

Лабораторная работа № 4

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ РАЗДАТОЧНОЙ МАГИСТРАЛИ АВТОТОПЛИВО-ЗАПРАВЩИКА

Цель работы:

- закрепить и дополнить теоретические знания лекционного курса;
- научить студентов практически использовать эти знания;
- получить практические навыки выполнения разделов курсовой работы.

Теоретическое введение

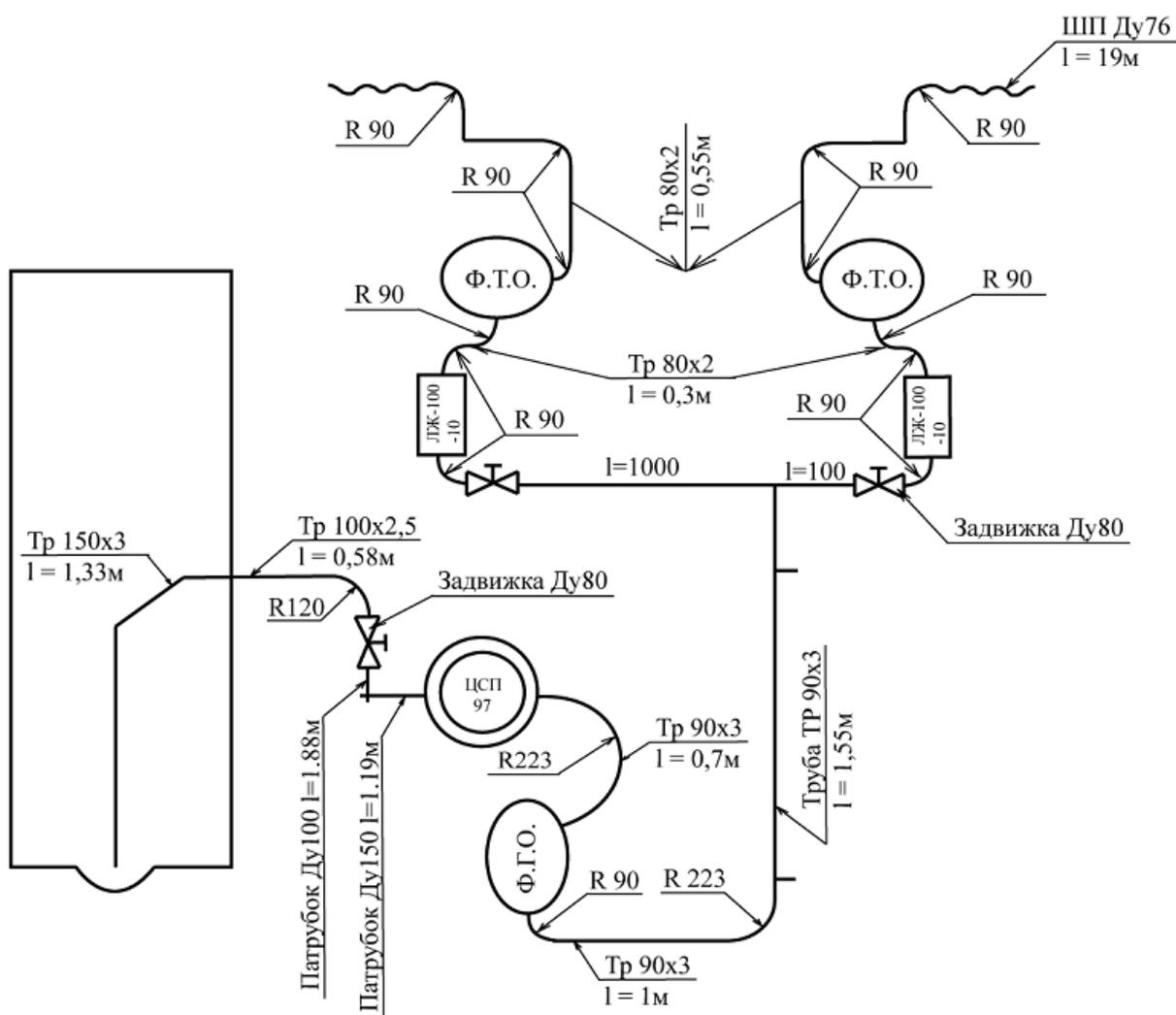


Рис.1. Схема магистрали заправки самолёта топливозаправщиком АТЗ-25

Задача расчёта

Определить производительность выдачи ТС-1 при следующих операциях:

- 1) выдача продукта из цистерны АТЗ-25 насосом ЦСП-57 через два рукава;
- 2) выдача продукта из цистерны АТЗ-25 насосом ЦСП-57 через один рукав;
- 3) заправка цистерны АТЗ-25 посторонним насосом.

