висоту сповільнюється. Перевагою цього коректора є простота конструкції і можливість здійснення економічного дозування палива при нормальних умовах.

Більш ефективними є коректори, що автоматично змінюють склад суміші при зміненні висоти. Коректор (рис. 36) працює за принципом змінення площі прохідного перерізу головного жиклера. Регулювання здійснюється профільованою голкою 4, зв'язаною механічно з сильфонним пристроєм 6, розміщеним у корпусі 5. Профільтрована частина голки 4 входить у головний жиклер 3. При зміненні зовнішнього тиску сильфон деформується й переміщує голку, змінюючи площу прохідного перерізу головного жиклера і тим самим склад суміші. Карбюратори, виконані за цією схемою, забезпечені двома паливними жиклерами й розпилювачем 1. Жиклер 2 має постійний переріз, а зміненням площі перерізу жиклера 3 здійснюють регулювання складу суміші на всіх режимах роботи карбюратора. При повному закритті жиклера 2 збіднення суміші є максимальним. Недоліками цієї схеми є складність виготовлення профильованої голки і порушення з плином часу регулювань карбюратора.

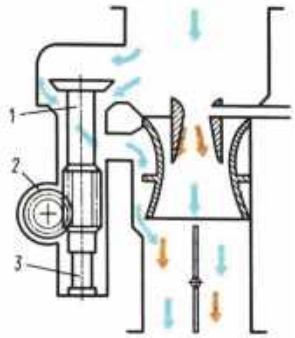

Рис. 35. Схема висотного коректора з механічним приводом

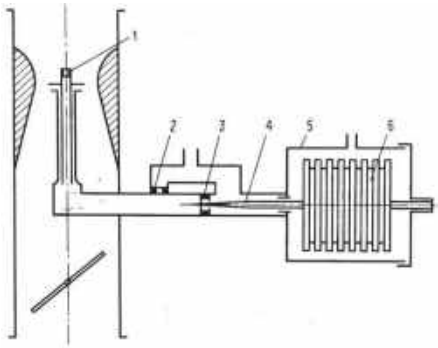

Рис. 36. Схема автоматичного висотного коректора зі змінним перерізом головного жиклера

Схеми висотних коректорів, які працюють за принципом змінення розрідження в головній дозувальній системі, зображено на рис. 37. Можливі два способи збіднення суміші в коректорах такого типу: зменшення розрідження в емульсійному колодязі (рис. 37, *а*) і в розпилювачі (рис. 37, *б*). При зміненні атмосферного тиску повітряний жиклер 3 з прохідним перерізом, що регулюється голкою 4, відкривається, і суміш збіднюється. Площа перерізу жиклера 2 є постійною і підбирається з умови забезпечення оптимального складу суміші на звичайній висоті. Другий повітряний жиклер 3 у нормальних умовах є закритим. Основний недолік цих схем – складність виготовлення профільованої голки 4.

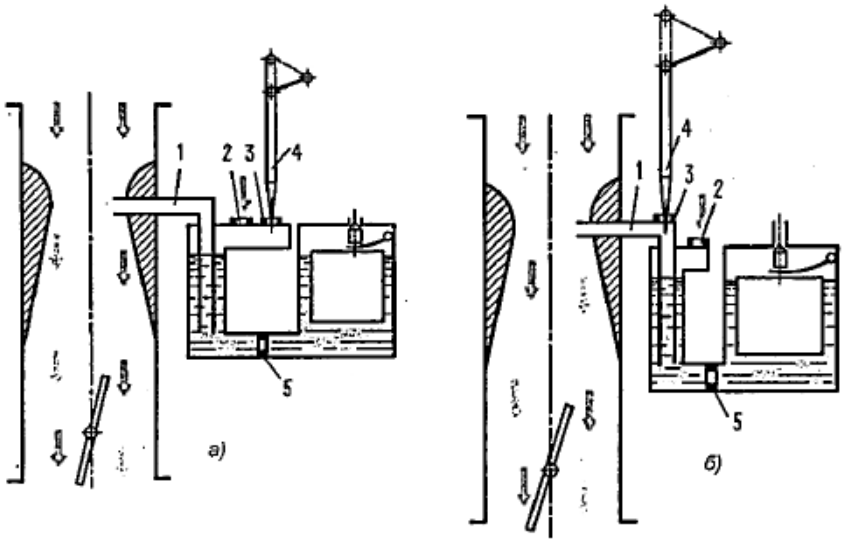

Рис. 37. Схеми коректорів, що працюють за принципом змінення розрідження в головній дозувальній системі: а – змінення розрідження в емульсійному колодязі; б – змінення розрідження в розпилювачі:1 – розпилювач; 2 – повітряний жиклер з постійним перерізом; 3 – повітряний жиклер з регульованим перерізом; 4 – голка; 5 – головний паливний жиклер

Спосіб коригування складу суміші зміненням тиску в камері поплавця широко застосовується в авіаційних карбюраторах (карбюратори К-105,

АК-63, «Стромберг» та ін.). Коректори, виконані за цією схемою, не забезпечують рівномірного регулювання складу суміші на всіх режимах роботи двигуна.

Контрольні запитання

1. Яку функцію виконує насос-прискорювач?
2. Опишіть основні схеми прискорювачів і принцип їх дії.
3. Опишіть основні схеми систем малого газу (холостого ходу) і їх принцип дії.
4. Поясніть необхідність наявності пускових пристроїв.
5. Наведіть схеми пускових пристроїв.
6. Поясніть необхідність застосування висотних коректорів.
7. Опишіть схеми висотних коректорів, ручне й автоматичне коригування складу суміші.

2.3.7. Загальні вимоги до конструкції карбюратора

Конструкція карбюратора має бути такою, щоб карбюратор відповідав таким вимогам:

1. Відповідність складу суміші, що готується, режиму роботи двигуна. Ця вимога визначає вибір схеми карбюратора і тип його окремих систем.
2. Забезпечення швидкого переходу двигуна з одного режиму на інший.
3. Надійна й стабільна робота на будь-якому режимі і в різних умовах експлуатації двигуна. Очевидно, що надійніше і стабільніше буде працювати карбюратор, що має відносно великі розміри паливних і повітряних жиклерів і найменшу кількість рухомих деталей.
4. Мінімальний опір руху повітря й горючої суміші при повному відкритті дросельної заслінки. Однак при цьому зменшується розрідження й погіршуються умови сумішоутворення. Тому для виконання цієї вимоги ускладнюють конструкцію: наприклад, застосовують подвійні або потрійні дифузори, роблять карбюратор багатокамерним з послідовним увімкненням камер і т. ін.
5. Якомога менші габарити й маса. При виконанні цієї вимоги іноді свідомо ускладнюють конструкцію карбюратора: роблять Г-подібні або горизонтальні карбюратори тощо.
6. Максимальна простота керування й зручність в обслуговуванні. Згідно з цією вимогою робота сучасних карбюраторів є практично повністю автоматизованою, і багато типів карбюраторів під час експлуатації не регулюються.
7. Технологічність конструкції.

3. ПРИКЛАДИ НАЯВНИХ АВІАЦІЙНИХ ПАЛИВНИХ СИСТЕМ З КАРБЮРАТОРАМИ

3.1. Паливна система з карбюратором АКМ-62ИР (літак Ан-2)

3.1.1. Загальна будова

Принципову схему живлення двигуна АШ-62ИР показано на рис. 38. Паливо з паливного бака 1 по трубопроводу надходить до паливного насоса БНК-12БК. На цьому шляху він проходить через сітчастий фільтр-відстійник 3, у якому затримуються механічні частинки й вода. З паливного насоса під відносним тиском 0,025...0,035 МПа паливо надходить у карбюратор АКМ-62ИР, пройшовши попередньо через загальний фільтр тонкого очищення й сітчастий фільтр на вході в кожну камеру поплавця.

Паралельно з фільтром-відстійником до паливної магістралі під'єднано ручний насос 5, що дає змогу створювати тиск палива в трубопроводі між насосом і карбюратором перед запуском двигуна. На багатомоторних літаках трубопроводи правого й лівого двигунів з'єднуються між собою трубопроводом взаємного живлення з перекривним краном 8. Такий пристрій забезпечує нормальне подавання палива до карбюратора обох двигунів у разі відмови паливного насоса на одному з них.

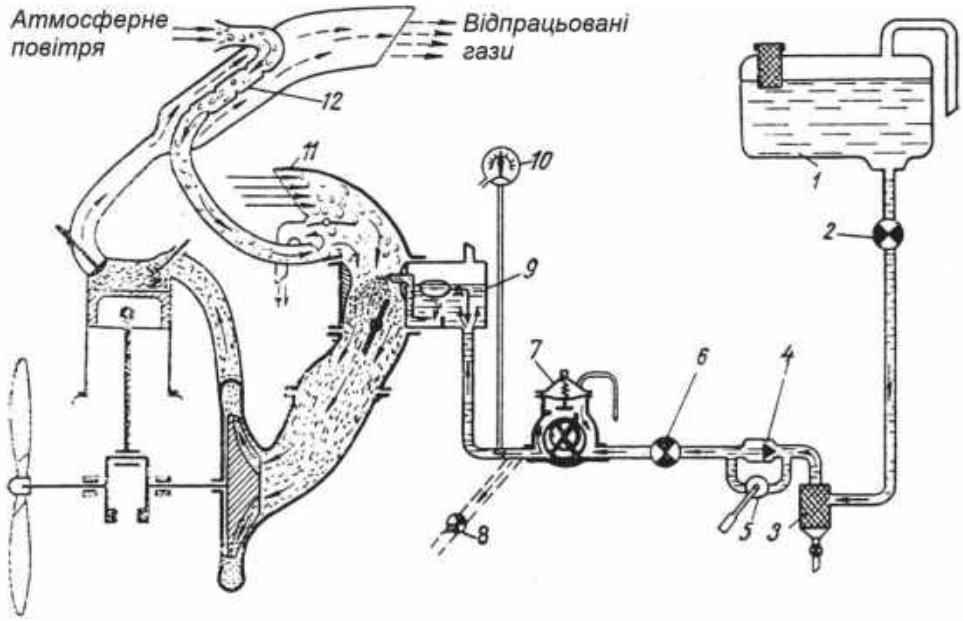

Рис. 38. Принципова схема живлення паливом двигуна АШ–62ИР:
1 – паливний бак; 2 – перекривний кран; 3 – сітчастий фільтр-відстійник;
4 – зворотний клапан; 5 – ручний насос; 6 – протипожежний кран;
7 – паливний насос БНК; 8 – кран взаємного живлення; 9 – карбюратор АКМ-62ИР;
10 – манометр палива; 11 – повітроприймач; 12 – жарова труба

При нормальній роботі паливних насосів кран взаємного живлення є закритим.

З поплавцевої камери карбюратора бензин витікає в змішувальні камери. Тут він змішується з атмосферним повітрям і у вигляді горючої суміші надходить у нагнітач і потім у циліндри двигуна.

Повітря з атмосфери підводиться в карбюратор через повітроприймач 11. Перемішуючись з паливом у змішувальних камерах карбюратора, повітря охолоджується. Температура його через випаровування палива значно знижується, іноді до мінусових значень, що може призвести до випадання з повітря атмосферної вологи у вигляді інею, до утворення крижаних кірок на стінках змішувальних камер і дросельних заслінках, а також до порушення нормальної роботи карбюратора.

Для запобігання цьому призначено підігрівач повітря.

Повітря підігрівається в спеціальних жарових трубах 12, установлених усередині вихлопного колектора. Підігріванням повітря керують вручну з кабіни пілота.

Для очищення від пилу, що потрапляє в карбюратор з повітрям при роботі двигуна на землі і при польотах в атмосфері, насиченій пилом, у конструкції повітрозабірника зазвичай передбачається спеціальний фільтр. Наявність фільтра значно сповільнює зношення поверхонь через тертя деталей двигуна (насамперед деталей циліндрово-поршневої групи) і зменшує засміченість масляної системи двигуна АШ-62ИР.

Агрегати двигуна, що забезпечують живлення його паливом: карбюратор АКМ-62ИР; повітроприймач з пристроєм для підігрівання і фільтрації повітря, що надходить у карбюратор; паливний насос БНК-12БК. Усі інші агрегати належать до паливної системи літака.

Контрольні запитання

1. Опишіть склад системи живлення двигуна АШ-62ИР.
2. Під яким тиском подається паливо до карбюратора?
3. Для чого встановлюється нагрівач повітря в повітряному тракті?

3.1.2. Принцип дії карбюратора АКМ-62ИР

Головна вимога, що ставиться до карбюраторів, – забезпечення приготування достатньо однорідної суміші певного складу на всіх режимах роботи двигуна. На злітному режимі горюча суміш має бути збагачена до $\alpha = 0{,}6\ldots0{,}7$ для отримання найбільшої потужності, запобігання перегріванню циліндрів і детонації двигуна. На крейсерських режимах суміш, навпаки, має бути біднішою ($\alpha = 0{,}85\ldots0{,}95$) для забезпечення найменшої витрати палива. На режимі малого газу суміш має бути збагачена до $\alpha = 0{,}5\ldots0{,}6$ для забезпечення стійкої роботи двигуна,

хорошої прийомистості й легкого запуску (згідно з інструкцією з експлуатації дозволяється вручну збіднювати суміш до економічного показника α = 1,05…1,10).

Графіки змінення складу суміші залежно від режиму роботи двигуна зображено на рис. 39. Крім того, у карбюраторі має автоматично коригуватися склад суміші залежно від висоти польоту. У польоті на крейсерських режимах допускається ручне збіднення суміші й ручне вимикання подання палива при зупинці двигуна. Карбюратор АКМ-62ИР має забезпечувати хорошу прийомистість двигуна й бути пожежобезпечним при зворотних спалахах суміші. Карбюратор АКМ-62ИР (рис. 40) – карбюратор пульверизаційного перевернутого типу з двома поплавцевими й чотирма змішувальними камерами (рис. 40). У верхній частині кожної камери змішувача встановлений дифузор, в нижній частині поміщена дросельна заслінка. Основними вузлами карбюратора є поплавцевий механізм, система малого газу, головна дозувальна система, система економайзера, автоматичний висотний коректор з механізмом ручного керування, прискорювальна система (насос прийомистості) і система зупинення двигуна (стоп-кран).

Рис. 39. Склад суміші залежно від режиму роботи

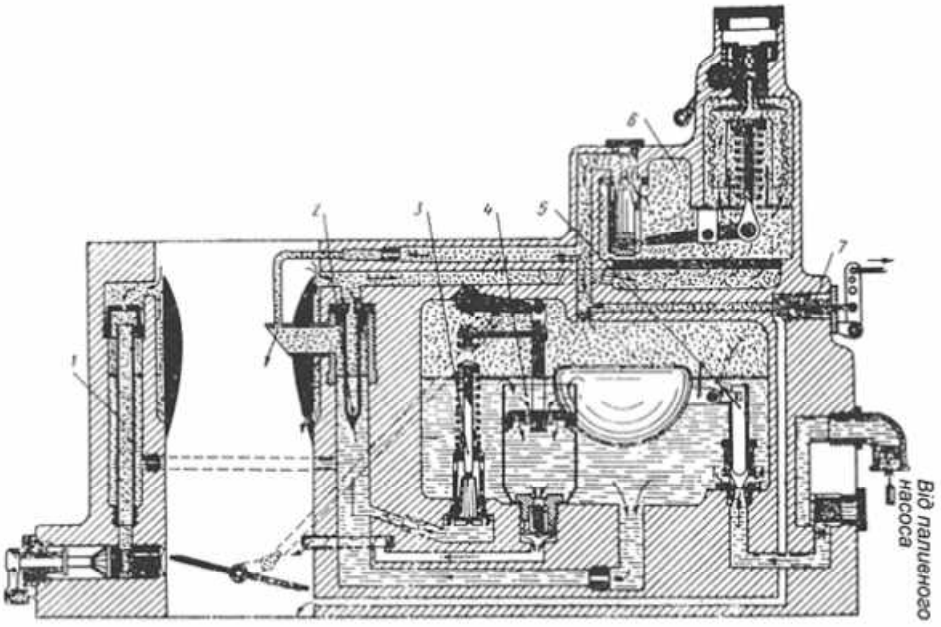

Рис. 40. Принципова схема карбюратора АКМ-62ИР: 1 – система малого газу; 2 – головна дозувальна система; 3 – економайзер; 4 – насос прийомистості; 5 – поплавцевий механізм; 6 – висотний коректор; 7 – стоп-кран

Поплавцевий механізм

Поплавцевий механізм призначно для підтримки постійного рівня палива в поплавцевих камерах.

Зі зміненням рівня палива в поплавцевих механізмах змінюється перепад тисків, під дією якого бензин витікає з жиклерів, а це може призвести до неприпустимого збіднення або збагачення суміші на всіх режимах.

У кожній камері поплавця є свій поплавцевий механізм (рис. 41). У міру заповнення камери поплавця паливом поплавець спливає, і, коли рівень палива досягає певної висоти, голка «сідає» на сідло гнізда й припиняє подальший приплив палива. Як тільки бензин починає витрачатися з камери поплавця, поплавець опускається разом із рідиною. Голка піднімається над сідлом, і в камеру поплавця надходить паливо, кількість якого відповідає витраті його з камери.

