

Объемный гидравлический привод

В объемном гидроприводе поступательного движения (задачи 9, 10) скорость движения штока при выходе из гидроцилиндра определяется по формуле

$$V_{\text{вых}} = \frac{Q_{\text{нш}}}{S_{\text{нш}}} = \frac{4Q_{\text{нш}}}{\pi D^2}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{нш}}$ - расход жидкости в нештоковую полость гидроцилиндра;

$S_{\text{нш}}$ - площадь сечения нештоковой полости гидроцилиндра.

Пренебрегая утечками жидкости можно принять $Q_{\text{нш}} = Q_{\text{н}}$

Скорость движения штока при входе штока в гидроцилиндр

$$V_{\text{вх}} = \frac{Q_{\text{ш}}}{S_{\text{нш}} - S_{\text{ш}}} = \frac{4Q_{\text{ш}}}{\pi(D^2 - d^2)}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{ш}}$ - расход жидкости в штоковую полость гидроцилиндра;

$S_{\text{нш}} - S_{\text{ш}}$ - эффективная площадь штоковой полости.

Без учета утечек $Q_{\text{ш}} = Q_{\text{н}}$.

Уравнение сил в случае, когда рабочий ход совершается при выходе штока из гидроцилиндра

$$p_{\text{нш}} \cdot S_{\text{нш}} = P + P_{\text{тр}} + p_{\text{ш}}(S_{\text{нш}} - S_{\text{ш}}), \quad (3)$$

где $p_{\text{нш}}$ - давление в нештоковой полости гидроцилиндра при рабочем ходе;

$p_{\text{ш}}$ - давление в штоковой полости гидроцилиндра при рабочем ходе;

P - усилие на штоке гидроцилиндра;

$P_{\text{тр}}$ - сила трения в уплотнениях гидроцилиндра.

Из гидросхемы (приложение 2) следует, что

$$P_{\text{нш}} = P_{\text{н}} - \Delta P_{\text{р}} - \Delta P_{\text{р-шн}} \quad (4)$$

$$P_{\text{ш}} = \Delta P_{\text{р-ш}} + \Delta P_{\text{р}} + \Delta P_{\text{ф}} + \Delta P_{\text{р-с}}$$

где $\Delta p_{\text{р}}$, $\Delta p_{\text{ф}}$, $\Delta p_{\text{н-р}}$, $\Delta p_{\text{р-нш}}$, $\Delta p_{\text{р-ш}}$, $\Delta p_{\text{р-с}}$ соответственно потеря давления в распределителе, фильтре, линии от насоса до распределителя, линии от распределителя до нештоковой полости гидроцилиндра, линии от распределителя до штоковой полости гидроцилиндра, линии от распределителя до бака.

Подставляя $P_{\text{р-нш}}$ и $P_{\text{ш}}$ в уравнение (4), получим давление насоса:

$$p_{\text{н}} = \frac{P + P_{\text{тр}}}{S_{\text{нш}}} + \Delta p_{\text{р}} + \Delta p_{\text{ф}} + \Delta p_{\text{н-р}} + (\Delta p_{\text{р}} + \Delta p_{\text{ф}} + \Delta p_{\text{н-р}} + \Delta p_{\text{р-с}}) \left(1 - \frac{S_{\text{ш}}}{S_{\text{нш}}}\right). \quad (5)$$

Уравнение сил в случае, когда рабочий ход совершается при выходе штока из гидроцилиндра

$$p_{\text{ш}} \cdot (S_{\text{нш}} - S_{\text{ш}}) = P + P_{\text{тр}} + p_{\text{ш}} \cdot S_{\text{нш}}. \quad (6)$$

Давление насоса в этом случае

$$p_n = \frac{P + P_{тр}}{S_{нш}} + \Delta p_p + \Delta p_\phi + \Delta p_{н-р} + (\Delta p_p + \Delta p_\phi + \Delta p_{н-р} + \Delta p_{р-с}) \frac{S_{нш}}{S_{нш} - S_{ш}}, \quad (7)$$

Потребляемая гидроприводом мощность при рабочем ходе штока гидроцилиндра

$$N = PV, \quad (8)$$

где P – усилие на штоке;

V – скорость движения штока при рабочем ходе ($V = V_{вых}$, или $V = V_{вх}$).

Потребляемая гидроприводом мощность при рабочем ходе штока

$$N = \frac{p_n Q_n}{\eta_n}. \quad (9)$$

КПД гидропривода при рабочем ходе штока гидроцилиндра

$$\eta = \frac{N_{п}}{N}. \quad (10)$$

Пример. В объемном гидроприводе возвратно-поступательного движения заданы: диаметр гидроцилиндра $D = 100$ мм, диаметр штока $d = 50$ мм, рабочий ход штока $\ell = 1$ м, скорость движения штока при рабочем ходе (на выходе из цилиндра) $V_{вых} = 0,1$ м/с, усилие на штоке $P = 30$ кН, сила трения в уплотнениях гидроцилиндра $P_{тр} = 3$ кН.