Данные для расчёта.

$\gamma = 0,8575 \text{ г/см}^2$ – удельный вес продукта при $t = - 40^\circ\text{C}$

$\nu = 7,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – кинематическая вязкость продукта при $t = - 40^\circ\text{C}$

$P_{\text{н.п}} = 60,5 \text{ мм.рт.ст.}$ – давление насыщенных паров продукта при $t = + 50^\circ\text{C}$

$P = 0,25 \text{ кгс/см}^2$ – давление в цистерне агрегата АТЗ-25

Расчёт

Производительность выдачи продукта определяется из уравнения Бернулли:

$$\Delta H = \sum_{i=1}^m n \xi_i \frac{Q^2}{2gF^2} + h$$

ΔH – потери напора на магистрали выдачи продукта, зависящие от параметров магистрали и от характера движения жидкости по трубопроводу, характеризуемого числом Рейнольдса

$$Re = \frac{4Q}{\pi d \nu};$$

где:

Q - производительность магистрали;

D - диаметр трубопровода;

ν - кинематическая вязкость продукта;

В зависимости от числа Рейнольдса и геометрии трубопровода определяются коэффициенты гидравлических сопротивлений участков магистрали.

Определение зависимости потери напора при выдаче продукта из цистерны АТЗ-25 насосом ЦСП – 57 через два рукава от производительности.

Уравнение Бернулли, описывающее магистраль выдачи продукта из цистерны АТЗ-25 насосом ЦСП – 57 через два рукава, записывается в виде:

$$\Delta H = \Delta H_{\text{вс}} + \Delta H_{\text{н}}$$

$\Delta H_{\text{вс}}$ - потери напора во всасывающей магистрали;

$\Delta H_{\text{н}}$ - потери напора на нагнетающей магистрали;

$$\Delta H_{BC} = (\sum_{i=1}^m n \xi_i) \frac{Q^2}{2gF^2} - H_{п}$$

$F_{BC} = 0,7854 d_{BC}^2$ площадь поперечного сечения всасывающего трубопровода;

$G = 9,81 \text{ м/с}^2$ ускорение силы тяжести;

$(\sum_{i=1}^m n \xi_i)$ - сумма коэффициентов гидравлических сопротивлений всасывающей магистрали;

$H_{п}$ – подпор в ёмкости

$$H_{п} = \frac{10P}{\gamma} = \frac{10 \cdot 0,25}{0,8575} = 2,92 \text{ м.ж.ст.}$$

Потери напора на нагнетательной магистрали:

а) при закрытой заправке

$$\Delta H_{H} = (\sum_{i=1}^k n \xi_i)_H \frac{Q^2}{2gF_H^2} + H_{пр};$$

$F_H = \frac{\pi d_H^2}{4}$ - площадь поперечного сечения нагнетательной магистрали;

$(\sum_{i=1}^k n \xi_i)_H$ - сумма коэффициентов гидравлических сопротивлений нагнетательной магистрали при закрытой заправке;

$H_{пр}$ – потеря напора на преодоление противодействия за наконечником.

б) при открытой заправке

$$\Delta H_{H} = (\sum_{i=1}^{k_1} n \cdot \xi_i)_H \frac{Q^2}{2gF_H^2}$$

$(\sum_{i=1}^{k_1} n \cdot \xi_i)_H$ - сумма коэффициентов гидравлических сопротивлений нагнетательной магистрали при открытой заправке;

В таблице 1 приведены коэффициенты гидравлических сопротивлений магистрали выдачи топлива из ёмкости АТЗ-25 насосом ЦСП – 57 через два рукава (открытая и закрытая заправка) и определяем модули гидравлических сопротивлений

$$\frac{n \xi_i}{2gF^2} \cdot \frac{1}{q^2},$$

где $q = \frac{Q}{Q_1}$ – коэффициент, учитывающий количество параллельных ветвей магистрали.