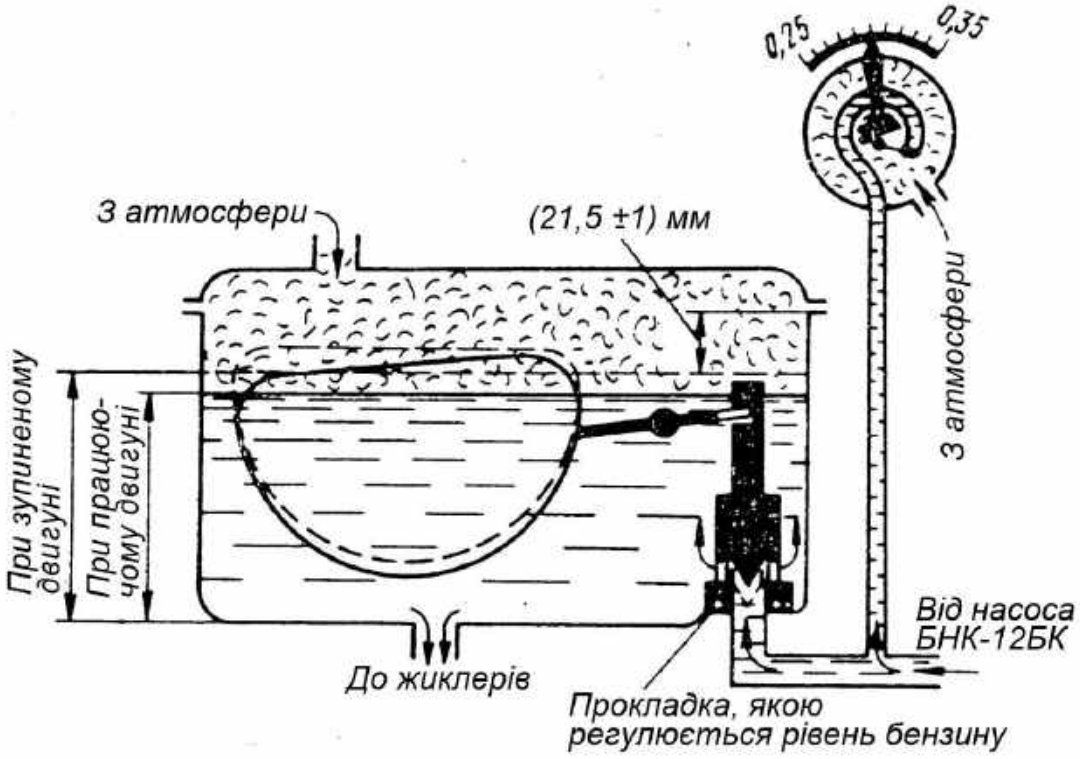

Рис. 41. Схема й принцип дії поплавцевої камери

Рівень палива в камері поплавця змінюється залежно від його витрати. Однак якщо поплавцевий механізм справний і тиск палива під голкою незмінний, то рівень змінюється не більше, ніж на 1 мм, що не впливає на якість суміші, що готується в карбюраторі.

Поплавцевий механізм відрегульовано так, щоб при надлишковому тиску палива під голкою 0,025...0,035 МПа в поплавцевій камері підтримувався рівень палива, на (21,5 ± 1) мм нижчий від площини перерізу корпусу й кришки карбюратора.

Система малого газу

У системі малого газу (рис. 42) готується суміш необхідної якості в момент запуску двигуна і при роботі його на малих обертах. Система малого газу спільно з головною дозувальною системою забезпечує плавний перехід з малих обертів на середні.

Карбюратор має чотири однакові системи малого газу, що працюють паралельно. Кожна з них обслуговує одну змішувальну камеру. Одна поплавцева камера обслуговує дві системи малого газу.

До складу кожної системи малого газу входять форсунка 4, трубка 3, повітряний 1 і паливний 2 жиклери.

Система малого газу працює таким чином. При непрацюючому двигуні паливо з поплавцевої камери через головний жиклер надходить у колодязь головної дозувальної системи, звідки через жиклер малого газу діаметром 1,38 мм проходить у колодязь малого газу й заповнює порожнину навколо трубки 3 до рівня палива в камері поплавця.

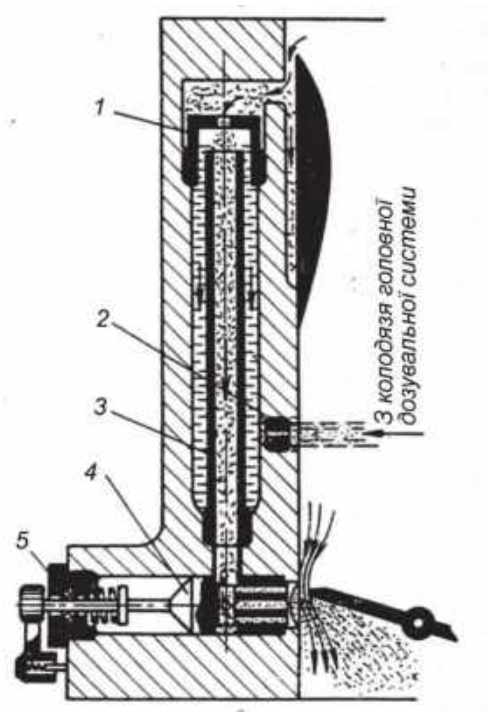

Рис. 42. Схема й принцип дії системи малого газу:
1 – повітряний жиклер;
2 – паливний жиклер; 3 – трубка;
4 – форсунка; 5 – сальник

У момент запуску і при роботі двигуна на малих обертах дросельна заслінка карбюратора прикрита. Між нею і стінкою змішувальної камери, у місці розташування форсунки малого газу, залишається лише невелика щілина. Швидкість руху повітря в цій щілині є великою, унаслідок чого в ній виникає значне розрідження. Останнє передається через канали форсунки 4 і трубку 3 у верхню частину колодязя малого газу. Під дією розрідження паливо в колодязі піднімається, змішується на вході в трубку з повітрям, що надходить через повітряний жиклер малого газу 1 діаметром 1,3 мм, звідки у вигляді крупно розпорошеної бензиново-повітряної емульсії надходить до форсунки, а потім через три каліброваних отвори в ній виходить у змішувальну камеру. Тут відбувається друге змішування бензину з повітрям, що супроводжується більш інтенсивним розпиленням бензину.

У міру відкриття дросельної заслінки і збільшення кількості обертів кількість повітря, що проходить через змішувальну камеру, збільшується. Разом з тим розрідження в щілині між заслінкою і стінкою змішувальної

камери, а отже, і в колодязі малого газу зменшується. Унаслідок цього зменшується витікання палива з жиклера, і суміш, що готується в системі малого газу, збіднюється.

Коли кількість обертів становить 1350...1400 об/хв, витікання бензину з жиклера малого газу припиняється. При подальшому збільшенні кількості обертів повітря через систему малого газу починає рухатися в зворотному напрямку, оскільки розрідження в колодязі головної дозувальної системи стає більшим, ніж у колодязі системи малого газу.

Склад суміші, що готується в системі малого газу, на різних кількостях обертів показано на рис. 43.

Якість суміші на малому газі може бути відрегульована поворотом форсунок малого газу. При повороті форсунки змінюється положення уступу на її торці відносно напрямку руху повітря в щілині між дросельною заслінкою та стінкою змішувальної камери (рис. 44). Крім того, змінюється положення трьох каліброваних отворів форсунки відносно самої щілини, тобто місце найбільшого розрідження.

Якщо повернути форсунку уступом проти потоку повітря (див. рис. 44, *а*), то верхній отвір більшого діаметра відходить від щілини, і у всіх трьох отворах створюється підпір. Розрідження в колодязі системи малого газу й витікання емульсії в змішувальну камеру зменшуються, і суміш збіднюється.

При повороті уступу по потоку (див. рис. 44, *в*) за ним створюються додаткові завихрення, що призводить до підвищення розрідження біля отворів форсунки. Отвір більшого діаметра при цьому наближається до зони найбільшого розрідження в щілині. Унаслідок цього розрідження в колодязі системи малого газу збільшується, і суміш збагачується.

Рис. 43. Склад суміші, що готується в системі малого газу, залежно від кількості обертів

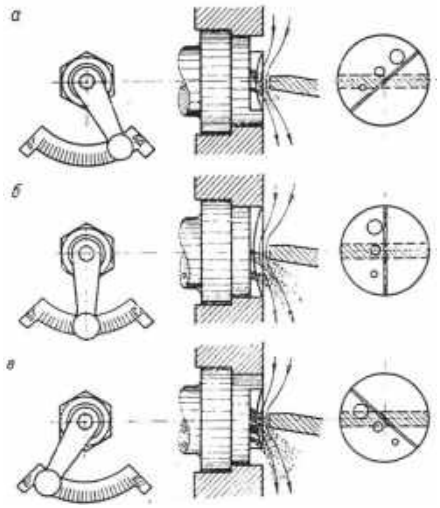

Рис. 44. Регулювання складу горючої суміші на режимі малого газу поворотом форсунок малого газу: *а* – гранично бідна суміш; *б* – нормальна суміш; *в* – гранично багата суміш

При повороті форсунки на збіднення або збагачення суміші необхідно орієнтуватися на мітки «БГ» і «БД» на контровому секторі її важеля. При повороті важеля в бік мітки «БГ» суміш збагачується, а в бік мітки «БД» – збіднюється.

Регулювання обертів малого газу (кількісне регулювання) здійснюється гвинтом з упором на лівому секторі осі дросельних заслінок.

Головна дозувальна система

Головна дозувальна система забезпечує приготування суміші необхідного складу на середніх обертах. Крім того, ця система спільно з системою малого газу забезпечує плавний перехід з малих обертів на середні, а спільно з економайзером – збагачення суміші на великих обертах.

Карбюратор має чотири головні дозувальні системи, кожна з яких обслуговує одну змішувальну камеру. Одна поплавцева камера обслуговує дві головні дозувальні системи.

Кожна головна дозувальна система (рис. 45) складається з розпилювача 3, головного повітряного жиклера 1 діаметром 1,8 мм, трубки головного повітряного жиклера 2, головного бензинового жиклера 4 діаметром 3,1...3,3 мм.

Головна дозувальна система починає працювати приблизно на 1000 об/хв. При цьому під дією розрідження в дифузорі паливо піднімається в колодязі системи до рівня вихідного отвору розпилювача і в незначній кількості надходить у змішувальну камеру. Трубка повітряного жиклера 2 спорожнюється, і через її отвори в колодязь надходить повітря, забезпечуючи початкове дроблення бензину.

При подальшому збільшенні кількості обертів розрідження в дифузорі, а разом з тим і надходження палива через розпилювач збільшуються. Одночасно збільшується і надходження повітря в колодязь через трубку повітряного жиклера.

Кількість палива, що надходить у колодязь, визначається пропускною здатністю головного бензинового жиклера. Остання так само, як і для жиклера малого газу, залежить від його перерізу і перепаду тисків перед жиклером і за ним.

У діапазоні від 1000 до 1350...1400 об/хв розрідження в найвужчому перерізі дифузора є меншим, ніж у щілині між дросельною заслінкою та стінкою змішувальної камери. Відповідно тиск у колодязі головної дозувальної системи є більшим, ніж у колодязі системи малого газу, і система працює паралельно з головною дозувальною системою. При цьому сумарна кількість емульсії, яка надходить з форсунки малого газу і розпилювача головної дозувальної системи, забезпечує склад суміші, необхідний для плавного переходу двигуна з малих обертів на середні.

При кількості обертів 1350...1400 за хвилину тиск у вихідних отворах форсунок і в колодязі системи малого газу стає більшим, ніж у колодязі головної дозувальної системи. Через паливний жиклер малого газу в головну дозувальну систему починають надходити повітря з атмосфери (через повітряний жиклер) і суміш з камери змішувача (через отвір форсунки). Це забезпечує додаткове змішування палива з повітрям у головній дозувальній системі.

Як бачимо на рис. 46, у головній дозувальній системі суміш необхідного складу готується тільки в діапазоні від 1350...1400 до 1850 ... 1900 об/хв. На менших і більших обертах суміш є біднішою за необхідну. Це збіднення компенсується спільною роботою головної дозувальної системи з системою малого газу на малих обертах (від 1000 до 1350...1400 об/хв) і економайзером – на великих оборотах (від 1850...1900 об/хв і вище).

Характер змінення складу суміші, що готується в головній дозувальній системі, залежно від кількості обертів пояснюється наявністю в ній повітряного жиклера. Так само, як і в системі малого газу, цей жиклер призначено для гальмування витікання палива з головного жиклера й поліпшення перемішування палива з повітрям.

Зі збільшенням кількості обертів гальмування збільшується, що виключає надлишкове збагачення суміші (пунктирна лінія на рис. 46).

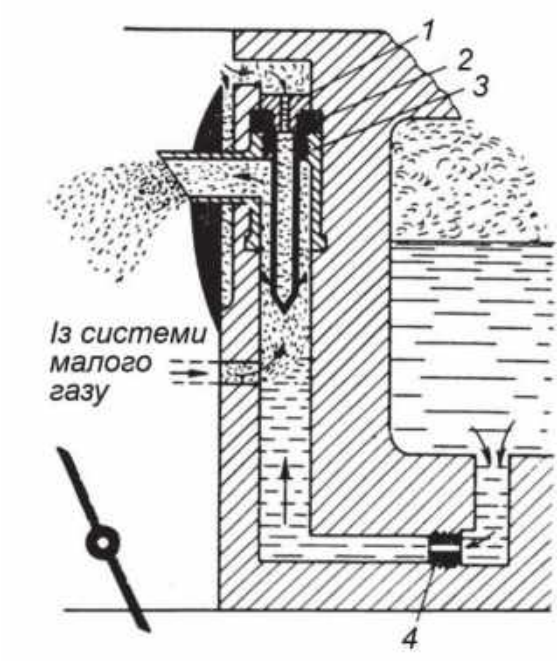

Рис. 45. Схема і принцип дії дозувальної системи: 1 – головний повітряний жиклер; 2 – трубка головного повітряного жиклера; 3 – розпилювач; 4 – паливний жиклер

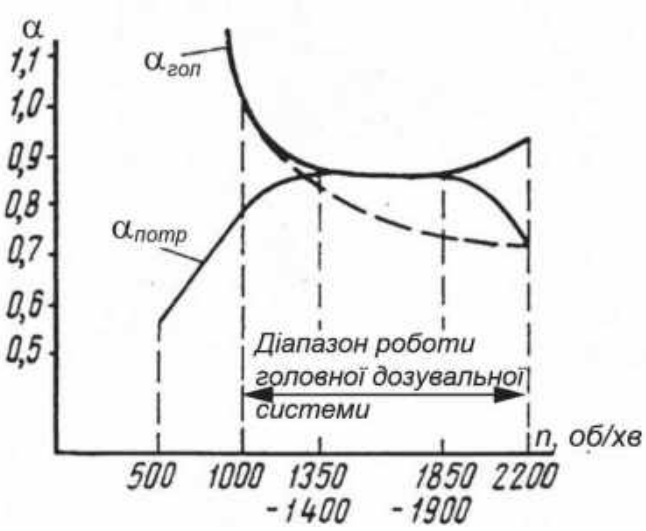

Рис. 46. Склад горючої суміші, що готується в головній дозувальній системі

Система економайзера

Система економайзера (рис. 47), яку призначено для збагачення суміші на великих обертах, містить власне економайзер, що складається з конічного клапана 5, гнізда клапана 4, пружини 3, що утримує клапан в закритому положенні, і два паливних жиклера 1 діаметром 3,3 мм.

Економайзер установлено в правій камері поплавця. Клапан економайзера відкривається регулювальним гвинтом важеля 2, укріпленим на штоку поршня насоса прийомистості, який, своєю чергою, зв'язаний із важелем 2 передачею з правою віссю дросельних заслінок. Економайзер починає працювати при відкритті дросельних заслінок на кут 16°30', що відповідає 1850…1900 об/хв (на землі при малому кроці гвинта). Жиклери системи економайзера встановлені в каналах корпусу карбюратора, які з'єднують два правих колодязя головної дозувальної системи з порожниною під клапаном економайзера. Таким чином, система економайзера обслуговує тільки дві праві камери змішувачів.

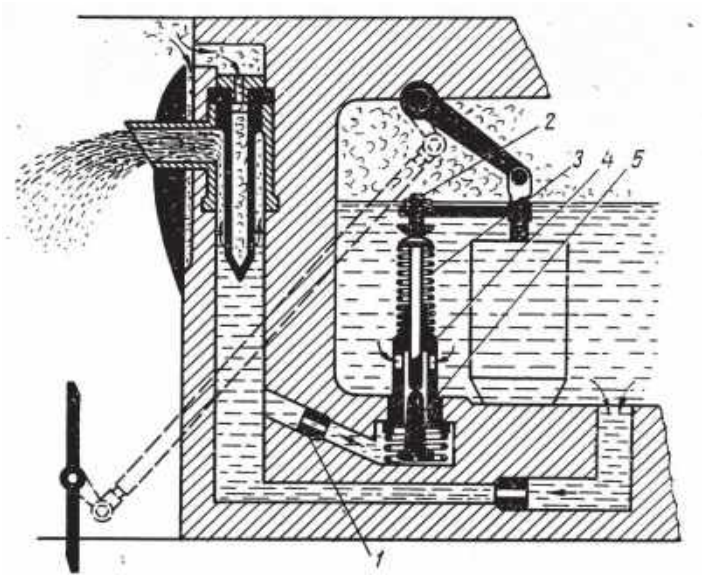

Рис. 47. Схема економайзера та його роботи:
1 – жиклер; 2 – регулювальний гвинт;
3 – пружина; 4 – гніздо клапана; 5 – клапан

Економайзер функціонує таким чином. При відкритті дросельних заслінок на кут 16°30' регулювальний гвинт 2 натискає на шток клапана 5. Клапан відкривається, і паливо з правої камери поплавця через жиклери економайзера надходить у два правих колодязі головної дозувальної системи. Тут воно змішується з паливом, що надходить з головних жиклерів, і у вигляді емульсії надходить через розпилювачі в змішувальні камери. Додаткове подання палива через систему економайзера приводить до збагачення суміші на великих обертах.

