

# Гидравлический привод



*Старший  
Сычугов С.В.*

*преподаватель*



● Привод - это энергосиловое устройство, приводящее в движение машину.

Привод состоит из: источника энергии (силовой установки), передаточного устройства (трансмиссии), системы управления для включения и выключения механизмов машины, изменения режимов их движения.

Силовая установка состоит из двигателя и обслуживающих его устройств (топливный бак, устройства для охлаждения, устройства для отвода выхлопных газов).

Трансмиссии подразделяются на:

1. – **механические**;
2. – электрические;
3. – **гидравлические**;
4. – пневматические;
5. – смешанные;
6. – гидродинамические.

Гидравлический привод (гидропривод) – это ряд устройств, использующихся для передачи или преобразования энергии на совершение работы машин и механизмов, функционирующих на основе гидравлической энергии.

Главными составляющими гидропривода являются насос и гидродвигатель. Гидропривод является промежуточным устройством между приводным двигателем и нагрузкой, на которое возложены аналогичные механической передаче функции (ременная передача, редуктор и т.д.).

## Устройство гидравлического привода:

Разновидностями гидравлического привода являются гидроцилиндры, которые могут быть одно- и двустороннего действия (возвратно-поступательные). Гидроцилиндры одностороннего действия делятся на:

- плунжерные (рис. 1);
- поршневые (рис. 2);
- плунжерные телескопические: безбуртовые и буртовые (рис. 3, а и б).

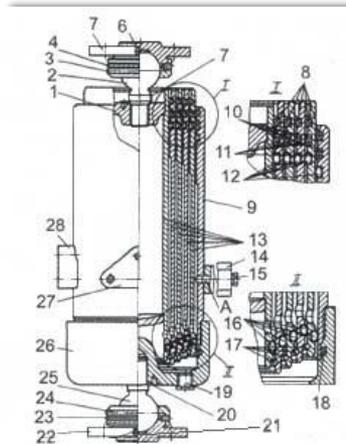


Рис. 36. Устройство буртового телескопического гидроцилиндра  
1 - головка выдвигного звена; 2, 25 - головка шаровая; 3, 24 - гайки; 5, 22 - шаровые опоры; 6, 21 - маслénки; 7, 20 - стопорные кольца; 8 - резиновые грязесъёмники; 9 - корпус; 10 - защитные кольца из фторопласта; 11 - резиновые уплотнительные кольца; 12, 16 - направляющие; 13 - плунжер; 14 - штуцер; 15, 19 - пробка; 17 - разрезные упорные кольца; 18 - уплотнительные кольца; 23, 4 - стопорные кольца; 26 - днище; 27 - крепёжная бонка толкателя; 28 - крепёжная бонка кулисы.

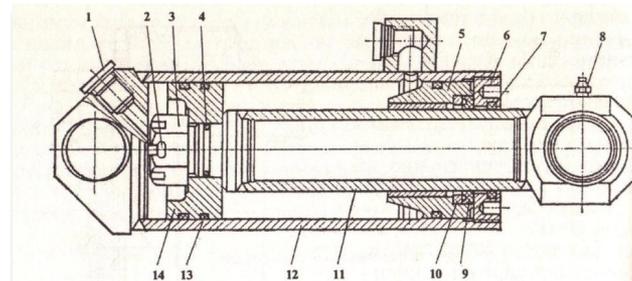


Рис. 2 . Поршневой гидроцилиндр наклона грузоподъёмника:  
1 - транспортная заглушка; 2 - шплинт; 3 - гайка; 4, 13 - кольца; 5 - головка цилиндра; 6 - крышка; 7 - грязесъёмник; 8 - масленка; 9 - манжета; 10 - уплотнительное кольцо; 11 - шток; 12 - корпус; 14 - пошнень.

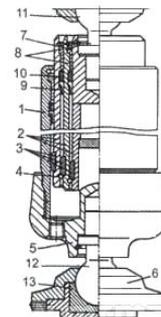


Рис. 3а. Устройство безбуртового телескопического цилиндра  
1 - корпус; 2 - плунжер; 3 - нижние направляющие полукольца; 4 - упорные кольца; 5 - днище; 6 - опоры гидроцилиндра; 7 - грязесъёмники; 8 - верхние направляющие втулки; 9 - вставки; 10 - уплотнительные резиновые манжеты; 11, 12 - шаровые головки; 13 - металлические вкладыши.