Наименование сопротивления	d	ξ_i	n	$n \cdot \xi_i$	q	$S_i = \frac{n \xi_i}{2gF^2} \cdot \frac{1}{q^2}$ C^2/M^5
Всасывающая магистраль						
1. Трубопровод $\varnothing 150 \times 3; \ell = 1,83$ м	0,144	0,29	1	0,29	1	55,75
2. Трубопровод $\varnothing 100 \times 2,5; \ell = 0,77$ м	0,095	0,19	1	0,19	1	192,74
3. Вход в трубу	0,144	0,50	1	0,50	1	96,08
4. Резкий поворот на 40°	0,144	0,31	1	0,31	1	59,57
5. Резкий поворот на 50°	0,144	0,38	1	0,38	1	73,02
6. Резкое сужение $\varnothing 150/\varnothing 100$	0,095	0,28	1	0,28	1	284,04
7. Плавный поворот на $90^\circ; R=120$ мм	0,095	0,61	1	0,61	1	618,81
8. Задвижка $Dy=100$	0,095	0,2	1	0,2	1	202,89
9. Тройник вытяжной	0,144	5,01	1	5,01	1	962,74
$S_{BC} = \sum_1^9 \frac{n \xi_i}{2gF^2} \cdot \frac{1}{q^2} = 2546 C^2/M^5$						
Нагнетательная магистраль до разветвления						
1. Трубопровод $\varnothing 90 \times 3; \ell=3,25$ м, $\lambda=0,024$	0,084	0,93	1	0,93	1	1543
2. Плавный поворот на $180^\circ; R=223$ мм	0,084	0,60	1	0,60	1	996
3. Фильтр грубой очистки	0,084	3,34	1	3,34	1	5543
4. Плавный поворот на $\alpha=90^\circ; R=90$ мм	0,084	0,65	1	0,65	1	1079
5. Плавный поворот на $\alpha=90^\circ; R=223$ мм	0,084	0,43	1	0,43	1	714
6. Тройник симметричный	0,084	1,11	1	1,11	1	1842
$S_1 = \sum_1^6 \frac{n \xi_i}{2gF^2} \cdot \frac{1}{q^2} = 11717 C^2/M^5$						
После разветвления						
1. Трубопровод $\varnothing 80 \times 2; \ell=1,85$ м,	0,076	0,61	1	0,61	2	378
2. Плавный поворот на $\alpha=90^\circ; R=90$ мм	0,076	0,32	6	1,92	2	1189
3. Резкий поворот на $\alpha=90^\circ$	0,076	1,34	1	1,34	2	830
4. Задвижка $Dy=80$	0,08	0,2	1	0,2	2	101
5. ЛЖ – 100 - 10	0,08	11,89	1	11,89	2	5996
6. Фильтр тонкой очистки(min)	0,076	5,07	1	5,07	2	3139
7. Фильтр тонкой очистки(max)	0,076	25,33	1	25,33	2	15683
$S_2 = \sum_1^6 \frac{n \xi_i}{2gF^2} \cdot \frac{1}{q^2} = \frac{\min 11633}{\max 24177} C^2/M^5$						
Для закрытой заправки						
1. Шланг $dy=76 \ell=19$ м	0,076	12,5	1	12,5	2	7739
2. Наконечник 2561 А-5	0,076	9,28	1	9,28	2	5746
$S'_3 = \sum_1^6 \frac{n \xi_i}{2gF^2} \cdot \frac{1}{q^2} = 13485$						
Противодавление						
3. $\Delta P = 1,5 \quad Q = 1000$ л/мин	0,076	25,32	1	25,32	2	15677
4. $\Delta P = 3 \quad Q = 850$ л/мин	0,076	70,07	1	70,07	2	43385
$S_3 = S'_3 + 15677 = 29162$						
$S_4 = S'_3 + 43385 = 56820$						
Для открытой заправки						
1. Шланг $dy=50 \ell=20$ м	0,05	20	1	20	2	66101
2. Переходник	0,05	0,05	1	0,05	2	165
3. Раздаточный пистолет	0,04	9,8	1	9,8	2	79076
$S_5 = \sum_1^3 S_1 = 145342$						

Потери напора на всасывающей магистрали:

$$\Delta H_{BC} = S_{BC} Q^2 - H_{п} + H_{СТ},$$

где : $H_{п} = 2,92$ м.ж.ст.- подпор в ёмкости;