Клапан економайзера має конічну форму, що обумовлює поступове збільшення подання палива в міру збільшення кута відкриття дросельних заслінок. При повному їх відкритті дозування додаткового подання палива визначається пропускною здатністю жиклерів економайзера. Їх підбирають так, щоб на злітному режимі при 2200 об/хв суміш була збагачена до $\alpha \sim 0{,}6…0{,}7$.

Висотний коректор

Зі схем роботи системи малого газу, головної дозувальної системи й економайзера видно, що при спільній їх роботі готуються суміші заданого складу у всьому діапазоні робочих обертів двигуна. Призначення висотного коректора – збереження заданого складу суміші при зміненні висоти польоту або, що більш точно, при зміненні температури й тиску повітря на вході в карбюратор. Крім того, висотний коректор має давати можливість пілоту змінювати склад суміші в польоті.

Карбюратор АКМ-62ИР установлюється перед нагнітачем, і повітря в нього надходить з атмосферним тиском і температурою. Падіння атмосферного тиску зі збільшенням висоти сприяє зменшенню питомої густини повітря, а зниження температури, навпаки, – її збільшенню. Оскільки зі зниженням тиску відбувається більш інтенсивне зменшення густини повітря, ніж збільшення її внаслідок зниження температури, то зі збільшенням висоти питома густина повітря безперервно зменшується.

Якщо з підніманням на висоту двигун працює на постійних обертах при незмінному положенні дросельних заслінок, то об'єм повітря, що надходить у нього, залишається постійним. Отже, залишаються постійними: швидкість руху повітря в дифузорах, перепад тисків перед головними жиклерами і за ними та об’єм палива, що витікає з жиклерів. Вага ж повітря зменшується внаслідок зниження його густини. Унаслідок цього суміш, що утворюється в карбюраторі, у міру збільшення висоти безперервно збагачується.

Змінення температури й тиску повітря біля землі або в польоті на одній і тій же висоті, підігрів повітря на вході в карбюратор також спричиняють змінення складу суміші, що утворюється в карбюраторі. Якщо перепад барометричного тиску зазвичай не перевищує 30...45 мм рт. ст., що викликає незначну зміну (близько 2…3 %), то перепад температур, що становить протягом року 50…60 °С, і підігрів повітря на вході в карбюратор дуже сильно позначаються на складі суміші.

Таким чином, висотний коректор призначено для запобігання не тільки збагаченню суміші при збільшенні висоти польоту, але й виключенню змінення її складу внаслідок змінення барометричного тиску й температури повітря на вході в карбюратор як на землі, так і в польоті на незмінній висоті.

Висотний коректор карбюратора АКМ-62ИР має автоматичну частину й механізм ручного керування.

Принципове призначення автоматичної частини – самостійно усувати збагачення або збіднення суміші при зміненні барометричного тиску й температури повітря на вході в карбюратор і зберігати склад суміші, заданий його регулюванням. Як буде показано далі, автоматична частина не повністю відповідає своєму призначенню.

Механізм ручного керування дає можливість вручну змінювати склад суміші при підніманні на висоту в разі виходу з ладу чутливого елемента автоматичної частини, коригувати її роботу та перевіряти роботу висотного коректора на землі під час випробування двигуна. Крім того, з допомогою механізму ручного керування можна додатково збіднювати суміш у польоті з метою зменшення витрати палива.

Висотний коректор установлюється на кришці карбюратора над лівою поплавцевою камерою. Змінення складу суміші здійснюється шляхом зменшення тією чи іншою мірою тиску в повітряному просторі обох поплавцевих камер порівняно з атмосферним, унаслідок чого змінюється витікання палива з усіх головних жиклерів і з жиклерів економайзера (якщо останній увімкнено).

Основними елементами висотного коректора (рис. 48) є анероїд, тяга, двоплечовий важіль, опорна пластина, голка з гніздом, рейка та валик з шестірнею механізму ручного керування.

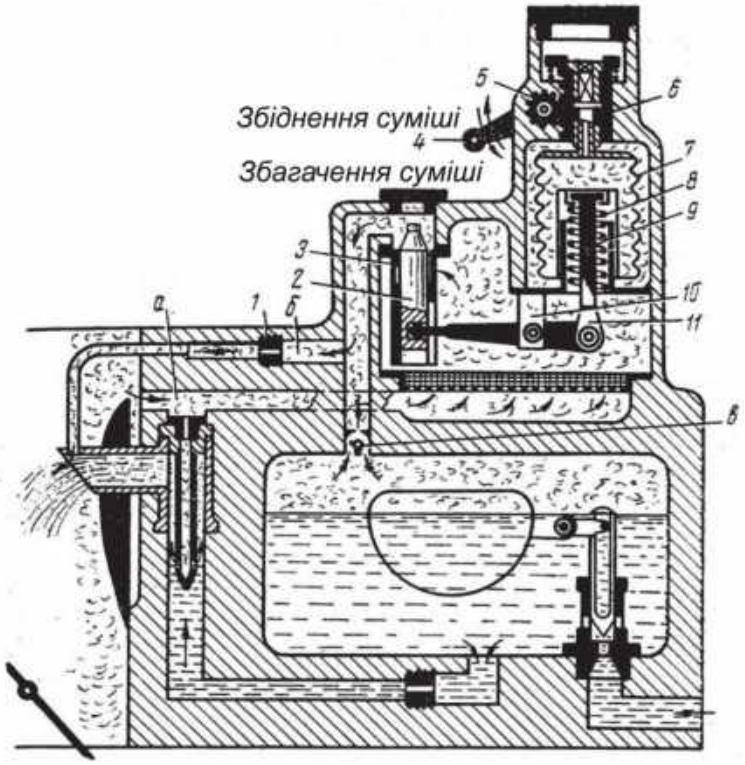

Рис. 48. Схема та принцип дії висотного коректора: 1 – повітряний жиклер; 2 – голка; 3 – гніздо голки; 4 – важіль механізму ручного керування; 5 – валик з шестірнею; 6 – рейка; 7 – анероїд; 8 – пружина; 9 – тяга; 10 – опорна пластина; 11 – двоплечовий важіль; *а* – канал для сполучення внутрішньої порожнини коректора із задифузорним простором; *б* – обвідний канал; *в* – відгалуження обвідного каналу

Анероїд 7 являє собою герметично закриту коробку, наповнену повітрям з тиском 730...760 мм рт. ст. при температурі +15 °С. Зовнішнє

денце анероїда має хвостовик з різзю, на яку нагвинчено рейку 6 механізму ручного керування. До внутрішнього денця анероїда шарнірно приєднано тягу 9, що передає переміщення голці 2 через двоплечовий важіль 11.

Голка 2, що має спеціально спрофільований верхній кінець, поміщається в гнізді 3 з двома отворами для проходження повітря.

Усі деталі висотного коректора змонтовані в його корпусі. Внутрішня порожнина корпусу коректора через канали в кришці й корпусі карбюратора сполучається з простором за дифузором, куди підводиться атмосферне повітря. З іншого боку через отвір між голкою та її гніздом, а також через канал у корпусі коректора й обвідний канал кришки карбюратора *в*, що з'єднує поплавцеві камери, внутрішня порожнина сполучається з повітряним простором обох поплавцевих камер.

Таким чином, поплавцеві камери карбюратора сполучаються з атмосферою тільки через висотний коректор.

Обвідний канал кришки карбюратора має відгалуження *б*, у якому встановлено повітряний жиклер висотного коректора 1 діаметром 1,95 мм і туго посаджену одним кінцем мідну трубку. Другий кінець трубки з'єднаний з розпилювачем лівої передньої камери змішувача. Завдяки цьому при роботі двигуна повітря безперервно відсмоктується з порожнини корпусу висотного коректора в змішувальну камеру.

Чутливим елементом висотного коректора є анероїд 7. Як видно з рис. 48, при зміненні тиску або температури навколо анероїда його довжина буде збільшуватися або зменшуватися, а зв'язана з ним голка має переміщатися вверх або вниз, змінюючи площу прохідного отвору між нею та гніздом. Поворот важеля механізму ручного керування в той або інший бік також спричиняє переміщення голки вверх або вниз.

Якщо голка займає положення, при якому пропускна здатність отвору між нею та гніздом є більшою від пропускної здатності жиклера висотного коректора, то відсмоктуванням повітря через жиклер у дифузор цілком компенсується надходження повітря з порожнини корпусу висотного коректора. При цьому в каналах між голкою і жиклером, а отже, і в поплавцевих камерах підтримується атмосферний тиск, і висотний коректор не впливає на якість суміші.

Якщо ж голка займає положення, при якому надходження повітря з порожнини корпусу коректора не компенсує витрати його через жиклер, то починається витікання повітря з поплавцевої камери, і тиск повітря в них зменшується. Перепад тисків перед головними паливними жиклерами і за ними зменшується, що приводить до зменшення витрати бензину з жиклерів і збіднення суміші.

Падіння тиску в поплавцевих камерах і збіднення суміші буде відбуватися доти, доки при новому положенні голки встановиться рівність

об'ємної витрати повітря через повітряний жиклер висотного коректора і через отвір між голкою та гніздом. Практично це відбувається миттєво.

Таким чином, переміщення голки вверх відповідає збідненню суміші, а вниз – її збагаченню.

Прискорювальна система (насос прийомистості)

Прийомистість двигуна визначається мінімальним часом переходу його з обертів малого газу на максимальні оберти без порушення нормальної роботи. Чим краще прийомистість двигуна, тим швидше він може розвинути максимальну потужність. Особливо важливо це під час приземлення літака – у разі необхідності несподівано піти на друге коло. Двигун має переходити з малих обертів на максимальні оберти не більше, ніж за 1-2 с. Прийомистість двигуна з повітряним гвинтом визначається виключно конструкцією й роботою карбюратора.

При різкому відкритті дросельних заслінок з метою різкого збільшення обертів і потужності двигуна настільки ж різко збільшуються швидкість руху повітря у всмоктувальній системі і кількість повітря, що надходить у двигун. Бензин має більшу інертність, ніж повітря, і швидкість витікання його з жиклерів збільшується повільніше, унаслідок чого суміш, що утворюється в основних дозувальних системах, збіднюється, швидкість горіння її зменшується, що спричиняє зворотні спалахи в карбюратор. Двигун не тільки не переходить на максимальні оберти, а, навпаки, глухне, якщо своєчасно не прикрити дросельні заслінки.

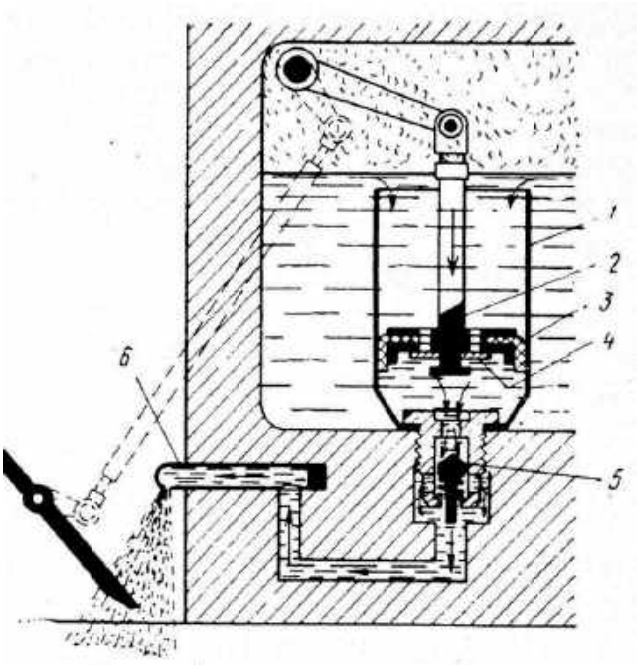

Рис. 49. Схема й принцип дії прискорювальної системи: 1 – циліндр; 2 – поршень; 3 – манжета; 4 – пластинчастий клапан; 5 – запобіжний клапан; 6 – форсунка

Прискорювальну систему карбюратора призначено для того, щоб у момент різкого відкриття дросельних заслінок у змішувальні камери подавалася додаткова порція палива, унаслідок чого унеможливлюється тимчасове сильне збіднення горючої суміші й забезпечується плавний і швидкий перехід двигуна з малих обертів на максимальні.

Прискорювальну систему показано на рис. 49. Основним механізмом цієї системи є поршневий насос, установлений у правій камері поплавця.

Верхній зріз циліндра насоса 1 розташований нижче рівня палива в камері. Поршень насоса 2 має шкіряну ущільнювальну манжету 3 і два отвори для протікання бензину в нижню порожнину циліндра. При різкому русі поршня насоса вниз ці отвори закриваються зворотним пластинчастим клапаном 4, вільно встановленим під поршнем на його штоку. Шток поршня через систему важелів з'єднаний з віссю правих дросельних заслінок і при їх відкритті переміщається вниз.

Запобіжний клапан 5 змонтований у пробці кріплення циліндра насоса до корпусу карбюратора. Клапан закриває вихід бензину з порожнини насоса при нерухомому поршні і при ході його вверх.

Форсунка 6 установлена в правих передніх камерах змішувача. Каналами в корпусі карбюратора форсунка з'єднана з насосом прийомистості.

Прискорювальна система працює таким чином. Під час прикриття дросельних заслінок поршень прискорювального насоса переміщується вверх. У нижній порожнині циліндра насоса створюється розрідження, під дією якого з камери поплавця через два отвори поршня і по зазорах між манжетою і стінками циліндра в неї надходить паливо. Вихід палива з циліндра насоса до форсунки перекриває запобіжний клапан, притиснутий пружиною до сідла пробки.

При різкому відкритті дросельних заслінок поршень насоса переміщується вниз, і тиск палива всередині циліндра підвищується. Зворотний клапан закриває отвори в поршні, а манжета, розпираючи, щільно притискається до стінок циліндра.

Шлях палива з насоса в камеру поплавця закривається. Запобіжний клапан відкривається, паливо через нього виштовхується в канали корпусу і через форсунку надходить у змішувальну камеру, запобігаючи збідненню суміші.

Наявність у карбюраторі АКМ-62ИР прискорювальної системи забезпечує плавний перехід добре прогрітого двигуна з обертів малого газу на максимальні за час у межах 1 с.

Система зупинки двигуна (стоп-кран)

Двигун можна зупинити одним із таких способів:

1) вимиканням запалювання, припиненням подання палива до карбюратора (закриттям крана паливної системи між баком і насосом);

2) миттєвим способом, тобто припиненням подання палива з поплавцевої камери в змішувальні камери карбюратора.

Перший спосіб цілком забезпечує безпечну зупинку двигуна, однак потребує від виконавця великих навичок і має суттєвий недолік. Річ у тому, що незгоріла суміш, що заповнює циліндри двигуна після його зупинки, при

низьких температурах швидко охолоджується. Паливо, що знаходиться в суміші, конденсується, стікає по стінках циліндрів і змиває з них масло. Це спричиняє сухе тертя поршневих кілець і поршнів об стінки циліндрів при наступному запуску, що призводить до підвищеного їх зношення.

Другий спосіб зупинки є небезпечним. При припиненні подання палива до карбюратора надходження палива в камери змішувачів поступово зменшується до повного його вироблення з поплавцевої камери. Суміш поступово збіднюється, унаслідок чого відбуваються зворотні спалахи в карбюратор і виникає небезпека пожежі або пошкодження нагнітача. Тому зупинка двигуна перекриттям крана паливної системи забороняється.

Зупинка двигуна припиненням подання палива з карбюратора є зручною тому, що при цьому відбувається практично миттєве збіднення суміші до верхньої межі займання. Це виключає можливість зворотних спалахів суміші й робить зупинку двигуна абсолютно безпечною. Продування циліндрів атмосферним повітрям, що відбувається при зупинці цим способом, забезпечує видалення з них залишкових газів, що полегшує подальший запуск двигуна.

Стоп-кран карбюратора АКМ-62ИР забезпечує зупинку двигуна другим способом. Подання палива з карбюратора припиняється після усунення перепаду тисків у повітряних порожнинах поплавцевих і змішувальних камер.

Принципову схему системи зупинки показано на рис. 50.

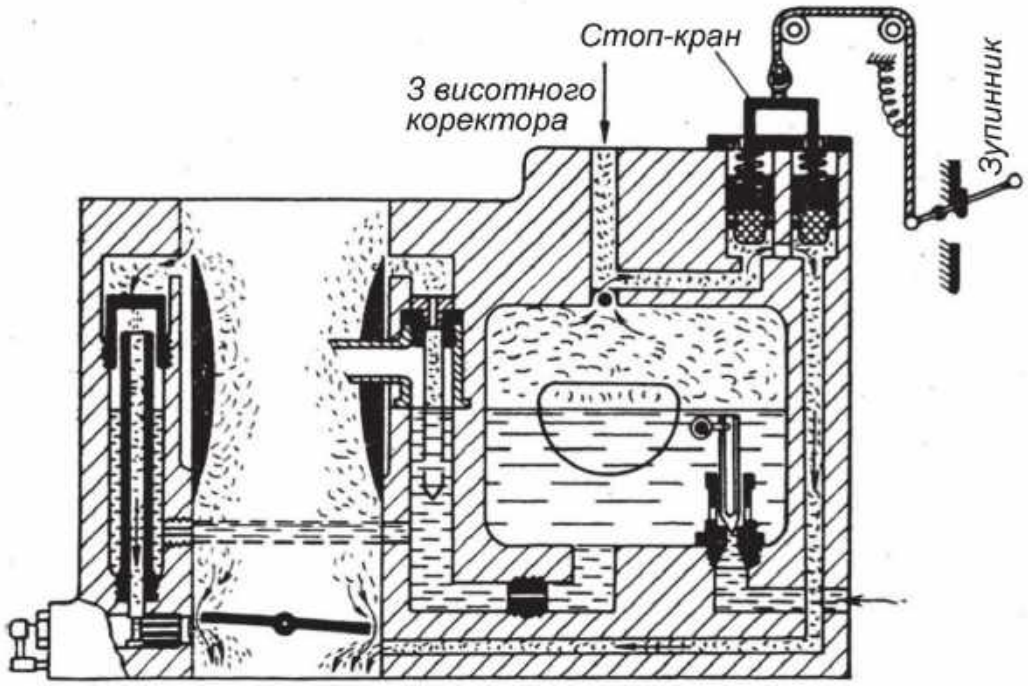

Рис. 50. Схема роботи карбюратора при відкритті стоп-крана

До складу системи зупинки входить стоп-кран, що являє собою здвоєний голчастий клапан. Цей клапан перекриває канал, яким обидві

поплавцеві камери сполучаються з простором правих передніх змішувальних камер нижче дросельної заслінки. Стоп-кран відкривається і закривається з кабіни пілота через тросову проводку.