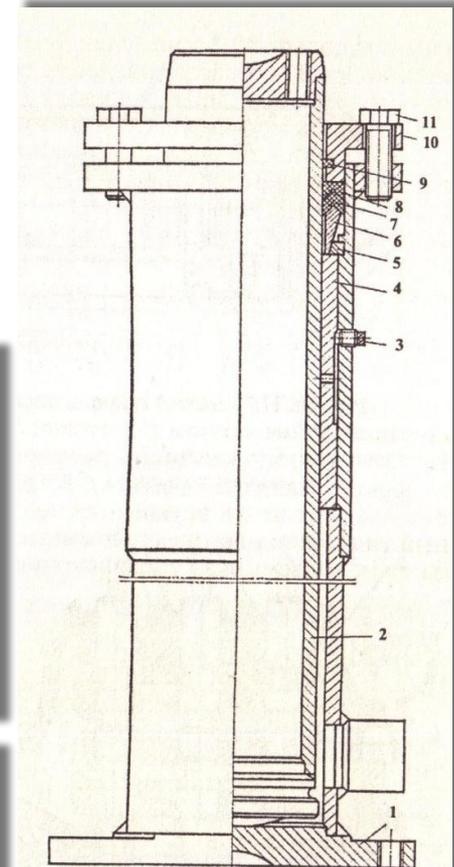


Рис. 1 . Плунжерный гидроцилиндр подъема каретки грузоподъёмника:  
1 - корпус; 2 - плунжер; 3 - пробка для выпуска воздуха; 4 - втулка; 5 - упорный сектор; 6 - разжимное кольцо; 7, 8 - манжеты; 9 - пылевое кольцо; 10 - фланец; 11 - болты.

## Устройство гидроцилиндра:

- 1- Плунжерный гидроцилиндр состоит из: металлического корпуса (1), который выполнен сварным из-за технических особенностей из 2-х цилиндрических деталей; встроенного в корпус плунжера (2); металлической втулки (4); упорного сектора (5); разжимного кольца (6), выполненного из титана; резиновых манжет (7 и 8); пылесъёмного войлочного кольца 9; металлического фланца (10), закреплённого при помощи болтов (11);
- 2- Поршневой гидроцилиндр состоит из цельного металлического корпуса (12); штока (11); поршня (14), который закреплён на хвостовике штока при помощи гайки (3) с шплинтом (2). Поршень имеет уплотнительные кольца (13) для облегчения установки уплотнительного кольца на хвостовике штока проделана канавка; головка цилиндра (5); уплотнительные манжеты (9); упорное кольцо (10); резьбовая крышка (6) для закрепления головки; грязесъёмник (7).
- 3- Телескопический гидроцилиндр (буртовый) состоит из: разборного металлического корпуса (9), встроенных в корпус плунжеров (13); шаровых головок (2, 25); корпус скреплён гайками (3, 24); стопорных колец (4, 23); шаровые головки закреплены на днище (26); для герметичности плунжеров устроены уплотнительные кольца (11, 18); для защиты от грязи устроены защитные кольца (10); для предотвращения попадания грязи устроены резиновые грязесъёмники (8); выдвижное звено из плунжеров ограничивается в движении стопорными кольцами (7, 20); для направления движения выдвижного звена устроены направляющие (12, 16); для подачи рабочей жидкости имеется штуцер (14); для предотвращения вытекания рабочей жидкости устроена пробка (15); для передачи упорных усилий от звена к звену установлены упорные кольца (17); на корпусе установлена бонка (27) для крепления толкателя механизма ограничения угла наклона платформы назад и на боковые стороны и бонка (28) для крепления кулисы механизма предохранения гидроцилиндра от вращения вокруг продольной оси.
- 4 - Телескопический гидроцилиндр (безбуртовый) имеет подобную конструкцию, однако отличается компактностью, меньшим диаметром при несколько увеличенных толщинах стенок плунжеров, что позволяет разместить упорные и направляющие элементы в специальных канавках, выполненных в стенке плунжера, и тем самым избавиться от буртов.