Потери давления:

- в гидрораспределителе $\Delta p_p = 0,2$ МПа;
- в дросселе $\Delta p_{др} = 0,15$ МПа;
- в фильтре $\Delta p_\phi = 0,1$ МПа;
- в гидрوليнии от насоса до гидроцилиндра $\Delta p_{нт} = 0,05$ МПа;
- от гидроцилиндра до гидробака $\Delta p_{гт} = 0,05$ МПа;

КПД насоса $\eta_n = 0,8$.

Определить: подачу насоса – Q_n , давление насоса – p_n ; скорость движения штока при входе в гидроцилиндр – $V_{вх}$; КПД гидропривода – η .

Решение. Определим подачу насоса при рабочем ходе штока (без учета утечек):

$$Q_n = \frac{V_{вых} \cdot \pi \cdot D^2}{4} = \frac{0,1 \cdot 3,14 \cdot 0,1^2}{4} = 7,85 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

Скорость штока при входе в гидроцилиндр (без учета утечек):

$$V_{вх} = \frac{4 \cdot Q_n}{\pi (D^2 - d^2)} = \frac{4 \cdot 7,85 \cdot 10^{-4}}{3,14 (0,1^2 - 0,05^2)} = 0,13 \text{ м/с}.$$

Уравнение сил при рабочем ходе гидроцилиндра:

$$p_{нш} \cdot S_{нш} = P + P_{тр} + p_{ш} (S_{нш} - S_{ш}),$$

Поэтому давление насоса:

$$p_n = \frac{P + P_{тр}}{S_{нш}} + \Delta p_p + \Delta p_\phi + \Delta p_{н-р} + (\Delta p_p + \Delta p_\phi + \Delta p_{н-р} + \Delta p_{р-ш}) \left(1 - \frac{S_{ш}}{S_{нш}}\right) =$$

$$= \frac{30 \cdot 10^{-3} + 3 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 10^{-3}} + 0,2 + 0,05 + (0,2 + 0,15 + 0,1 + 0,05) \cdot (1 - 0,25) = 4,8 \text{ МПа.}$$

Полезная мощность гидропривода при рабочем ходе гидроцилиндра:

$$N_p = P \cdot V_{\text{вых}} = 30 \cdot 10^3 \cdot 0,1 = 3000 \text{ Вт} = 3 \text{ кВт}$$

Затраченная гидроприводом мощность при рабочем ходе гидроцилиндра

$$N = \frac{p_n \cdot Q_n}{\eta_n} = \frac{4,8 \cdot 10^6 \cdot 7,85 \cdot 10^{-4}}{0,8} = 4700 \text{ Вт} = 4,7 \text{ кВт.}$$

Коэффициент полезного действия гидропривода при рабочем ходе штока

$$\eta = \frac{N_p}{N} = \frac{3}{4,7} = 0,64$$

В объемном гидроприводе вращательного движения (задачи 9, 10) вначале определяется перепад давления на гидромоторе

$$\Delta p_m = \frac{2\pi \cdot M_{\text{кр}}}{q_m \cdot \eta_{\text{мех.м}}}, \quad (11)$$

где $M_{\text{кр}}$ – крутящий момент на валу гидромотора;

q_m – рабочий объем гидромотора;

η_m – механический КПД гидромотора.

Частота вращения вала гидромотора:

$$n_m = \frac{Q_n - \sigma_m \cdot \Delta p_m}{q_m}, \quad (12)$$

где σ_m – коэффициент утечек в гидромоторе.

Давление нагнетания насоса складывается из перепада давления на гидромоторе Δp_m , потерь давления в гидрооборудовании (распределителе Δp_p , фильтре Δp_f и т.д.) в гидролиниях Δp_l (см. схему в приложении 2):

$$p_n = \Delta p_m + 2 \cdot \Delta p_p + \Delta p_f + \Delta p_l. \quad (13)$$

Полезная мощность гидропривода

$$N = M_{\text{кр}} \cdot 2\pi \cdot n_m, \quad (14)$$

где n_m – частота вращения вала гидромотора.

Потребляемая мощность и КПД гидропривода подсчитываются по формулам (34) и (35).

Пример. В объемном гидроприводе вращательного движения заданы характеристики гидромотора: рабочий объем $q_m = 50 \text{ см}^3$, механический КПД $\eta_{\text{мех.м}} = 0,98$; крутящий момент на валу – $M_{\text{кр}} = 86 \text{ Нм}$; коэффициент утечек $\sigma_m = 5 \text{ см}^3/\text{с} \cdot \text{МПа}$. Производительность насоса $Q_m = 70 \text{ л/мин}$; КПД насоса $\eta_n = 0,75$.

Потери давления:

- в гидрораспределителе $\Delta p_p = 0,2 \text{ МПа}$;

- в фильтре $\Delta p_f = 0,1 \text{ МПа}$;

- в гидролиниях $\Delta p_{\text{л}} = 0,5 \text{ МПа}$.

Определить давление нагнетания насоса $p_{\text{м}}$, перепад давления $\Delta p_{\text{м}}$ и частоту вращения вала гидромотора $n_{\text{м}}$, КПД гидропривода – η .