Перед зупинкою двигун зазвичай працює на обертах, близьких до обертів малого газу. Дросельні заслінки прикриті, і під ними в порожнинах змішувальних камер створюється розрідження, більше, ніж у вихідних отворах форсунок системи малого газу й розпилювачах головної дозувальної системи. Якщо в цей час відкрити клапани стоп-крана, то тиск у поплавцевих камерах миттєво знизиться до тиску в просторі під дроселем правої камери змішувача, перепад тисків перед жиклерами малого газу і за ними (і перед головними жиклерами, якщо стоп-кран відкрити при 1000 об/хв) зникає. Витікання палива з жиклерів припиняється, і двигун зупиняється.

Контрольні запитання

1. Наведіть схему карбюратора АКМ-62ИР.
2. Опишіть залежність складу паливоповітряної суміші від режиму роботи. Поясніть характер залежності.
3. Перелічіть підсистеми, що входять до складу кабюратора АКМ-62ИР.
4. За яким принципом працює головна дозувальна система? Назвіть її основні елементи.
5. Опишіть принцип дії системи малого газу, склад і регулювання.
6. Опишіть принцип дії економайзера та його основні елементи.
7. Опишіть принцип дії насоса прийомистості та його основні елементи.
8. Висотний коректор, його призначення, принцип дії та основні елементи.
9. Система зупинки двигуна, аргументи щодо вибору принципу дії.

3.2. Паливна система з карбюратором К-14БП

3.2.1. Схема паливної системи

Схема паливної системи з карбюратором К-14БП (літаки Як-18, Як-52) подібна до розглянутої вище.

3.2.2. Принцип роботи карбюратора К-14БП

Під дією розрідження, що створюється у відцентровому нагнітачі двигуна, з одного боку, і атмосферним тиском, з іншого, повітря надходить у змішувальну камеру 26 (рис. 51).

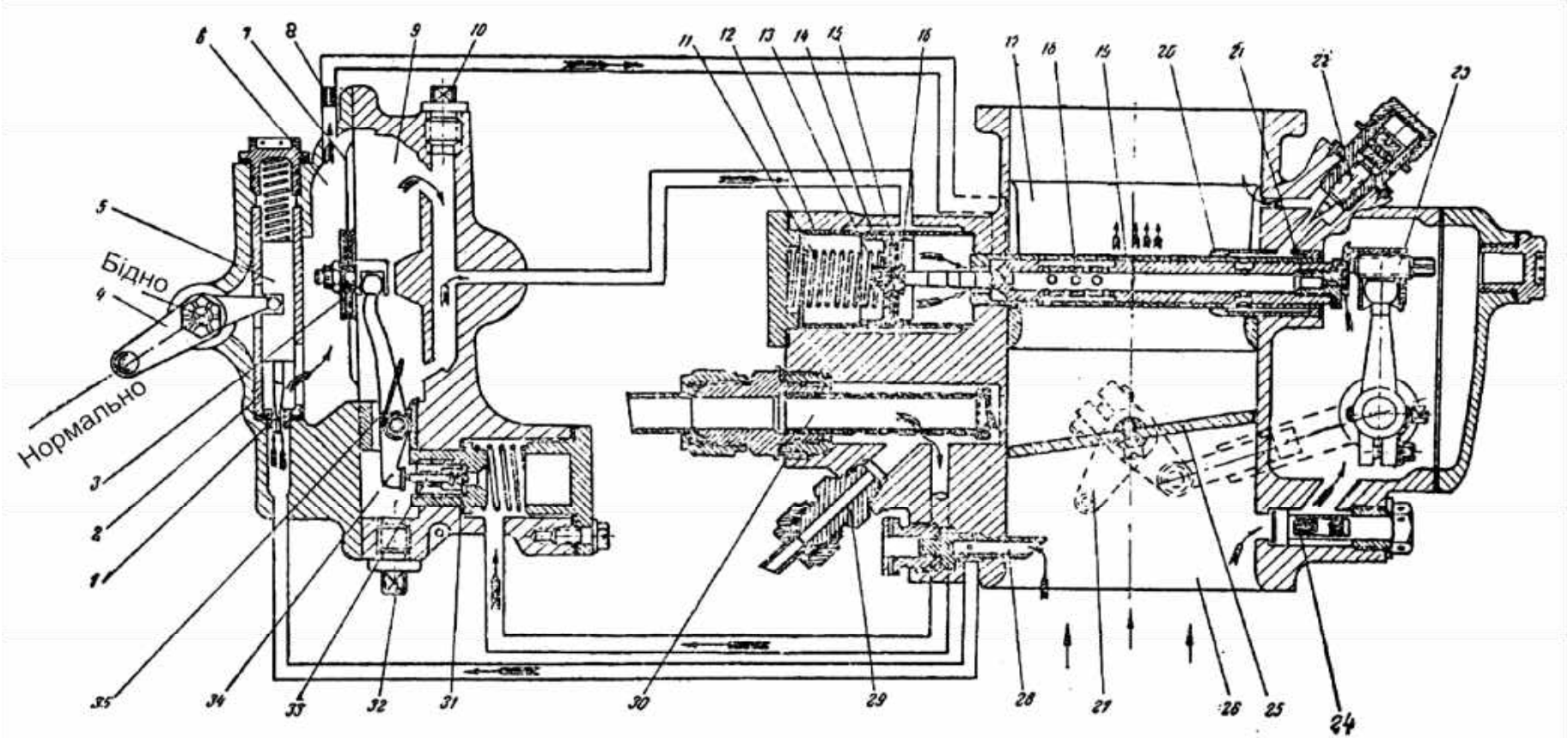

Рис. 51. Принципова схема карбюратора К-14БП:

1 – вічко гнізда голки висотного коректора; 2 – гніздо голки висотного коректора; 3 – цапфа мембрани; 4 – важіль ручного керування висотним коректором; 5 – голка висотного коректора; 6 – повітряна порожнина мембранного механізму; 7 – мембрана; 8 – відсмоктувальний жиклер; 9 – паливна порожнина мембранного механізму; 10 – верхня зливна пробка; 11 – пружина; 12 – циліндр насоса прийомистості; 13 – насос прийомистості; 14 – поршень насоса прийомистості; 15 – клапан поршня насоса прийомистості; 16 – напрямна клапана; 17 – дифузор; 18 – дозувальна голка; 19 – форсунка; 20 – гільза форсунки; 21 – повітряний жиклер; 22 – голка малого газу; 23 – гвинт регулювання номінального й перехідного режимів; 24 – повітряний фільтр; 25 – дросель; 26 – змішувальна камера; 27 – ведучий важіль дросельної заслінки; 28 – трубка повітроприймальника (трубка швидкісного напору); 29 – штуцер виміру тиску палива; 30 –паливний фільтр (бензопідвід); 31 – паливний клапан; 32 – нижня зливна пробка; 33 – шток паливного клапана; 34 – важіль паливного клапана; 35 – пружина важеля паливного клапана

Кількість повітря, що проходить через змішувальну камеру, регулюється дросельною заслінкою 25. Для збільшення швидкості повітря й отримання більшого розрідження в потоці повітря біля форсунки 19 установлено дифузор 17.

Паливо під тиском від бензонасоса надходить у фільтр 30 і, пройшовши клапан 31, потрапляє в паливну порожнину 9 мембранного механізму. Звідси паливо, проходячи по каналах у корпусі карбюратора, через отвори в циліндрі 12 заповнює внутрішню порожнину насоса прийомистості 13.

Під дією тиску палива клапан 15 поршня насоса прийомистості залишається відкритим. Через свердління в поршні 14 насоса паливо проходить через вічко форсунки 19, яке прикривається дозувальною голкою 18, і надходить через емульсійні отвори в форсунку 19 у змішувальній камері.

Витрата палива визначається перепадом тисків у паливній порожнині 9 мембранного механізму і в порожнині форсунки 19, а також величиною зазору між отвором форсунки й профільованою частиною дозувальної голки.

Для підтримки постійної витрати палива на сталому режимі роботи двигуна необхідно підтримувати певний тиск палива в паливній порожнині. У цьому карбюраторі регулятором тиску є мембранний механізм.

Робота мембранного механізму

Мембранний механізм складається з мембрани 7, з'єднаної з допомогою цапфи 3 з важелем 34, який упирається в шток 33 паливного клапана.

Мембрана розділяє камеру мембранного механізму на дві порожнини – паливну 9 і повітряну 6.

У повітряну порожнину мембранного механізму повітря підводиться через трубку швидкісного напору 28, розташовану в змішувальній (дросельній) камері карбюратора, по каналах у корпусі карбюратора і через зазор між голкою 5 коректора й вічком 1 гнізда голки коректора. Через відсмоктувальний жиклер 8 повітря видаляється з повітряної порожнини і по каналу подається у внутрішню порожнину дозувальної голки 18.

На непрацюючому двигуні паливний клапан 31 перебуває в закритому стані під дією пружини 35 (на важіль 34).

У момент запуску двигуна, коли паливна порожнина не заповнена бензином, розрідження в порожнині форсунки передається в паливну порожнину. Це розрідження в паливній порожнині буде більшим, ніж у

повітряній, через обмежувальну дію жиклера 8. Під дією різниці тисків у паливній і повітряній порожнинах мембрана 7 переміститься вправо і важіль 34, відійшовши від штока 33 паливного клапана, відкриє паливний клапан 31. Бензин, заповнюючи паливну порожнину, створить тиск на мембрану, яка буде переміщатися вліво доти, доки тиски в паливній і повітряній порожнинах не зрівняються. При зменшенні тиску бензину в паливній порожнині під час роботи двигуна мембрана переміщається вправо, при збільшенні – вліво, відкриваючи або прикриваючи паливний клапан, тим самим підтримуючи постійний тиск у паливній порожнині на сталому режимі роботи двигуна.

Тиск у повітряній порожнині мембранного механізму залежить від режиму роботи двигуна й визначається ступенем відкриття голки висотного коректора й емульсійних отворів сопла при незмінному перерізі відсмоктувального жиклера 8.

Тиск у порожнині форсунки також залежить від режиму роботи двигуна (відкриття дросельної заслінки 25) і ступеня відкриття емульсійних отворів у форсунці дозувальною голкою при незмінному перерізі повітряного жиклера 21.

Положення дозувальної голки 18 у вічку форсунки 19 строго визначається положенням дросельної заслінки, що кінематично зв'язана системою важелів з дозувальною голкою.

Для регулювання прохідного перерізу між профільованою частиною дозувальної голки й вічком форсунки є гвинт 23 регулювання номінального й перехідного режимів. Гвинт дає змогу переміщати дозувальну голку відносно форсунки в межах 3,5 мм, не змінюючи положення дросельної заслінки.

Система малого газу

При роботі двигуна на малому газі, коли ведучий важіль 27 дросельної заслінки знаходиться на упорі малого газу, дросельна заслінка прикрита майже повністю. Дозувальна голка 18 перекриває емульсійні отвори форсунок, за винятком першого й частково другого; при цьому отвори системи малого газу в голці і форсунці збігаються, з’єднуючи внутрішню порожнину дозувальної голки з паливними каналами системи малого газу.

Паливо з внутрішньої порожнини дозувальної голки по поєднаних радіальних отворах малого газу в дозувальній голці і форсунці, по кільцевому зазору між форсункою і гільзою 20 форсунки надходить по каналах у корпусі до голки 22 малого газу і, пройшовши голку, виливається через спеціальний отвір у змішувальну камеру.

З іншого боку дозувальної голки повітря, попередньо пройшовши через повітряний фільтр 24 і калібрований отвір у повітряному жиклері 21,

перемішується з паливом, що надходить через отвори малого газу в дозувальну голку і форсунку, висмоктується по тому ж каналу малого газу й прямує в змішувальну камеру, розпилюючи паливо.

Укручуючи й викручуючи голку малого газу, можна регулювати якість суміші при роботі двигуна на малому газі. При вкручуванні голка прикриває отвір у паливному каналі, зменшуючи кількість палива, і суміш збіднюється. При викручуванні голки, навпаки, суміш збагачується.

У міру збільшення кута відкриття дросельної заслінки дозувальна голка переміщається вправо й перекриває отвори малого сопла.

При цьому система малого газу вимикається, але одночасно відкриваються емульсійні отвори у форсунці й збільшується прохідний переріз між профільованою частиною голки й отвором форсунки – палива надходить більше з паливної порожнини мембранного механізму; починає працювати головна дозувальна система.

Головна дозувальна система

При відкритті дросельної заслінки розрідження в горловині дифузора збільшується. Це призводить до збільшення перепаду тиску між повітряною порожниною 6 мембранного механізму і форсункою, а отже, і до збільшення витрати палива. Одночасно при відкритті дросельної заслінки відкриваються емульсійні отвори форсунки і збільшується прохідний переріз між вічком і профільованою частиною голки, куди надходить паливо. Профіль дозувальної голки підбирають таким чином, щоб забезпечити потрібну витрату палива для певного режиму двигуна.

У внутрішній канал голки підводиться повітря з одного боку з повітряної порожнини мембранного механізму, а з іншого боку голки – через повітряний жиклер 21. Унаслідок перемішування повітря з паливом утворюється емульсія, необхідна для кращого розпилення палива в дифузорі з основним потоком повітря, що проходить через емульсійні отвори форсунки.

Насос прийомистості

Головна дозувальна система не може одна забезпечити прийомистість двигуна, тобто необхідний склад суміші при швидкому переході двигуна з малих обертів до обертів злітної потужності.

При швидкому відкритті дросельної заслінки кількість повітря, що проходить через дифузор, різко збільшується. Однак паливо через інерцію і гідравлічні опори, що виникають при проходженні його через вічко форсунки й емульсійні отвори, не може потрапити в необхідній кількості в двигун. Це призводить до збіднення суміші. Для запобігання цьому збідненню призначено насос прийомистості 13.

Насос прийомистості складається з циліндра 12, поршня 14, клапана поршня 15, напрямної клапана 16 і пружини 11.

Поршень насоса прийомистості через напрямну клапана упирається в торець дозувальної голки і під дією пружини, розташованої з іншого боку поршня, весь час прямує за голкою при її русі вправо або вліво.

При повільному переміщенні дозувальної голки клапан насоса прийомистості залишається відкритим під дією тиску палива, що проходить з паливної порожнини мембранного механізму у форсунку.

При швидкому переміщенні дозувальної голки вправо (тобто при різкому відкритті дросельної заслінки) поршень під дією пружини 11 прямує за голкою. В об'ємі палива між поршнем насоса прийомистості й вічком форсунки підвищується тиск. Під дією цього тиску клапан насоса прийомистості притискається до поршня, перекриває отвори у стінці поршня. При подальшому русі поршня вправо паливо примусово виштовхується у форсунку, тим самим забезпечуючи безперебійну роботу двигуна при швидкому переході з малих обертів на підвищений режим.

Висотний коректор

Висотний коректор призначено для регулювання складу суміші з підніманням літака на висоту. Зі збільшенням висоти суміш збагачується через зменшення густини повітря. Отже, для забезпечення нормальної роботи двигуна на висоті виникає необхідність штучно зменшувати подачу палива, що надходить у двигун. Зменшення подачі палива й виконує система висотного коректора.

Робота висотного коректора полягає в зниженні тиску повітря в повітряній порожнині мембранного механізму й забезпечується переміщенням важеля 4 ручного керування висотним коректором від положення «Нормально» до положення «Бідно». При цьому профільована голка 5 коректора переміщається, перекриваючи прохідний переріз у вічку 1 гнізда голки і зменшує кількість повітря, що надходить у повітряну порожнину через трубку 28 швидкісного напору. Витрата повітря через відсмоктувальний жиклер 8 залишається постійною, і тиск в повітряній порожнині знижується.

Унаслідок зниження тиску в повітряній порожнині мембрана переміщається вліво. Важіль мембрани прикриває паливний клапан, тиск бензину в паливній порожнині мембранного механізму знижується, що спричиняє зменшення витікання палива з розпилювальних отворів форсунки і збіднення суміші.

Положення важеля висотного коректора на упорі «Н» (нормально) відповідає максимальному збагаченню суміші і, навпаки, положення ведучого важеля на упорі «БД» (бідно) відповідає максимальному збідненню суміші.

На вході в змішувальну камеру 26 установлюється трубка 28 швидкісного напору, призначена для підведення повітря, що входить до карбюратора в повітряну порожнину мембранного механізму. Скіс трубки встановлюється строго проти потоку вхідного повітря. Отже, у повітряну порожнину мембранного механізму підводиться завжди повний тиск вхідного повітря: статичний плюс динамічний. При незмінному положенні дросельної заслінки збільшення швидкості потоку вхідного повітря (збільшення швидкості літака) приводить до більшої кількості повітря, що надходить у двигун. Це могло б призвести до збіднення суміші при тій самій кількості палива, що надходить.