## Продолжение

В корпусе (1) безбуртового гидроцилиндра (рис.36) размещены плунжеры (2), ход которых при выдвигании ограничивается вставками (9), а при движении вниз - упорными кольцами (4) и дном. Направляющими для выдвигаемых звеньев служат нижние направляющие полукольца (3) и верхние направляющие втулки (8), которые удерживаются стопорными кольцами. Для увеличения срока службы гидроцилиндра наружные поверхности выдвигаемых звеньев подвергнуты накатке, покрыты хромом и отполированы. Уплотнение выдвигаемых звеньев осуществляется резиновыми манжетами (10). От попадания пыли и грязи извне полость гидроцилиндра защищена грязесъемниками (7), каждый из которых состоит из манжеты и кольца. Снизу в корпус вставлено днище (5) с уплотнительным кольцом (не показано). Гидроцилиндр снабжен шаровыми головками (11) и (12), сферические части которых укреплены в опорах гидроцилиндра (6), а их цилиндрические части фиксируются стопорными кольцами. Металлические вкладыши (13) обеспечивают работу этих соединений без смазочного материала. В нижней части днища имеется резьбовое отверстие для подвода рабочей жидкости.

### Принцип действия гидроцилиндра:

*Гидромасло, под давлением, поступает через клапан (отверстия) в "пустую" полость, таким образом выталкивая шток, а возврат и сворачивание гидроцилиндра осуществляется либо за счёт воздействия внешних сил, либо под собственным весом штока.*

*Чтобы избежать поломок, связанных с превышением максимально возможного рабочего давления, в плунжерные гидроцилиндры одностороннего действия встроена система предохранительных клапанов, и в случае превышения порога, часть масла сливается обратно в бак гидросистемы.*

Основное назначение гидропривода – это преобразование механической характеристики приводного двигателя в соответствии с требованиями нагрузки.

### Задачи расчёта гидроприводов и основание для их решения

В процессе проектирования гидропривода выполняют:

1. – расчёт давления и усилия в гидроцилиндрах, гидромоторе и гидронасосе;
2. - расчёт скорости подъёма люльки, выдвижения колен стрелы и вращения платформы;
3. – расчёт мощности на элементах рабочего оборудования и на валу двигателя;
4. – выполняют кинематическую схему автоподъёмника по числовым величинам, полученным расчётным путём, и взятым из таблиц фактическим размерам.

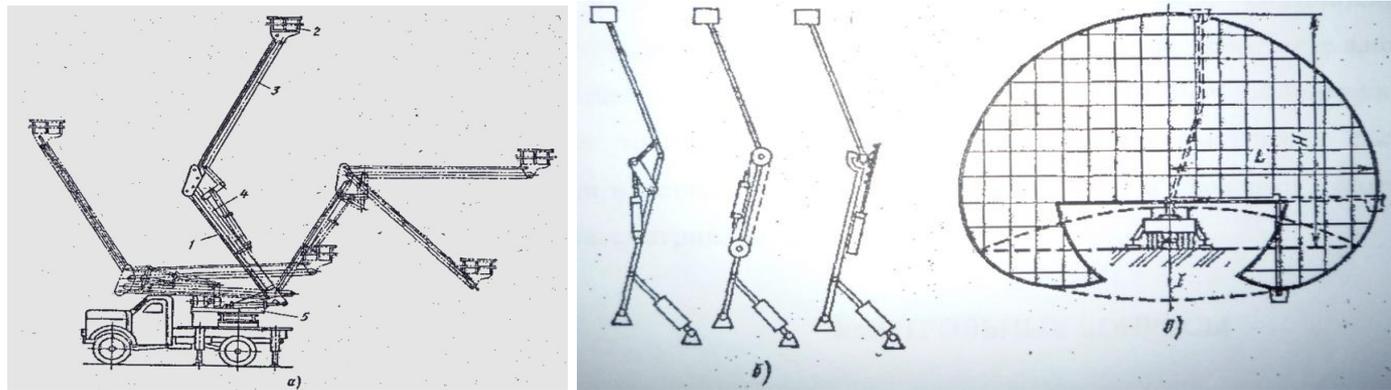


Рис.1. Рычажный гидроподъёмник (автоподъёмниках): а) – общий вид; б) – рычажная система; в) – обслуживаемая зона; 1,3,4 – вспомогательные рычаги, образующие параллелограмм; 2 – площадка для рабочих с материалами; 3 – поворотная платформа.