$H_{СТ} + 855 - 555 = 300$ мм = 0,3 м.ж.ст.- глубина всасывания продукта от нижнего его уровня;

$$\Delta H_{BC} = 2546 Q^2 - 2,92 + 0,3 = 2546Q^2 - 2,62$$

Для закрытой заправки уравнение Бернулли для различных случаев имеет вид:

1) Сопротивление фильтра тонкой очистки минимальное, противодействие $\Delta P = 1,5$ кгс/см²:

$$\Delta H_1 = \Delta H_{BC} + (S_1 + S_{2min} + S_3)Q^2 = (2546 + 11717 + 11633 + 27534)Q^2 - 2,62 = 55058Q^2 - 2,62$$

$$Q_p = 2000 \text{ л/мин}; H_p = 58 \text{ м.ж.ст.}$$

2) Сопротивление фильтра тонкой очистки максимальное, противодействие $\Delta P = 1,5$ кгс/см²:

$$\Delta H_2 = \Delta H_{BC} + (S_1 + S_{2max} + S_3)Q^2 = (2546 + 11717 + 24177 + 29162)Q^2 - 2,62 = 67602Q^2 - 2,62$$

$$Q_p = 1830 \text{ л/мин}; H_p = 60 \text{ м.ж.ст.}$$

3) Сопротивление фильтра тонкой очистки минимальное, противодействие $\Delta P = 3$ кгс/см²:

$$\Delta H_3 = \Delta H_{BC} + (S_1 + S_{2min} + S_4)Q^2 = (2546 + 11717 + 11633 + 58870)Q^2 - 2,62 = 84766Q^2 - 2,62$$

$$Q_p = 1660 \text{ л/мин}; H_p = 61,5 \text{ м.ж.ст.}$$

4) Сопротивление фильтра тонкой очистки максимальное, противодействие $\Delta P = 3$ кгс/см²:

$$\Delta H_4 = \Delta H_{BC} + (S_1 + S_{2max} + S_4)Q^2 = (2546 + 11717 + 24177 + 58870)Q^2 - 2,62 = 97310Q^2 - 2,62$$

$$Q_p = 1580 \text{ л/мин}; H_p = 62,5 \text{ м.ж.ст.}$$

Для открытой заправки уравнение Бернулли для различных случаев имеет вид:

1. Минимальное сопротивление фильтра тонкой очистки

$$\Delta H_5 = \Delta H_{BC} + (S_1 + S_{2min} + S_5)Q^2 - 2,62 = (2546 + 11717 + 11633 + 145342)Q^2 - 2,62 = 171238Q^2 - 2,62$$

$$Q_p = 1200 \text{ л/мин}; H_p = 65 \text{ м.ж.ст.}$$

2. Максимальное сопротивление фильтра тонкой очистки

$$\Delta H_6 = \Delta H_{BC} + (S_1 + S_{2min} + S_5)Q^2 = (2546 + 11717 + 24177 + 145342)Q^2 - 2,62 = 183782Q^2 - 2,62$$

$$Q_p = 1150 \text{ л/мин}; H_p = 65,5 \text{ м.ж.ст.}$$

Строим зависимость потери напора на магистрали при выдаче продукта из ёмкости АТЗ-25 насосом ЦСЛ-57 через два рукава от производительности:

Q л/мин	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
$Q \cdot 10^4 \text{ м}^3/\text{с}$	33,3	66,7	100	133,3	166,7	200	233,3	266,7	300	333,3	366,7
$Q^2 \cdot 10^6 \text{ м}^6/\text{с}^2$	11,1	44,4	100	177,8	277,8	400	544,4	711,1	900	1111,1	1344,4
ΔH_{BC}	-2,59	-2,51	-2,37	-2,17	-1,91	-1,60	-1,23	-0,81	-0,33	0,21	0,8
ΔH_1	-2,0	-0,2	2,9	7,2	12,7	19,4	27,3	36,5	46,9	58,6	71,4
ΔH_2	-1,9	0,3	4,1	9,4	16,2	24,4	34,2	45,5	58,2	72,5	88,3
ΔH_3	-1,7	1,1	5,9	12,5	20,9	31,3	43,5	51,7	73,7	91,6	
ΔH_4	-1,6	1,7	7,1	14,7	24,4	36,3	50,3	66,6	84,3	101,5	
ΔH_5	-0,7	5,0	14,5	27,8	45,0	65,9	90,6	119,2	151,5		
ΔH_6	-0,6	5,5	15,8	30,1	48,4	70,9	97,4	128,1	162,8		