Однак при збільшенні швидкості потоку повітря тиск повітря в повітряній порожнині, а отже, і палива в паливній порожнині мембранного механізму пропорційно збільшиться. Подача палива збільшиться. Якість суміші залишиться сталою.

3.2.3. Конструкція карбюратора

У корпусі карбюратора (рис. 52, 53), відлитому з магнієвого сплаву, містяться камера змішувача з дроселем, мембранна, кулісні й важільна камери зі своїми припливами й кріпильними бобишками.

Крім того, у корпусі розташовані розточки для насоса прийомистості й паливного клапана, а також просвердлини під паливні й повітряні канали.

Мембранна, кулісні і важільні камери, порожнини насоса прийомистості й паливного клапана закриті кришками, відлитими з магнієвого сплаву.

Під кожну кришку, крім мембранної камери, ставиться паронітова прокладка. Кришки кріпляться до корпусу гвинтами. Кришка мембранної камери ущільнюється по розніму з корпусом самої мембрани й кріпиться також гвинтами.

У верхній і нижній частині камери змішувача є фланці зі шпильками 38, 39 (див. рис. 52). Верхній фланець призначено для кріплення карбюратора до перехідного патрубка двигуна, нижній – для кріплення повітроприймального патрубка карбюратора.

У карбюратор паливо підводиться від бензонасоса по трубопроводу з внутрішнім діаметром 10 мм.

Трубопровід з допомогою ніпельного з'єднання приєднано до штуцера 36. У внутрішню порожнину штуцера вставлено припаяний до торця штуцера паливний сітчастий фільтр 30 з латунним каркасом. З протилежного боку на каркас фільтра насаджено ковпачок, законтрений латунним дротом.

Штуцер бензопроводу разом з фільтром укручений у латунну втулку, яка, своєю чергою, укручена в корпус карбюратора й законтрена двома штифтами. Для ущільнення під штуцер установлюється алюмінієве кільце.

З метою запобігання відкрученню штуцер законтрено дротом до болта кріплення кришки паливного клапана.

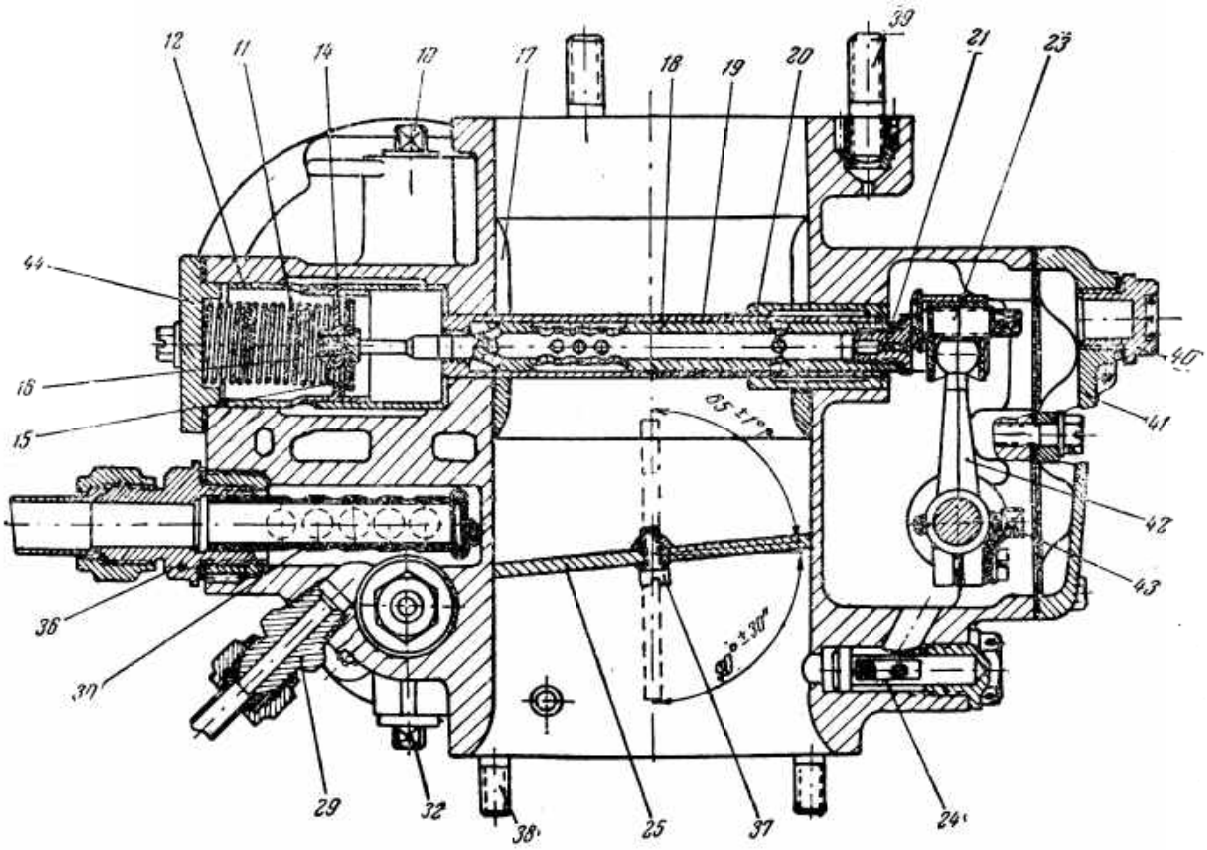

Рис. 52. Дозувальна голка, бензопровід і насос прийомистості карбюратора:
10 – верхня зливна пробка; 11 – пружина; 12 – циліндр насоса прийомистості;
14 – поршень насоса прийомистості; 15 – клапан насоса прийомистості;
16 – напрямна клапана; 17 – дифузор; 18 – дозувальна голка; 19 – форсунка;
20 – гільза форсунки; 21 – повітряний жиклер; 23 – гвинт регулювання номінального й перехідних режимів; 24 – повітряний фільтр; 25 – дросель; 29 – штуцер виміру тиску палива;30 – паливний фільтр; 32 – нижня зливна пробка; 36 – штуцер бензопроводу;
37 – гвинт кріплення дросельної заслінки; 38 – шпилька кріплення повітрозабірника;
39 – шпилька кріплення; 40 – пробка; 41 – кришка важеля камери; 42 – важіль дозувальної голки; 43 – установлювальний палець; 44 – кришка насоса прийомистості

У корпусі карбюратора в порожнину паливного фільтра просвердлений отвір, у який на різі Бріггса вкручено штуцер виміру тиску палива 29.

Насос прийомистості (див. рис. 52). Латунний поршень 14 насоса прийомистості вільно переміщається в латунному циліндрі 12.

Циліндр запресований у корпус і має чотири отвори для проходження палива.

У центральний отвір поршня вставлена й розвальцьована сталева напрямна 16 клапана, на якій у межах 1 мм переміщається алюмінієвий клапан 15. Клапан притертий до стінки поршня і в момент притиснення до

стінки прикриває сім отворів, просвердлених у стінці поршня для проходження палива. Поршень під дією пружини 11 притиснутий до торця дозувальної голки і весь час переміщається разом із нею. Інший кінець пружини упирається в кришку 44 насоса прийомистості.

Дросельна група (див. рис. 52, 53). У камері змішувача поміщається дросельна заслінка 25, уставлена в проріз осі 71 дросельної заслінки й закріплена з допомогою двох гвинтів 37. Вісь дросельної заслінки обертається в двох бронзових втулках 51, запресованих у корпус карбюратора. Один кінець осі дросельної заслінки виходить назовні. На ньому встановлено ведучий 27 і упорний 49 важелі дросельної заслінки. У ведучий важіль запресований і розвальцьований упор 50 важеля дроселя, що обмежує хід важеля дроселя на повному й малому газі. У ведучий важіль вставлена і розвальцьована цапфа 72 до кульової опори, що приєднує тягу керування дроселем.

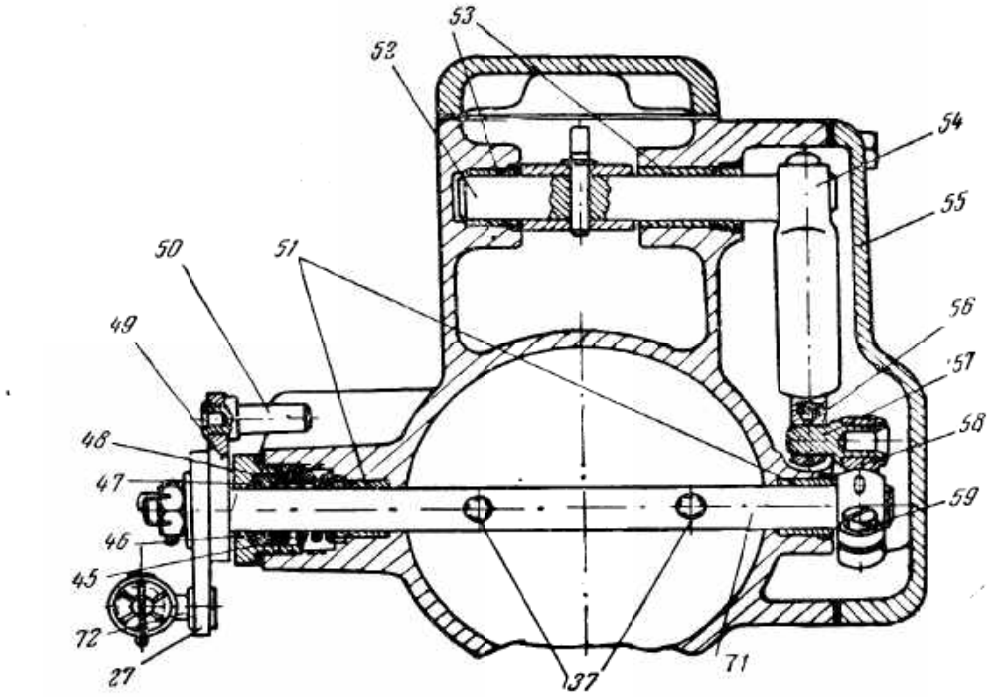

Рис. 53. Дросель і механізм передачі до важеля дозувальної голки: 27 – ведучий важіль дросельної заслінки; 37 – гвинт кріплення дросельної заслінки; 45 – кільце сальника; 46 – гайка сальника; 47 – сальник; 48 – пружина сальника; 49 – важіль упорний; 50 – упор важеля дроселя; 51 – втулки осі дросельної заслінки; 52 – валик важеля дозувальної голки; 53 – втулка; 54 – куліса; 55 – кришка кулісного механізму; 56 – повзун; 57 – палець важеля куліси; 58 – важіль куліси; 59 – гвинт; 71 – вісь дросельної заслінки; 72 – цапфа до кульової опори

Між собою важелі фіксуються штифтом упорної шайби, вставленої в суміщені отвори важелів. Для забезпечення регулювання ведучого важеля відносно осі дросельної заслінки в ньому просвердлені вісім рівномірно розташованих отворів по колу; на тому ж діаметрі просвердлені дев'ять

отворів в упорному важелі. Цей пристрій дає змогу регулювати положення ведучого важеля відносно осі дросельної заслінки з точністю до 5°.

З метою створення герметичності по осі встановлено гумовий сальник 47, який з одного боку упирається в гайку 46, а з іншого – підтискається пружиною 48 через кільце 45.

Інший кінець осі дросельної заслінки виходить у кулісну камеру і з допомогою важеля кулісного механізму є кинематично зв'язаним з дозувальною голкою.

У дросельній камері поміщено дифузор 17, закріплений у корпусі гвинтом 88 (див. рис. 56). У дифузорі є отвір для виходу емульсії палива з системи малого газу. У горловині дифузора перпендикулярно до потоку повітря, що проходить, установлено форсунку 19 з дозувальною голкою 18. Перед дросельною заслінкою в стінці камери змішувача є два отвори. Один отвір призначено для підведення повітря через повітряний фільтр 24 (див. рис. 52) до повітряного жиклера 21, а інший – для встановлення трубки швидкісного напору 28 (див. рис 58).

Мембранний механізм (рис. 54). Мембрана 7 з прогумованої тканини затиснута між фланцем корпусу карбюратора і кришкою 73 мембранної камери з допомогою десяти гвинтів. У центрі мембрани за допомогою двох дисків 70 мембрани і корончастої гайки з шайбою 68 закріплюється цапфа 3. У проріз цапфи входить кругла головка важеля 34 клапана. Важіль клапана повертається на осі 69, вставленій в опору 74 важеля. Іншим кінцем важіль упирається в шток 33 паливного клапана. На важіль та його вісь насаджено пружину 35, що діє на важіль у бік закриття паливного клапана. У корпус паливного клапана 31 вставлена й розвальцьована напрямна 65, у якій вільно переміщається шток клапана. Одним кінцем шток клапана впирається в нижню головку важеля, а іншим – у кульку 66, яка прикриває канал підведення палива в паливну порожнину мембранної камери.

Корпус паливного клапана 31 вкручено в карбюратор на різі й законтрено пружиною 67, затиснутою між клапаном і кришкою 63 паливного клапана.

Для створення герметичності й регулювання положення верхньої головки важеля клапана встановлюють одну або дві фіброві прокладки 75 із загальною товщиною не більше 2 мм.

Голка малого газу (рис. 55). У спеціальну бобишку корпусу карбюратора закручена муфта 76 регулювальної голки малого газу. Під муфту з метою створення герметичності по різі вставлено прокладку. Від викручування муфту захищають два штифти, запресовані в корпус.

Голка малого газу 22 вкручена в муфту і своїм конусом входить у вічко паливного каналу. Для зручності регулювання складу суміші на малому газі голка має головку зі шліцом під викрутку і стопорний пристрій, що

складається з двох кульок 80, притиснутих у спеціальні пази в муфті пружиною 79.

Закручування й викручування голки супроводжується виразними клацаннями. Дванадцять клацань відповідають повороту голки на один оберт або переміщенню голки на 1 мм.

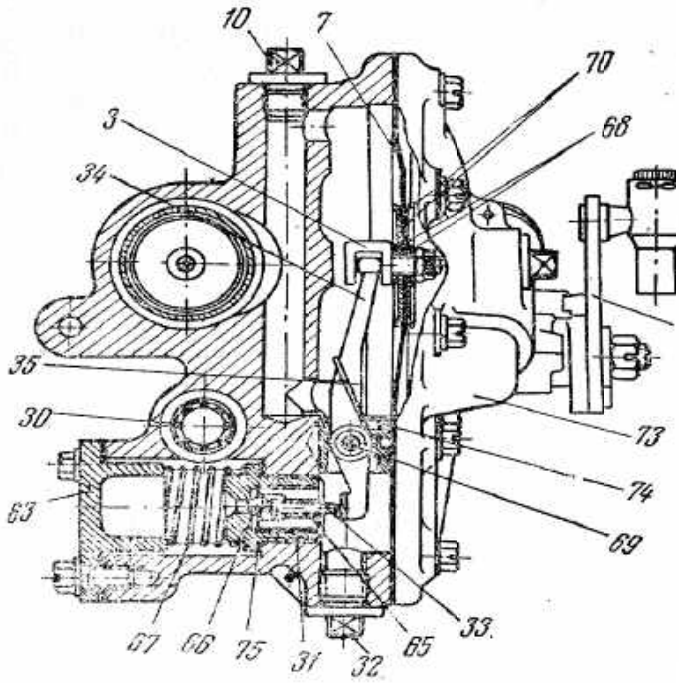

Рис. 54. Мембранний механізм і паливний клапан: 3 – цапфа мембрани; 4 – важіль ручного керування коректором; 7 – мембрана; 10 – верхня зливна пробка; 30 – паливний фільтр; 31 – корпус паливного клапана; 32 – нижня зливна пробка; 33 – шток паливного клапана; 34 – важіль паливного клапана; 35 – пружина важеля паливного клапана; 63 – кришка паливного клапана; 65 – напрямна штока клапана; 66 – кулька; 67 – пружина; 68 – шайби; 69 – вісь важеля паливного клапана; 70 – диски мембрани; 73 – кришка мембранної камери; 74 – опора важеля; 75 – прокладка паливного клапана

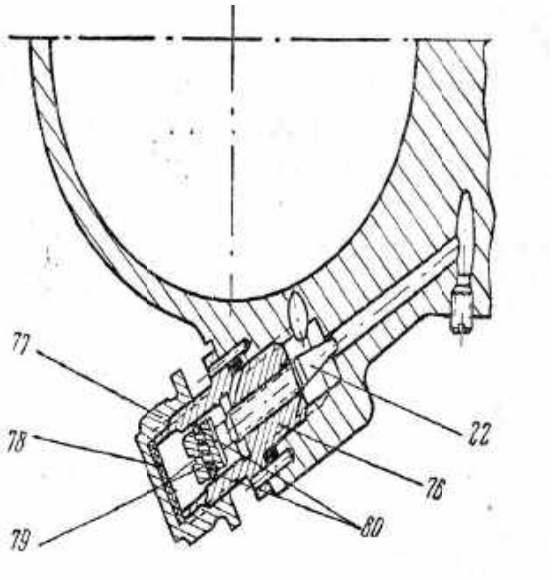

Рис. 55. Голка малого газу: 22 – голка малого газу; 76 – муфта регулювальної голки; 77 – ковпачок голки малого газу; 78 – прокладка; 79 – пружина; 80 – кулька

Головна дозувальна система (див. рис. 52, 53, 56) складається з форсунки 19, дозувальної голки 18 і важеля кулісного механізму, призначеного для кінематичного зв'язку осі дросельної заслінки 71 (див. рис. 53) з дозувальною голкою. Форсунка з одного боку має калібрований отвір, у який входить профільований кінець дозувальної голки. У середній частині форсунки просвердлені калібровані емульсійні отвори для перемішування й розпилювання паливно-повітряної емульсії,

що надходить у змішувальну камеру карбюратора. Отвори у форсунках забезпечують плавне збільшення площі отворів при відкритті їх відсічною кромкою дозувальної голки.