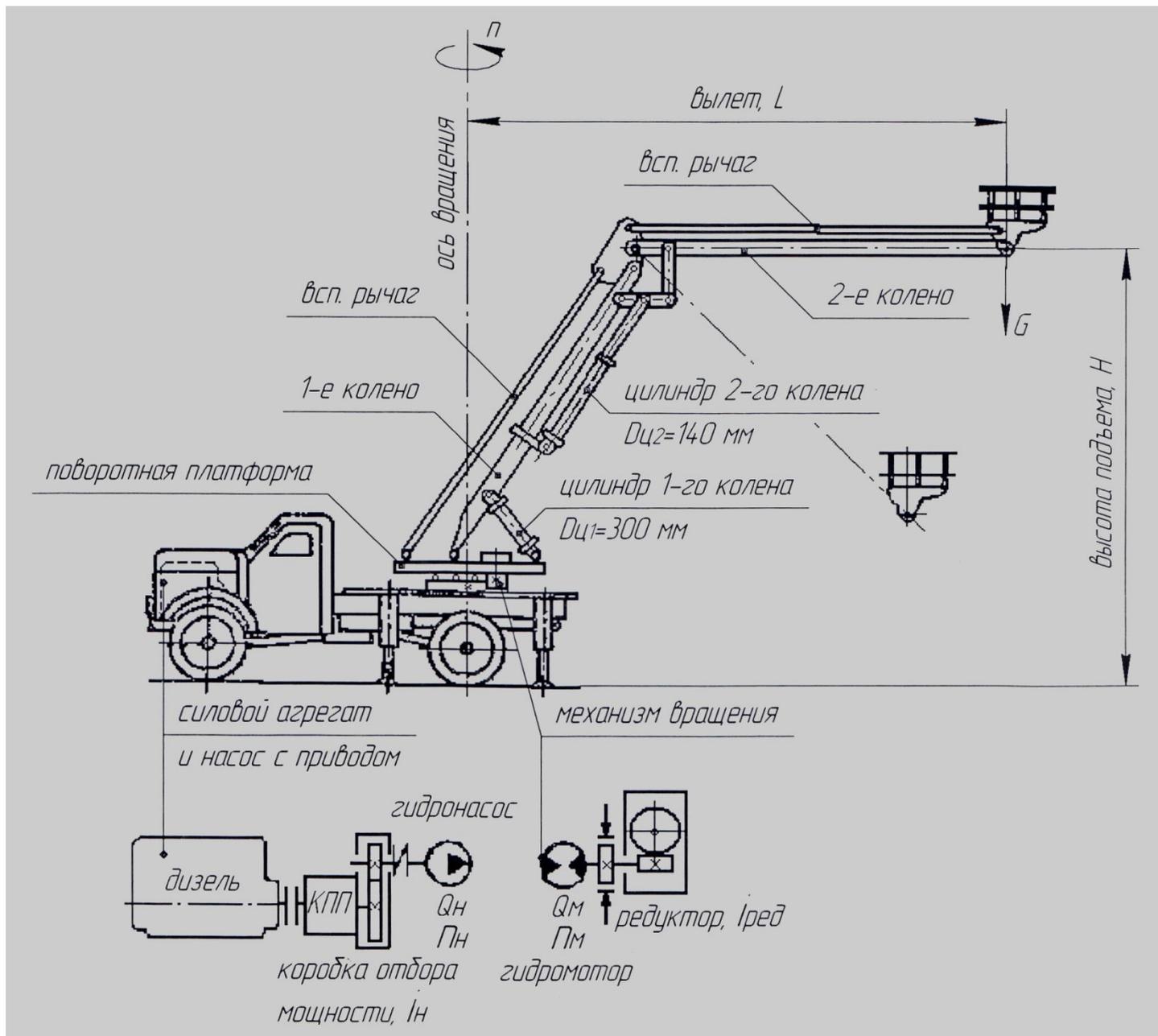


Рис. 2. Кинематическая схема автоподъемника

Таблица заданий

№ зад ани я	Подъём ник/ число колен стрелы z	Мас са груз а, G, кг	Выс ота H под ъём а, м	Ско рост ь под ъёма V <sub>г</sub> , м/мин	Насосная установка				Диаметры гидроцилиндров стрелы D <sub>ц</sub> , мм			Механизм вращения платформы		Масса подъём ника G <sub>п</sub> , кг
					Мощ ность двигат еля, N <sub>дв</sub> кВт	Число оборот ов двигат еля n <sub>дв</sub> , мин <sup>-1</sup>	Переда т. число привод а насоса i <sub>н</sub>	Рабочи й объём насоса Q <sub>н</sub> , см <sup>3</sup>	1-е коле но	2-е коле но	3-е коле но	Раб. объём мотора Q <sub>м</sub> , см <sup>3</sup>	Переда т. число редукт ора i <sub>ред</sub>	
1	АГП-12.02/2	100	12	8,5	84	3200	1,6	50	300	140	-	210	200	1500
2		150	10	8,5	84	3200	1,6	50				210	200	1500
3		200	8	8,5	84	3200	1,6	50				210	200	1500
4		250	6	8,5	84	3200	1,6	50				210	200	1500
5	АГП-18/2	200	18	9	95	3200	1,3	75	300	140		210	250	1600
6		300	15	9	95	3200	1,3	75				210	250	1600
7		350	12	9	95	3200	1,3	75				210	250	1600
8	АГП-18.02/2	200	18	9	132	2100	1,4	75				210	250	1600
9		300	15	9	132	2100	1,4	75				210	250	1600
10		350	10	9	132	2100	1,4	75				210	250	1600
11	АГП-22/2	200	22	11	132	2100	1,4	100	300	140		210	250	1700
12		250	20	11	132	2100	1,4	100				210	300	1700
13		300	15	11	132	2100	1,4	100				210	300	1700
14	АГП-22.03/2	200	22	10	158	1900	1,2	100	300	140		300	300	1700
15		250	20	10	158	1900	1,2	100				300	350	1700
16		300	18	10	158	1900	1,2	100				300	350	1700
17	АГП-22.04/2	200	15	11	158	1900	1,2	100	300	140		300	350	1650
18		300	12	11	158	1900	1,2	100				300	350	1650
19	АГП-28/3	200	28	11	176	1700	1,1	100	300	140	120	2x210	250	1850
20		250	25	11	176	1700	1,1	100			120	2x210	250	1850