Решение. Перепад давления на гидромоторе

$$\Delta p_{\text{м}} = \frac{2\pi \cdot M_{\text{кр}}}{q_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{мех.м}}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 86}{50 \cdot 10^{-6} \cdot 0,98} = 11 \cdot 10^6 \text{ Па} = 11,0 \text{ МПа}.$$

Частота вращения вала гидромотора

$$n_{\text{м}} = \frac{Q_{\text{м}} - \sigma_{\text{м}} \cdot \Delta p_{\text{м}}}{q_{\text{м}}} = \frac{\frac{70}{60000} - 5 \cdot 10^{-6} \cdot 11}{50 \cdot 10^{-6}} = 23,4 \text{ с}^{-1}$$

Давление нагнетания насоса

$$p_{\text{н}} = \Delta p_{\text{м}} + 2 \cdot \Delta p_{\text{р}} + \Delta p_{\text{ф}} + \Delta p_{\text{л}} = 11 + 2 \cdot 0,2 + 0,1 + 0,5 = 12,0 \text{ МПа}$$

Полезная мощность гидропривода

$$N_{\text{п}} = M_{\text{кр}} \cdot 2\pi \cdot n_{\text{м}} = 86 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 23,4 = 12600 \text{ Вт} = 12,6 \text{ кВт}$$

Потребляемая гидроприводом мощность

$$N = \frac{p_{\text{н}} \cdot Q_{\text{н}}}{\eta_{\text{н}}} = \frac{11 \cdot 10^6 \cdot 1,17 \cdot 10^{-3}}{0,75} = 17200 \text{ Вт} = 17,2 \text{ кВт}$$

КПД гидропривода

$$\eta = \frac{N_{\text{п}}}{N} = \frac{12,6}{17,2} = 0,73.$$

Задача 9.

В объемном гидроприводе возвратно-оступательного движения заданы: диаметр гидроцилиндра D , диаметр штока d , общая длина труб l , скорость движения штока V_p при рабочем ходе (выхода штока из гидроцилиндра), усилие на штоке P .

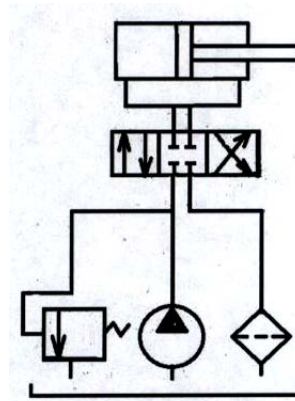
Потери давления:

- в гидрораспределителе $\Delta p_p = 0,3$ МПа;
- в дросселе $\Delta p_{др} = 0,2$ МПа;
- в фильтре $\Delta p_{ф} = 0,1$ МПа.

Силу трения в уплотнениях гидроцилиндра принять $P_{тр} = 0,1 \cdot P$.

Потери давления в гидролиниях от насоса до гидроцилиндра и от гидроцилиндра до гидробака одинаковы и составляют 0,1 МПа. Утечками в гидросистеме пренебречь.

Определить: подачу – Q_n и давление p_n насоса при рабочем ходе, скорость движения штока V_x при холостом ходе, КПД гидропривода при рабочем ходе. КПД насоса принять $\eta_n = 0,7$.



Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
D , мм	50	53	70	80	90	100	125	140	160	200
d , мм	25	32	40	40	50	50	63	70	50	80
l , мм	0,3	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,7	0,75	0,8	0,1
V_p , м/с	0,3	0,25	0,25	0,2	0,2	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1
P , кН	11	12	13	24	25	26	37	38	39	40

Задача 10.

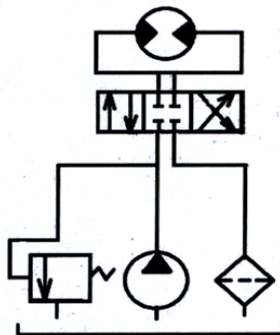
В объемном гидроприводе вращательного движения заданы параметры гидромотора: рабочий объем гидромотора q_m , механический КПД $\eta_{\text{мех.м}} = 0,96$, коэффициент утечек гидромотора σ_m , частота вращения вала n_m и крутящий момент $M_{\text{кр}}$.

Потери давления:

- в гидрораспределителе $\Delta p_p = 0,16$ МПа;
- в фильтре $\Delta p_f = 0,14$ МПа;
- в гидролиниях Δp_l .

КПД насоса $\eta_n = 0,8$.

Определить: давление нагнетания p_n и подачу насоса Q_n , перепад давления на гидромоторе Δp_m и КПД гидропривода η .



Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$q_m, \text{см}^3$	16	20	25	32	40	50	63	71	90	100
$\sigma_m, \frac{\text{см}^3}{\text{с} \cdot \text{МПа}}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$n_m, \text{с}^{-1}$	36,1	30,5	26,4	22,5	18,3	16,1	12,1	9,8	7,1	6,2
$\Delta p_{\text{л}}, \text{МПа}$	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2
$M_{\text{кд}}, \text{Н} \cdot \text{м}$	21	28	34	42	52	66	86	103	112	125