На інший кінець форсунки напресована гільза 20 з внутрішньою виточкою й отвором, з'єднаним з каналом малого газу.

Ця виточка в гільзі через шість отворів, просвердлених у форсунки, і чотири отвори в кільцевій виточці дозувальної голки сполучаються з внутрішньою порожниною дозувальної голки. По цих виточках і просвердлинах проходить паливоповітряна суміш при роботі системи малого газу до голки малого газу.

Дозувальна голка з одного кінця має точно виконану профільовану конусну частину, призначену для дозування палива. Біля основи конуса просвердлені чотири косих отвори, через які паливо надходить у внутрішню порожнину голки. На зовнішній частині голки є проточка, у якій радіально просвердлені чотирнадцять отворів для підведення паливоповітряної суміші до емульсійних отворів форсунки.

На іншому кінці голки є різь, куди вгвинчується напрямна 82 цапфи (див. рис. 56), яка контрується замком 87. Напрямна цапфи виготовлена як одне ціле з повітряним жиклером, що підводить повітря всередину голки.

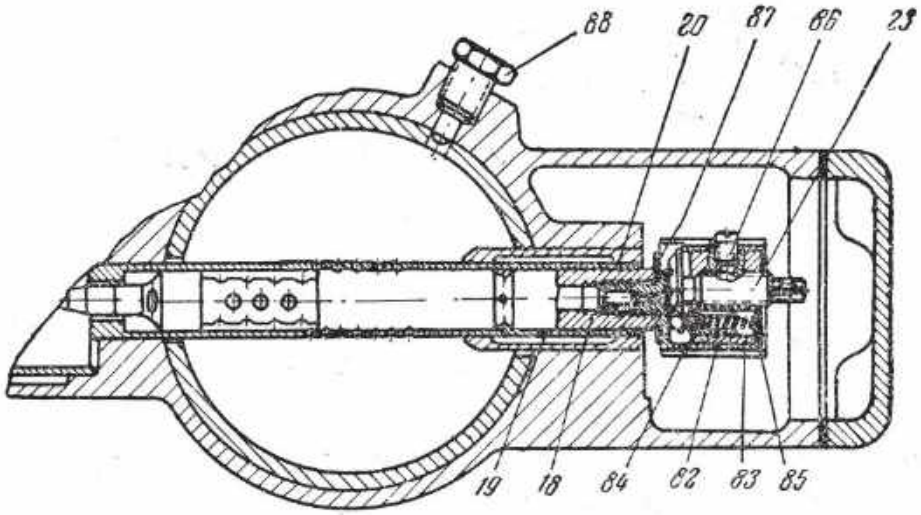

Рис. 56. Вузол регулювального гвинта дозувальної голки: 18 – дозувальна голка; 19 – форсунка; 20 – гільза; 23 – гвинт регулювання перехідних і номінального режимів; 82 – напрямна цапфи; 83 – цапфа дозувальної голки; 84 – стопор; 85 – пружина; 86 – гвинт; 87 – замок; 88 – гвинт кріплення дифузора

Цапфа 83 дозувальної голки вставлена в напрямну, і переміщення її відносно напрямної обмежується гвинтом 86. У цапфу вкручено регулювальний гвинт 23, який фіксується стопором 84 з пружиною 85. При вкрученні гвинт переміщує цапфу відносно голки вправо, при викрученні –

вліво. З нижнього боку в цапфу входить головка важеля 42 (див. рис. 52) дозувальної голки.

Важіль після регулювання ходу голки фіксується установлювальним пальцем 43 з замком і кріпиться на валу 52 (див. рис. 52) з допомогою двох гвинтів.

Валик обертається на двох латунних втулках 53, запресованих у корпус карбюратора. На виступний кінець валика в кулісній камері кріпиться бронзова куліса 54 (рис. 57) з допомогою шпонки 60 і гвинта 81. У кулісі вільно переміщається повзун 56, усередину якого закладається фетр, просочений касторовою олією, для забезпечення мастилом поверхні ковзання повзуна і куліси, яка виступає в кулісну камеру.

На валик дросельної заслінки через радіальні отвори в повзуні встановлюється важіль 58 куліси, який фіксується конічним штифтом 61 і кріпиться стяжним гвинтом 59.

В отвір іншого кінця важеля вставлений і розвальцьований палець 57 (див. рис. 52), з'єднаний з повзуном.

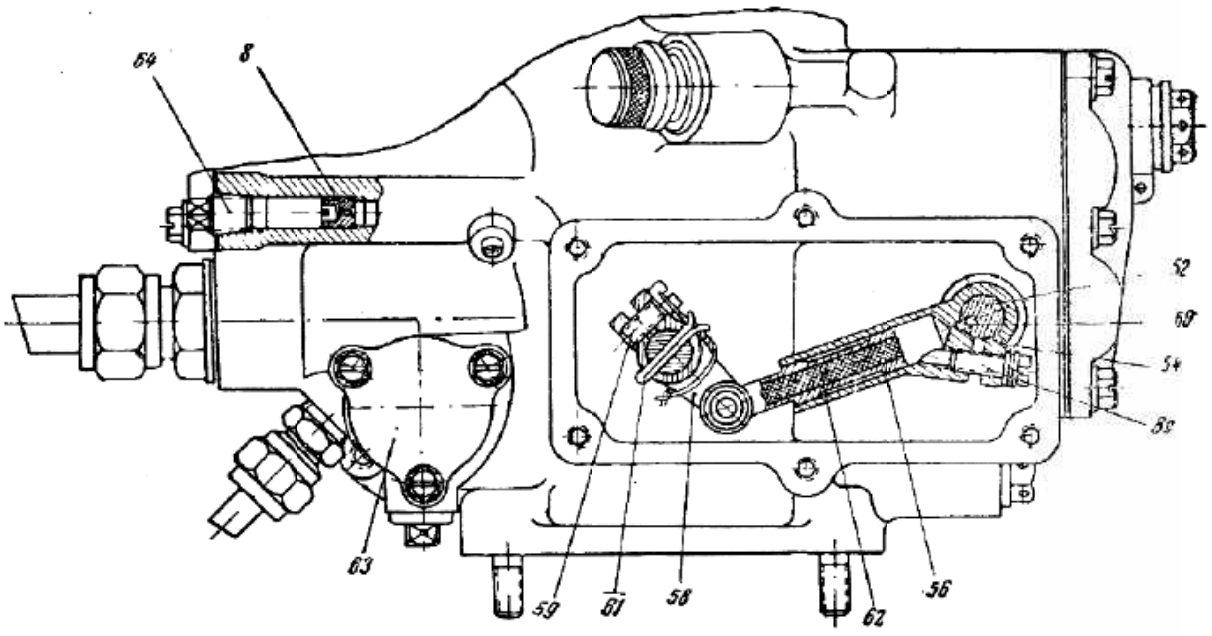

Рис. 57. Вузол кулісного механізму: 8 – відсмоктувальний жиклер; 52 – валик важеля дозувальної голки; 54 – куліса; 56 – повзун; 58 – важіль куліси; 59 – гвинт; 60 – шпонка; 61 – конічний штифт; 62 – фетр; 63 – кришка паливного клапана; 64 – пробка; 81 – гвинт

Висотний коректор (рис. 58). У кришці мембранної камери 89 відлитий як одне ціле корпус висотного коректора, у якому запресоване бронзове гніздо 2 голки зі свинцевим кільцем ущільнювача 90, установленим під торець для створення герметичності. З торця гніздо

голки має точно виконаний отвір 1, куди входить профільований конус голки 5 коректора.

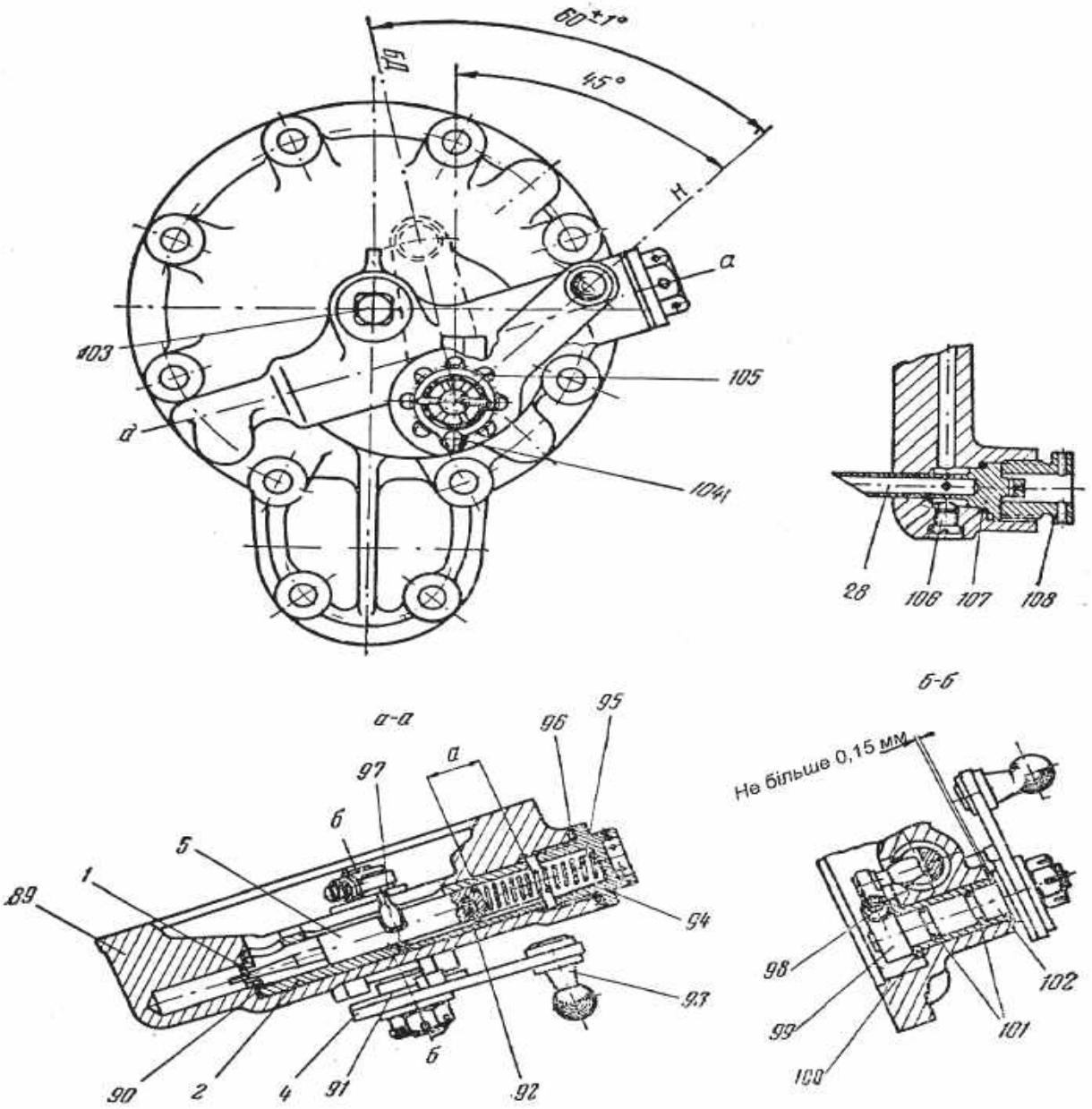

Рис. 58. Висотний коректор і повітроприймальна трубка: 1 – вічко гнізда голки коректора; 2 – гніздо голки коректора; 4 – ведучий важіль коректора; 5 – голка коректора; 28 – трубка повітроприймальна; 89 – кришка мембранного механізму; 90 – кільце ущільнювача; 91 – упорний важіль коректора; 92 – стопорний штифт; 93 – цапфа до кульової опори; 94 – пробка; 95 – пружина голки; 96 – кільце ущільнювача; 97 – палець важеля; 98 – гвинт важеля; 99 – важіль приводу голки; 100 – втулка осі важеля; 101 – кільця ущільнювачів; 102 – вісь важеля коректора; 103 – пробка; 104 – інсталяційний штифт; 105 – упорна шайба; 106 – заглушка; 107 – кільце ущільнювача; 108 – гайка затискна

Голка коректора вільно переміщається в гнізді і від обертання відносно гнізда утримується стопорним штифтом 92, один кінець якого вставлений і звальцьований у голці, а інший ковзає по поздовжньому пазу, виконаному в гнізді голки.

Гніздо голки біля отвору має просвердлину для проходження повітря в повітряну порожнину мембранного механізму. У гнізді профрезеровано поздовжнє вікно, призначене для забезпечення переміщення пальця 97, який своєю сферичною поверхнею входить у паз голки.

Для усунення люфту між пальцем і пазом голка підтискається пружиною 95, яка іншим кінцем упирається в пробку 94. Під пробку встановлюється алюмінієве кільце ущільнювача 96.

Голкою коректора керує ведучий важіль 4 коректора, що має цапфу 93 до кульової опори, яка з'єднана з тягою, керованою з кабіни пілота.

На виступний назовні кінець осі 102 важеля нерухомо з віссю встановлюється упорний важіль 91, а потім ведучий важіль 4, що може рухатися відносно упорного важеля. Фіксація важелів відносно один одного здійснюється з допомогою інсталяційного штифта 104. Один кінець штифта вставлений у суміщені отвори ведучого й упорного важелів, а інший кінець розклепаний в упорній шайбі 105. Для забезпечення можливості регулювання положення ведучого важеля відносно осі в ньому просвердлені вісім рівномірно розташованих по колу отворів. Упорний важіль має дев'ять таких же отворів. Це дає змогу регулювати ведучий важіль за кутом повороту відносно осі з точністю до 5°.

Вісь важеля коректора обертається в латунній втулці 100 та ущільнюється двома гумовими кільцями ущільнювачів 101, установлених у кільцевій виточці осі.

На один кінець осі встановлюється алюмінієвий важіль 99 приводу голки, який кріпиться на осі й фіксується гвинтом 98. У важіль голки вставлений і розвальцьований палець 97 для приведення її в дію.

Повітря з камери змішувача карбюратора підводиться в повітряну порожнину мембранного механізму через повітроприймальну трубку 28, ущільнену кільцем 107 і закріплену затискною гайкою 108. Трубка має чотири радіальні просвердлини для проходження повітря з внутрішньої порожнини трубки в канал, просвердлений у корпусі карбюратора.

Скіс трубки, що виступає в змішувальну камеру, установлюється строго проти потоку повітря, що надходить у карбюратор.

На двигунах АИ-14Р 3-ї серії замість карбюратора К-14БП установлюється карбюратор К-14А, який за основними даними й принципом роботи не відрізняється від карбюратора К-14БП.

Карбюратор К-14А має такі конструктивні відмінності порівняно з карбюратором К-14БП:

1) з метою зниження витрат палива на експлуатаційних режимах роботи двигуна змінено профіль дозувальної голки;

2) дросельна заслінка має два отвори діаметром 2 мм для розпилення й випаровування конденсату палива, що стікає на дросельну заслінку при роботі двигуна на малому газі.

Контрольні запитання

1. Поясніть принцип дії безпоплавцевого карбюратора з розташуванням розпилювача за дросельною заслінкою по потоку повітря.
2. Назвіть основні підсистеми карбюратора К-14 БП.
3. З чого складається мембранний механізм? Опишіть принцип його роботи й конструкцію.
4. Як забезпечується якісний склад паливоповітряної суміші на експлуатаційних режимах? Опишіть склад і принцип дії підсистеми, що це забезпечує.
5. Яким чином забезпечується режим малого газу?
6. Як працює підсистема прийомистості? Опишіть її склад.
7. Поясніть принцип дії висотного коректора карбюратора К-14 БП та опишіть його складові частини.

3.3. Паливна система з карбюратором BING 64/32 (ROTAX 912)

3.3.1. Паливна система

Паливну систему (рис. 59) призначено для зберігання, подавання й очищення палива, подавання й очищення повітря, приготування паливоповітряної суміші й подавання її в камери згоряння двигуна.

Основні вимоги до паливної системи:

1. Паливна система має бути спроєктована таким чином, щоб забезпечити нормальну роботу двигуна у всіх умовах без перевищення експлуатаційних обмежень.

2. Паливна система має відповідати вимогам норм авіаційної придатності для певного ЛА:

- номінальний тиск палива 0,3 МПа;
- максимальний тиск палива 0,4 МПа;
- мінімальний тиск палива 0,15 МПа;
- мінімальна продуктивність насоса при 5800 об/хв 35 л/год;
- максимальна температура палива 36 °С;
- внутрішній діаметр магістралі низького тиску 8 мм;
- внутрішній діаметр магістралі високого тиску 6 мм.