21		300	20	11	176	1700	1,1	100			120	2x210	250	1850

## Продолжение таблицы

22	АГП-36/3	200	36	7,2	176	1700	1,1	100	300	140	120	2x210	350	1900
23		300	32	7,2	176	1700	1,1	100			120	2x210	350	1900
24		400	24	7,2	176	1700	1,1	100			120	2x210	350	1900
25	BC-18-МС	200	18	7,2	95	2200	1,5	100	300	140		320	230	1560
26	BC-22-МС/2	200	22	7,2	95	2200	1,5	75	300	140		320	230	1560
27		250		7,2	95	2200	1,5	75				320	280	1560
28	BC-22-МС/2	250	22	7,2	132	2100	1,5	75	300	140		320	280	1560
29	BC-26-МС/2	200	26	7,2	158	1700	1,5	1,1	100	300		310	300	1650
30		250	26	7,2	176	1700	1,1	100	300	140		320	280	1750

### Пример расчёта

**Исходные данные:** Масса груза  $G = 300$  кг, высота подъёма  $H = 22$  м, скорость подъёма люльки  $V_r = 10$  м/мин, число колен стрелы  $z = 2$ , масса поворотной части подъёмника  $G_{п} = 1600$  кг.

Насосная установка:  $N_{дв} = 130$  кВт,  $n_{дв} = 2000$  мин<sup>-1</sup>, передаточное число привода насоса  $i_n = 1,2$ ; рабочий объём насоса  $Q_n = 100$  см<sup>3</sup>.

Диаметры гидроцилиндров: 1-го колена  $D_{ц1} = 300$  мм;

2-го колена  $D_{ц2} = 140$  мм.

Механизм вращения платформы:

рабочий объём гидромотора  $Q_m = 210$  см<sup>3</sup>,

передаточное число редуктора привода гидромотора  $i_{ред} = 250$ .

## Расчёт

### 1. Усилия на штоках гидроцилиндров

$$P_{ш} = G * i ,$$

где  $i$  – передаточное отношение рычажной системы «люлька – шток» зависит от её конструкции (Рис. 1в), обычно  $i = 150 \dots 200$ . Принимаем  $i_1 = 200$ ;  $i_2 = 150$  соответственно для 1-го и для 2-го колена.

$$P_{ш1} = 300 * 200 = 60000 \text{ Н},$$

### 2. Давление в гидроцилиндрах

$$p_{ц} = P_{ш} / (\pi D^2 / 4),$$

где  $D_{ц}$  – диаметр гидроцилиндра.