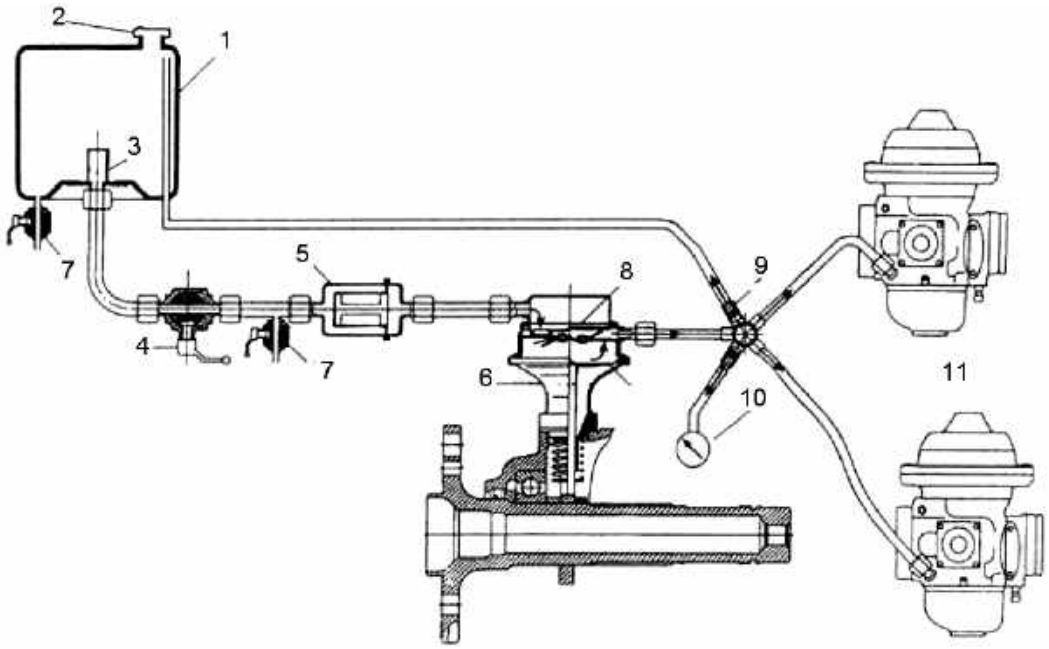

Рис. 59. Паливна система двигуна ROTAX 912: 1 – паливний бак; 2 – заправна горловина; 3 – кран зливання палива; 4 – перекривний (пожежний) кран; 5 – фільтр тонкого очищення; 6 – насос підкачування палива; 7 – крани зливання палива; 8 – вбудований фільтр; 9 – зворотна паливна магістраль; 10 – манометр тиску палива; 11 – карбюратори BING 64/32

3.3.2. Паливний насос

PIERBURG 720 971 55 – паливний насос діафрагмового типу з механічним приводом. Установлюється на кришці редуктора, приводиться в дію від ексцентрика на валу ВВ і забезпечує подання палива з надлишковим тиском 0,15...0,3 МПа.

При розташуванні паливних баків нижче двигуна рекомендується встановити додатковий електричний насос 996 730 у магістраль між паливним баком та основним насосом.

3.3.3. Паливний фільтр

На забірних горловинах паливних баків необхідно встановити сітчасті паливні фільтри з тонкістю фільтрації 0,3 мм. У магістралі всмоктування перед паливним насосом необхідно встановити сітчастий паливний фільтр з тонкістю фільтрації 0,10 мм.

3.3.4. Карбюратор BING 64/32

BING 64/32 (рис. 60) – карбюратор постійного розрідження, двопоплавцевий, з горизонтальним дифузором, з пусковим збагачувачем,

з дросельною заслінкою (36 мм). Його призначенням є приготування паливоповітряної суміші на всіх режимах роботи двигуна. Положення дросельної заслінки, тобто ступінь її відкриття, змінює величину розрідження в зоні емульсійного дифузора й забезпечує необхідні умови для утворення кондиційної паливоповітряної суміші. Карбюратор кріпиться до двигуна через гумовий фланець, який запобігає явищу резонансу, що може призвести до відмови поплавцевого механізму.

Керування дросельними заслінками двох карбюраторів (потужністю) є синхронізованим, здійснюється з кабіни шляхом переміщення РКД, механічно зв'язаного з важелями дросельних заслінок на двигуні. Вибране положення РКД зберігається з допомогою механізму завантаження важелів.

Карбюратор з постійним розрідженням BING типу 64-3 – це карбюратор з поперечною тягою дросельної заслінки зі змінною системою Вентурі, системою з подвійним поплавцем, розташованим посередині під системою Вентурі, і карбюратором з поворотним клапаном. До його складу входить підвішений до роликової діафрагми 3 поршень карбюратора 2, який виступає у систему Вентурі. Він змінює найменший переріз Вентурі як функцію вакууму в цій точці. Приведення в дію дросельної заслінки 1 впливає на розрідження, що рухає поршень карбюратора. Діаметр дросельної заслінки становить 36 мм (1,42 дюйма).

Коли паливо досягає певного рівня в поплавцевій камері, поплавці закривають голковий клапан 4 через кронштейн поплавця, тим самим запобігаючи подальшому поданню палива.

Тиск повітря в поплавцевій камері, що є вирішальним для функціонування карбюратора, має відповідати тиску повітря на вході в карбюратор. Занадто високий тиск збагачує суміш, занадто низький тиск збіднює суміш, що може призвести до зупинення двигуна.

Повітряний простір камери поплавця сполучається повітроводом із вентиляційним ніпелем 18. Канал має бути чистим. З допомогою шланга, підключеного до вентиляційного ніпеля, установлюється правильний тиск у камері поплавця.

Кількість суміші, що всмоктується двигуном, і, отже, її продуктивність визначаються площею поперечного перерізу в трубці Вентурі, яку відкриває дросельна заслінка 1. Якщо дросельну заслінку відкрити під час роботи двигуна, то збільшений потік повітря в системі Вентурі приведе до утворення вакууму на виході з голчастого струменя 16, який витягуватиме паливо з поплавцевої камери через систему струменя.

Вакуум у трубці системи Вентурі діє на верхню частину діафрагми й поршень карбюратора через отвір 12 у поршні карбюратора і намагається підняти поршень проти його ваги та пружини. Опорний тиск, що переважає між повітряним фільтром і карбюратором (наприклад, тиск навколишнього повітря), подається на нижній бік діафрагми через повітропровід 13.

Простір у кришці над напрямною поршня вентилюється через отвір 14. Діаметр отвору визначає демпфірування поршня.

На своєму шляху з поплавцевої камери до системи Вентурі паливо проходить через основний жиклер 7, носій струменя та голковий струмінь і, виходячи з голкового струменя, попередньо змішується з повітрям, яке подається з повітряного фільтра через повітропровід 9 і розпилювач 8 у кільцевому потоці навколо струменя голки. Цей повітряний потік сприяє процесу розпилення й розподілу палива у впускному каналі.

Профільована дозувальна голка 10, що відповідає за часткове навантаження, утримується в певному положенні кріпильною скобою 11

Під час холостого ходу й роботи з низьким навантаженням дросельна заслінка закривається настільки, що повітряний потік під поршнем 2 карбюратора більше не утворює достатнього вакууму. Потім паливо подається через допоміжну систему, систему холостого ходу, яка складається з жиклера холостого ходу 5 і жиклера повітря холостого ходу 6 (див. рис. 60).

Карбюратор BING 64/32 постійного розрідження, двопоплавцевий, з горизонтальним дифузором змінного перерізу, з пусковим збагачувачем, з дросельною заслінкою 36 мм (рис. 61–63, табл. 2), призначений для приготування паливоповітряної суміші на всіх режимах роботи двигуна.

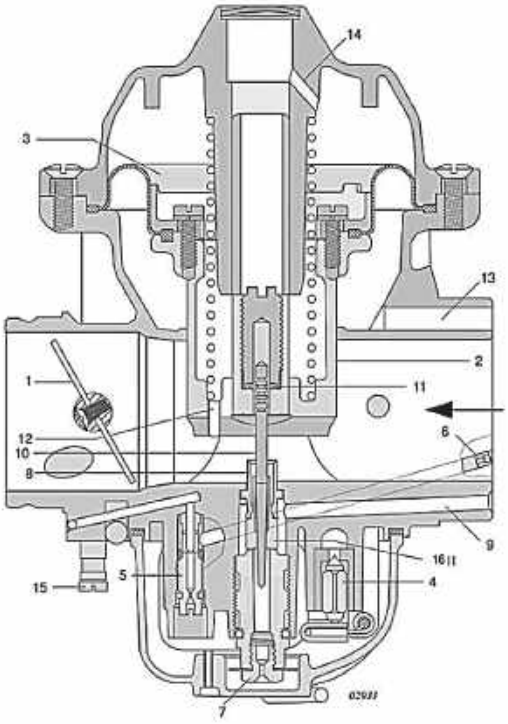

Рис. 60. Карбюратор BING постійного розрідження типу 64-3

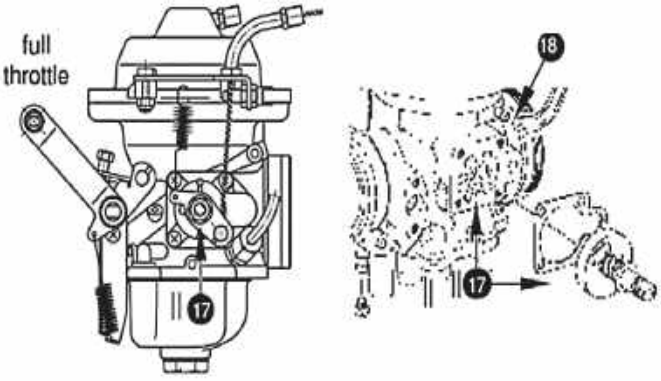

Рис. 61. Карбюратор постійного розрідження BING, оснащений пусковим пристроєм 17 з поворотним клапаном, що є допоміжним засобом для запуску холодного двигуна з допомогою троса Боудена

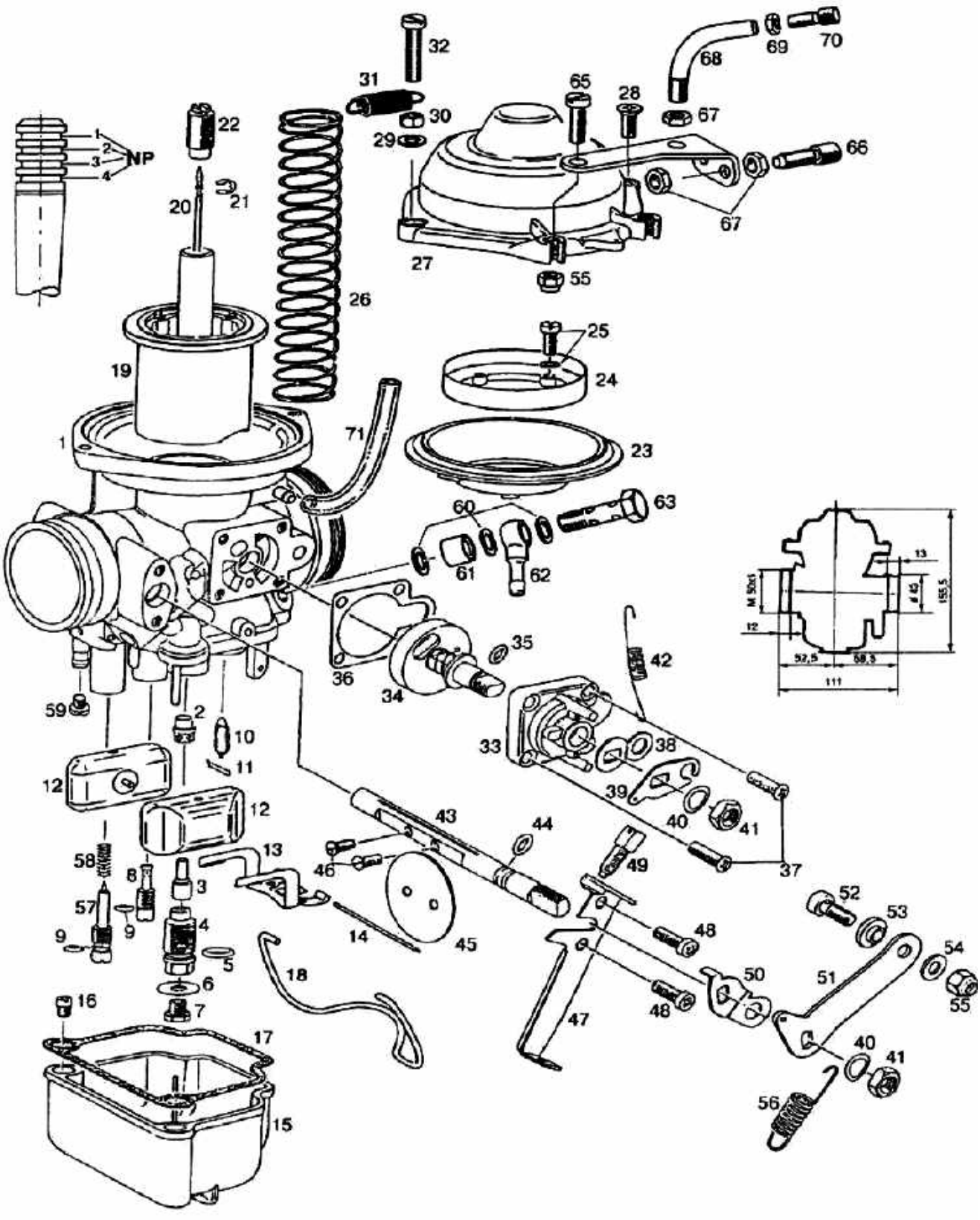

Рис. 62. Детальна схема карбюратора BING типу 64-3 (рознесений вигляд)

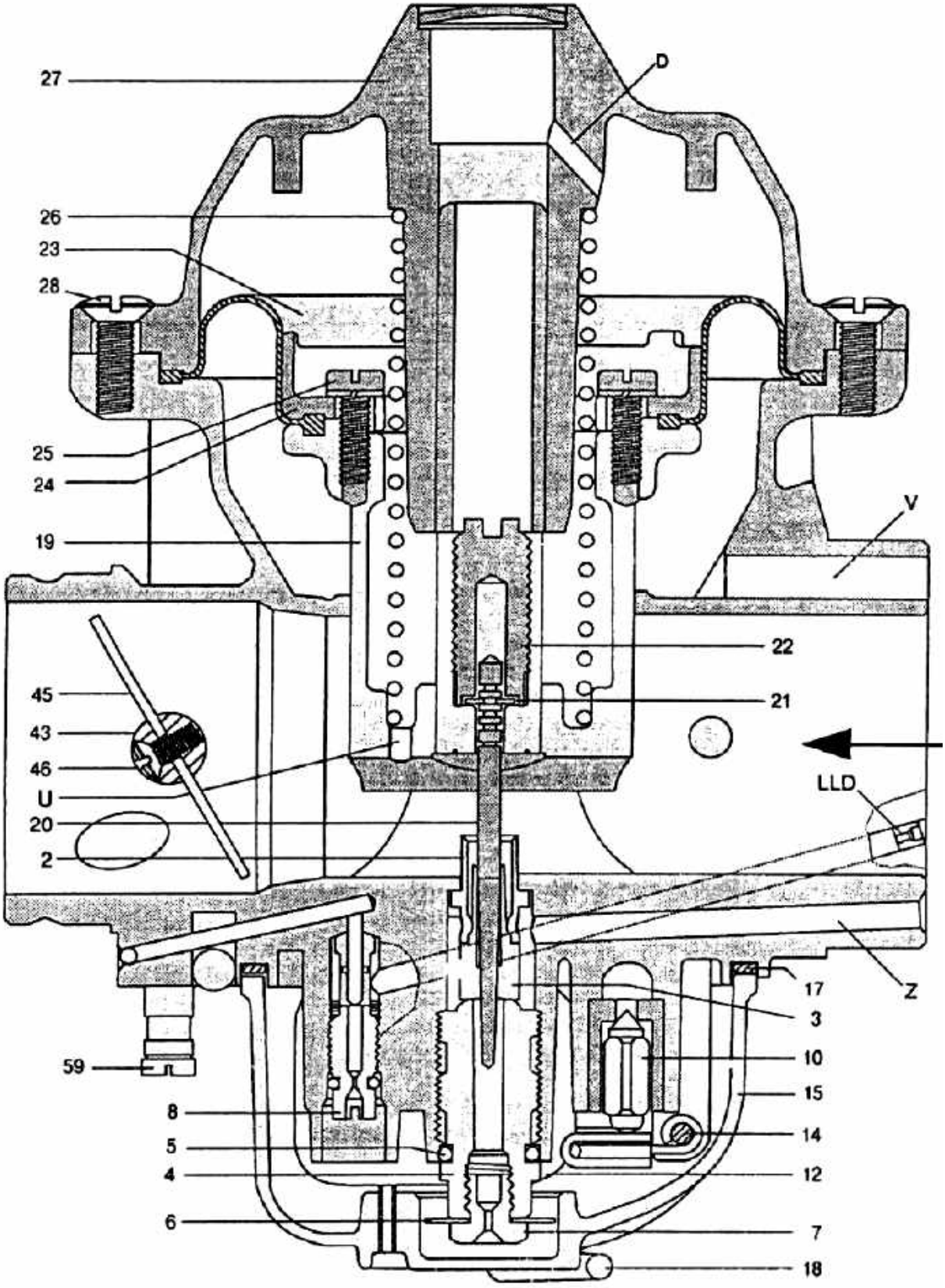

Рис. 63. Детальна схема карбюратора BING типу 64-3 (розріз)

Таблиця 2

Специфікація карбюратора BING 64-3

Номер позиції	Номер за каталогом	Найменування деталі (момент затяжки)	Кількість на двигуні
1–71	995 735	Карбюратор 64/32/394 циліндрів № 1 і 3	1
1–71	995 736	Карбюратор 64/32/395 циліндрів № 2 і 4	1
1		Корпус карбюратора	2
2	961 200	Эмульсійний дифузор	2
3	261 607	Жиклер дозувальної голки 2,72	2
4	963 130	Перехідна втулка	2
5	430 800	Ущільнювальне кільце 8х2	2
6	827 160	Шайба	2
7	268 996	Головний жиклер 158	2
8	963 143	Жиклер холостого ходу 35	2
9	831 710	Ущільнювальне кільце 3,2х1,8	4
10	261 705	Голка поплавцевого клапана	2
11	261 710	Скоба голки поплавцевого клапана	2
12	861 181	Поплавець	4
13	861 190	Важіль поплавця	2
14	929 700	Вісь важеля	2
15	963 175	Поплавцева камера карбюратора 64/32/394	1
15	963 177	Поплавцева камера карбюратора 64/32/395	1
16	268 758	Жиклер збагачення 85	2
17	830 727	Прокладка поплавцевої камери	2
18	963 180	Фіксувальна скоба поплавцевої камери	2
19	961 230	Плунжер карбюратора	2
20	961 215	Дозувальна голка (позиція 2)	2
21	945 785	Кільце голки	2
22	961 290	Фіксатор	2
23	861 115	Діафрагма	2
24	961 240	Притискна шайба	2
25	841 210	Гвинт М4х12	8
26	938 365	Пружина плунжера	2
27	961 250	Кришка	2
28	841 340	Гвинт М5х12	2
29	827 800	Шайба 5,5	2
30	242 071	Гайка М5	2
31	838 240	Пружина	2
32	640 091	Гвинт М5х25	2
33	961 280	Кришка збагачувача	2
34	961 275	Клапан збагачувача карбюратора 64/32/394	1
34	961 270	Клапан збагачувача карбюратора 64/32/395	1
35	850 510	Ущільнювальне кільце 4,7х1,4	2
36	950 030	Прокладка кришки збагачувача	2

Закінчення табл. 2

Номер позиції	Номер за каталогом	Найменування деталі (момент затяжки)	Кількість на двигуні
37	841 360	Гвинт М4х14	8
38	848 240	Внутрішня частина важеля збагачувача	2
39	848 245	Зовнішня частина важеля збагачувача	2
40	845 035	Пружинна шайба 8,3/13,6/0,4	2
41	942 290	Гайка М8х1	2
42	938 287	Зворотна пружина важеля збагачувача	2
43	963 992	Вісь дросельної заслінки	2
44	950 020	Ущільнювальне кільце 6х1,9	2
45	963 665	Дросельна заслінка	2
46	941 200	Гвинт М3х6	2
47	961 260	Кронштейн для карбюратора 64/32/394	1
47	961 265	Кронштейн для карбюратора 64/32/395	1
48	241 212	Гвинт М4х10	4
49	963 162	Регулювальний гвинт кількості суміші ХХ	2
50	848 232	Упор ХХ для карбюратора 64/32/394	1
50	848 230	Упор ХХ для карбюратора 64/32/395	1
51	848 239	Важіль дросельної заслінки для карбюратора 64/32/394	1
51	848 237	Важіль дросельної заслінки для карбюратора 64/32/395	1
52	241 846	Болт з внутрішнім шестигранником М5х12	2
53	847 740	Втулка	2
54	827 800	Шайба 5,5	2
55	842 030	Самостопорна гайка М5	4
56	938 289	Зворотна пружина важеля дросельної заслінки	2
57	961 221	Регулювальний гвинт якості суміші на ХХ	2
58	239 460	Пружина гвинта якості	2
59	941 740	Гвинт М3,5х5	2
60	950 141	Ущільнювальна шайба А8х13	6
61	847 794	Втулка 8,4/12/7,5	2
62	956 312	Поворотний штуцер	2
63	940 872	Болт з внутрішнім каналом М8х1х27 (10 Нм)	2
64	851 071	Кронштейн упорів Боудена для карбюратора 64/32/394	1
64	851 073	Кронштейн упорів Боудена для карбюратора 64/32/395	1
65	240 761	Гвинт М5х16	2
66	241 440	Упор Боудена приводу дросельної заслінки	2
67	942 541	Гайка М6х0,75х3	2
68–70	861 640	Упор Боудена приводу збагачувача в зборі	2
71	256 035	Суфлювальна трубка 120 мм	2

Поплавцевий механізм

Поплавцевий механізм (див. рис. 62), призначений для підтримання заданого рівня палива, складається з двох пластикових поплавців 12, що вертикально переміщаються, вилчастого важеля 13, голчастого клапана 10.

Застосування двох незалежних поплавців, розташованих по обидві сторони осі карбюратора, забезпечує безперебійну роботу двигуна при еволюціях ЛА.

Зусилля від вилчастого важеля на голчастий клапан передається через підпружинений плунжер клапана й пружинну скобу 11, що запобігає впливу вібрацій на роботу поплавцевого механізму.

Деталі механізму не мають спрацьовуватися. Особливу увагу слід приділяти стану голчастого клапана.

Рівень палива в камері поплавця регулюється відгинанням вусиків вилчастого важеля 13 так, щоб при перевернутому положенні карбюратора зазор між вилчастим важелем і корпусом становив 0,4...0,5 мм. Для контролю регулювання необхідно виконати замір рівня палива в камері поплавця, який має бути на 13...14 мм нижче верхнього краю поплавцевої камери 15 при знятих поплавцях. Тиск у просторі над паливом камери поплавця має дорівнювати тиску на вході в карбюратор. Положення суфлювальної трубки 71 має забезпечувати виконання цієї вимоги.

Поплавцева камера 15 кріпиться до корпусу карбюратора через прокладку 17 пружинною скобою 18.

Головна дозувальна система

Головна дозувальна система, що забезпечує подання необхідної кількості палива на всіх навантажувальних режимах, містить дросельну заслінку 45, плунжер 19 з поворотною пружиною 26 і мембраною 23, дозувальну голку 20 з регулювальним кільцем 21, головний жиклер 7, жиклер дозувальної голки 3 та емульсійний дифузор 2 (див. рис. 62, 63).

Якість паливоповітряної суміші на всіх навантажувальних режимах, крім режиму повного навантаження, визначається перерізом каналу, утвореного жиклером дозувальної голки 3 і дозувальною голкою 20. Якість паливоповітряної суміші на режимі повного навантаження визначається діаметром головного жиклера. Кількість суміші визначається площею поперечного перерізу в дифузорі карбюратора, яка регулюється положенням дросельної заслінки 45. Дросельна заслінка кріпиться до вала 43 двома гвинтами 46. Ущільнення між валом і корпусом забезпечено

кільцем 44. Кронштейн 47 обмежує осьове переміщення вала. На кінцеву частину вала встановлено упор холостого ходу 50 і важіль приводу 51. Стан заслінки контролюється тросом в оболонці типу «Боуден». З допомогою болта 52, втулки 53, шайби 54 і гайки 55 до важеля приводу приєднується трос керування, що проходить через упор Боудена 66. Система керування має бути відрегульована так, щоб при встановленні РКД у положення ВР оболонка троса мала свободу переміщення 1 мм. Поворотна пружина 56, що встановлюється на кронштейн 47 і важіль приводу дросельної заслінки 51, діє на витягування троса (збільшення обертів).

Відкриття дросельної заслінки 45 приводить до збільшення струму повітря в дифузорі й створення розрідження в зоні емульсійного дифузора 2, що забезпечує подання палива з поплавцевої камери в дифузор карбюратора. Але це розрідження не забезпечує подання достатньої кількості палива, тому карбюратор обладнано регулятором постійного розрідження. Регулятор складається з плунжера 19, діафрагми 23, які разом з корпусом карбюратора 1 і кришкою 27 утворюють дві порожнини. Розрідження в дифузорі передається у верхню порожнину регулятора через отвір U. У нижню порожнину регулятора через канал V передається розрідження на вході в карбюратор. Сила, що виникає через різницю розрідження, піднімає плунжер, долаючи його вагу і стискаючи пружину 26, що приводить до збільшення перерізу дифузора й перерізу каналу, утвореного жиклером дозувальної голки 3 і дозувальною голкою 20. Вага плунжера 19 і зусилля стиснення пружини 26 є узгодженими й забезпечують постійне розрідження в зоні емульсійного дифузора, поки плунжер не встановиться у верхнє положення. Після цього карбюратор працює як карбюратор з постійним дифузором. У кришці 27 виконано отвір D, що сполучає верхню порожнину регулятора з внутрішньою порожниною кришки. Діаметр отвору підібрано так, що внутрішня порожнина кришки працює як амортизатор коливань плунжера. Шайба 6, установлена між головним жиклером 7 і втулкою 4, разом з поплавцевою камерою утворює кільцевий канал, який забезпечує наявність палива в зоні головного жиклера при еволюціях ЛА. З'єднання втулки 4 з корпусом карбюратора ущільнюється кільцем 5 для виключення підсмоктування палива в обхід головного жиклера.

Під дією розрідження паливо з поплавцевої камери надходить через головний жиклер 7, перехідну втулку 4, жиклер дозувальної голки 3 в емульсійний колодязь 2, а потім у дифузор карбюратора. Для утворення

якісної паливоповітряної суміші паливо до виходу в дифузор карбюратора змішується з повітрям, що прямує по каналу Z до емульсійного колодязя.

Залежно від умов експлуатації (температура навколишнього повітря, висота базового аеродрому) необхідно виконувати регулювання головної дозувальної системи. Якість паливоповітряної суміші на всіх навантажувальних режимах, крім режиму повного навантаження, регулюється перестановкою регулювального кільця на дозувальній голці (позиція 1 – найбільш бідна суміш; позиція 4 – найбільш багата суміш, див. рис. 31). Якість паливоповітряної суміші на режимі максимального навантаження регулюється заміною головного жиклера. Необхідний діаметр жиклера визначається формулою

$$D = D_0 K,$$

де D – потрібний діаметр жиклера;
D_0 – стандартний діаметр жиклера;
K – коефіцієнт корекції, що залежить від умов експлуатації.

Коефіцієнт корекції можна визначити за формулою

$$K = \sqrt[4]{\frac{p_H \cdot 288}{T_H \cdot 101325}},$$

де p_H – атмосферний тиск на висоті базового аеродрому, Па;
T_H – температура навколишнього повітря, К.

Система малого газу (холостого ходу)

Система малого газу (див. рис. 63), призначена для приготування й подання збагаченої паливоповітряної суміші з метою забезпечення сталої роботи двигуна при малій частоті обертання КВ, складається з жиклера холостого ходу 8, повітряного каналу LLD, двох каналів LA і BP регулювальних гвинтів якості (57) і кількості (49) суміші.

При установці дросельної заслінки в положення холостого ходу в зоні каналу LA (перед дросельною заслінкою) створюється велике розрідження, під дією якого паливо подається через жиклер холостого ходу в емульсійний канал, де змішується з повітрям, що надходить через канал LLD. Отримана емульсія надходить в дифузор через канал LA. При переміщенні РКД з положення МГ відбувається перерозподіл розрідження в зоні дросельної заслінки, і емульсія подається через канали LA і BP, що

забезпечує збільшення подачі палива для плавного переходу, без провалів, від режиму холостого ходу до роботи двигуна на середніх навантаженнях, коли починає діяти головна дозувальна система.

Закручування гвинта якості суміші зменшує витрату палива, що приводить до збіднення паливоповітряної суміші. При закручуванні гвинта кількості суміші дросельна заслінка відкривається, що приводить до збільшення частоти обертання КВ.

Гвинт якості суміші і жиклер малого газу ущільнюються кільцями 9. Пружина 58 запобігає мимовільному відкручуванню або закручуванню гвинта якості суміші.

Холостий хід регулюється таким чином:

1. Викрутити гвинт кількості суміші.
2. Закрутити гвинт кількості суміші до торкання упора ХХ при повністю закритій дросельній заслінці.
3. Докрутити гвинт кількості суміші на 1–1,5 оберту.
4. Закрутити до упору гвинт якості суміші.
5. Викрутити гвинт якості суміші на 1,5 оберту.
6. Запустити двигун і виконати прогрівання.
7. Гвинтом кількості суміші встановити частоту обертання КВ 1400 об/хв.
8. Гвинтом якості суміші встановити максимально можливі оберти КВ.
9. Повторити п.п. 7, 8 і 7.
10. Вимкнути двигун.

Збагачувач карбюратора

Збагачувач карбюратора (див. рис. 63), призначений для збагачення паливоповітряної суміші при запуску холодного двигуна, складається з дискового клапана 34, жиклера 16, кришки 33 і каналів. Залежно від положення клапана в паливних каналах збагачувача створюється розрідження. У положенні "Вимкнено" розрідження забезпечує тільки заповнення витратного колодязя збагачувача в камері поплавця. При ввімкненні збагачувача клапан з'єднує повітряний і паливний канали, що приводить до збільшення розрідження, унаслідок чого в дифузор карбюратора подається додаткова кількість палива з витратного колодязя, сильно збагачена суміш, для забезпечення запуску. При подальшій роботі з увімкненим збагачувачем паливо надходить у витратний колодязь через жиклер 16, тобто рівень перезбагачення суміші знижується.

Вал дискового клапана ущільнюється кільцем 35. Кришка збагачувача кріпиться до корпусу карбюратора чотирма болтами 37 та ущільнюється прокладкою 36. Стан важеля збагачувача контролюється тросом в оболонці типу «Боуден». До важеля з допомогою кульки або циліндра зі стопорним гвинтом приєднується трос керування, що проходить через упор Боудена (68–70). Система керування має бути відрегульована так, щоб при установленні збагачувача в положення «Вимкнено» оболонка троса мала свободу переміщення 1 мм. Поворотна пружина 42 установлюється на приливок у кришці 27 і важіль приводу збагачувача 39 і діє на витягування троса (вимикання збагачувача).

Ефективність збагачувача знижується, якщо РКД не перебуває в положенні МГ.

Контрольні запитання

1. Яким чином підтримується постійне розрідження в дифузорі карбюратора?
2. Для чого в карбюраторі застосовується дозувальна голка змінного перерізу?
3. З яких елементів складається підсистема малого газу (холостого ходу)?
4. З яких елементів складається система збагачення суміші?

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

Aircraft carburetor service manual. Models MA3A, MA3PA, MA3SPA, MA4SPA [Text]. – Washington. – 1993. – 17 p.

Bing carburetors aircraft [Electronic resource]. – Available at: https://www.neoterichovercraft.com/downloads/carbTuningPartsManual.pdf.

Авиационные правила. Ч. 33. Нормы летной годности двигателей воздушных судов. Межгосударственный авиационный комитет [Текст]. – 2004. – 55 с.

Грибанов, В. И. Карбюраторы двигателей внутреннего сгорания [Текст] / В. И. Грибанов, В. А. Орлов. – Ленинград : МАШГИЗ, 1966. – 283 с.

Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей [Текст] : учебник / С. И. Ефимов, Н. А. Иващенко, В. И. Ивин [и др.] ; под общ. ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. – М. : Машиностроение, 1985. – 456 с.

Лапшин, А. М. Авиационный двигатель М-14П [Текст] : учеб. пособие / А. М. Лапшин. – М. : Книга по Требованию, 2013. – 230 с.

Лобазин, П. С. Авиационный двигатель АШ-62 ИР [Текст] / П. С. Лобазин. – М. : Транспорт, 1972. – 394 с.

Регламент технического обслуживания самолетов Ан-2. Планер и силовая установка. Периодическое техническое обслуживание, МГА [Текст]. – М. : Воздушный транспорт, 1983. – 71 с.

Технологические указания по выполнению регламентных работ на самолете Ан-2. Вып. 6. Силовая установка. МГА [Текст]. – М. : Воздушный транспорт, 1983.

Учебное пособие по эксплуатации двигателя ROTAX912UL dcdi с электронной системой зажигания и карбюраторами BING [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.aviagamma.ru/doc/n/tutor912.pdf.

ЗМІСТ

1. ПРИЗНАЧЕННЯ СИСТЕМ ЖИВЛЕННЯ.....3
2. КАРБЮРАТОРНІ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ.....4
2.1. Загальні відомості.....4
2.2. Головна система карбюратора.....7
2.2.1. Елементарний карбюратор та його характеристика.....7
2.2.2. Ідеальний карбюратор та його характеристики.....15
2.2.3. Головна дозувальна система карбюратора.....18
2.3. Допоміжні пристрої карбюратора.....28
2.3.1. Економайзер.....29
2.3.2. Еконостат.....33
2.3.3. Насос-прискорювач.....33
2.3.4. Пристрої для забезпечення режиму малого газу (холостого ходу).....35
2.3.5. Пускові пристрої.....37
2.3.6. Висотний коректор.....39
2.3.7. Загальні вимоги до конструкції карбюратора.....42
3. ПРИКЛАДИ НАЯВНИХ АВІАЦІЙНИХ ПАЛИВНИХ СИСТЕМ З КАРБЮРАТОРАМИ.....43
3.1. Паливна система з карбюратором АКМ-62ИР (літак Ан-2).....43
3.1.1. Загальна будова.....43
3.1.2. Принцип дії карбюратора АКМ-62ИР.....44
3.2. Паливна система з карбюратором К-14БП.....58
3.2.1. Схема паливної системи.....58
3.2.2. Принцип роботи карбюратора К-14БП.....58
3.2.3. Конструкція карбюратора.....64
3.3. Паливна система з карбюратором BING 64/32 (ROTAX 912).....73
3.3.1. Паливна система.....73
3.3.2. Паливний насос.....74
3.3.3. Паливний фільтр.....74
3.3.4. Карбюратор BING 64/32.....74
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....86

Навчальне видання

Білогуб Олександр Віталійович

СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ АВІАЦІЙНИХ ПОРШНЕВИХ ДВИГУНІВ

Частина 1

КАРБЮРАТОРИ

Редактор Т. О. Іващенко

Зв. план, 2022
Підписано до друку 26.12.2022
Формат 60x84 1/16. Папір офс. Офс. друк
Ум. друк. арк. 4,9. Обл.-вид. арк. 5,5. Наклад 100 пр.
Замовлення 109. Ціна вільна

Видавець і виготовлювач
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
http://www.khai.edu
Видавничий центр «ХАІ»
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
izdat@khai.edu

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001