Давление в гидроцилиндре 1-го колена

$$p_{ц1} = P_{ш1} / \pi D_{ц1}^2 / 4 = 60000 / (3.14 * 300^2 / 4) = 0,85 \text{ МПа.}$$

Давление в гидроцилиндре 2-го колена

$$p_{ц2} = P_{ш2} / \pi D_{ц2}^2 / 4 = 45000 / (3.14 * 140^2 / 4) = 2,92 \text{ МПа.}$$

### 3. Крутящий момент на валу гидромотора

$$M_{м} = (G + G_{м}) * g * f * r_{тр} / (i_{ред} * \eta_{ред}),$$

где:  $i_{ред}$ ,  $\eta_{ред}$  – передаточное число и КПД редуктора привода гидромотора; в нашем

случае  $i_{ред} = 250$ ;  $\eta_{ред} = 0,9$ ;

$g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$

$f$  – коэффициент трения в подшипнике и зубчатой передаче опорно-поворотного устройства (ОПУ) платформы;  $f = 0,04 \dots 0,06$ ;

$r_{тр}$  – радиальная координата силы трения (радиус трения), в среднем для ОПУ кранового типа  $r_{тр} = 0,5 \text{ м}$ .

$$M_{м} = (300 + 1600) * 9,81 * 0,05 * 0,5 / (250 * 0,9) = 2,07 \text{ Н*м.}$$

#### 4. Давление в гидромоторе

$$p_M = (M_M \pi / 30) / Q_M ,$$

$Q_M$  - рабочий объём гидромотора.

$$p_M = (1,862 * 3,14 / 30) / (210 * 10^{-6}) = 928 \text{ Па}$$

#### 5. Давление насоса

$$p_H = (p_{ц1} + p_{ц2} + p_{ц3} + p_M) / \eta ,$$

$\eta$  – общий КПД гидропривода;  $\eta = 0,7$ .

$$p_H = (0,85 + 2,92 + 0,000928) / 0,7 = 5,39 \text{ МПа}$$

#### 6. Крутящий момент на валу ДВС при одновременной работе механизмов подъёмника

$$M_{ДВ} = (30 / \pi) p_H Q_H / (i_H * \eta_H),$$

где  $Q_H$ ,  $i_H$ ,  $\eta_H$ , - рабочий объём насоса, передаточное отношение и КПД коробки отбора мощности привода насоса;  $\eta_H = 0,85$ .

$$M_{ДВ} = (30 / 3,14) * 5,39 * 10^6 * 100 * 10^{-6} / (1,2 * 0,85) = 5048,7 \text{ Н*м.}$$

#### 7. Производительность насоса

$$q_H = Q_H n_H ,$$

$Q_H$ ,  $n_H$  – рабочий объём и частота вращения вала насоса,  $\text{мин}^{-1}$ ,  $n_H = n_{ДВ} / i_H = 2000 / 1,2 = 1667 \text{ мин}^{-1}$ ,

$$q_H = 100 * 10^{-6} * 1667 = 0,167 \text{ м}^3 / \text{мин} = 167 \text{ л/мин.}$$

## 8. Максимальные скорости штоков гидроцилиндров

Максимальные скорости штоков гидроцилиндров получаются при расходе гидроцилиндра, равном производительности насоса, т.е. при работе в данный момент времени только одного потребителя (другие потребители отключены).

$$V_{ш} = q_n / (\pi D_{ц}^2 / 4),$$

$$V_{ш1} = 0,167 / (3,14 * 0,3^2 / 4) = 2,365 \text{ м/мин} = 0,039 \text{ м/с},$$

$$V_{ш2} = 0,167 / (3,14 * 0,14^2 / 4) = 10,84 \text{ м/мин} = 0,18 \text{ м/с}.$$

## 9. Скорости штоков гидроцилиндров при одновременной их работе

При включённых гидроцилиндрах и при отсутствии регулирования давления и расхода жидкости, подаваемой насосом, скорость потока жидкости от насоса равна скорости ШТОКОВ

$$V_n = q_n / (\pi D_{ц1}^2 / 4 + \pi D_{ц2}^2 / 4),$$

$$V_n = 0,167 / (3,14 * 0,3^2 / 4 + 3,14 * 0,14^2 / 4) = 2,07 \text{ м/мин} = 0,034 \text{ м/с}.$$

## 10. Максимальная частота вращения платформы

Максимальная частота вращения платформы соответствует полной подаче насоса, при отключенных гидроцилиндрах

$$n_n = q_n / (Q_m * i_{ред}),$$

$$n_n = 0,167 / (210 * 10^{-6} * 250) = 3,18 \text{ мин}^{-1}.$$

### 11. Мощность на штоках гидроцилиндров при заданном грузе

$$N_{ц} = P_{ш} * V_{ш},$$

Наибольшая потребляемая мощность:

на 1-ом гидроцилиндре  $N_{ц1} = P_{ш1} * V_{ш1} = 60 * 0,039 = 2,34$  кВт,

на 2-ом гидроцилиндре  $N_{ц2} = P_{ш2} * V_{ш2} = 45 * 0,18 = 8,1$  кВт,

Мощность на штоках при одновременной работе гидроцилиндров:

$$N_{ц} = (P_{ш1} + P_{ш2}) * V_{ш} = (60 + 45) * 0,034 = 3,57 \text{ кВт}.$$

### 12. Мощность на валу гидромотора

$$N_{м} = M_{м} * \pi n_{м} / 30,$$

$n_{м}$  – максимальная частота вращения гидромотора,  $\text{мин}^{-1}$ ,  $n_{м} = q_{н} / Q_{м} = 0,167 / (210 * 10^{-6}) = 795,2 \text{ мин}^{-1}$ .

$$N_{м} = 2,07 * 3,14 * 795,2 / 30 = 172,3 \text{ Вт}$$

### 13. Мощность на валу двигателя (дизеля):

- при работе гидроцилиндра 1-го колена

$$N_{дв1} = N_{ц1} / (\eta * \eta_{н}) = 2,34 / (0,7 * 0,85) = 3,93 \text{ кВт},$$

где  $\eta$  – общий кпд гидропривода;  $\eta = 0,7$ ;

$\eta_{н}$  – кпд привода (коробки отбора мощности) насоса;  $\eta_{н} = 0,85$ .

- при работе гидроцилиндра 2-го колена

$$N_{дв2} = N_{ц2} / (\eta * \eta_{н}) = 8,1 / (0,7 * 0,85) = 13,61 \text{ кВт}$$

- при работе механизма поворота

$$N_{дв3} = N_{м} / (\eta * \eta_{н}) = 172,3 / (0,7 * 0,85) = 289,5 \text{ Вт} = 0,289 \text{ кВт}$$

- при параллельной работе гидроцилиндров 1-го и 2-го колена

$$N_{дв4} = N_{ц} / (\eta * \eta_{н}) = 3,57 / (0,7 * 0,85) = 6 \text{ кВт}$$

## ВЫВОДЫ

В выводах необходимо указать на необходимость или на отсутствие необходимости:

- подпитки основного гидронасоса для компенсации возможного снижения скорости подъёма груза;
- применения предохранительных и редукционных клапанов в гидросистеме;
- предохранения гидроагрегатов и дизеля от перегрузки.

Анализируя полученные результаты, приходим к следующим выводам:

1. Мощность двигателя подъёмника (130 кВт) значительно превышает мощность, необходимую для работы подъёмного механизма при любом сочетании рабочих движений стрелы (0,289 ... 13,61 кВт).
2. Наибольшая мощность потребляется при работе гидроцилиндра 2-го колена (13,61 кВт), наименьшая – при повороте платформы (0,289 кВт).
3. При параллельной работе механизмов скорости гидроцилиндров падают с 2,365 и 10,84 м/мин до 2,07 м/мин, из-за существенно различных диаметров гидроцилиндров (300 и 140 мм), при близких значениях передаточных отношений рычажных систем колен стрелы.

- 
4. Для синхронизации движений колен стрелы необходимо ввести дроссель в систему питания цилиндра 1-го колена с коэффициентом регулирования, равным отношению площадей цилиндров.
  5. Давление в гидросистеме (5,39 МПа) значительно ниже номинального (10 МПа), поэтому предохранительный клапан необходим для насоса.
  6. Для повышения скоростей подъёма и опускания люльки желательно увеличить максимальную производительность насоса. Для чего установить регулируемый или дополнительный подпиточный насос.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Добронравов С.С., Дронов В.Г. Строительные машины и основы автоматизации: Учеб. для строит. спец. Вузов. – М.: Высшая школа, 2001. – 575 с.
2. Белецкий Б.Ф. Строительные машины и оборудование: Справочное пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2002. – 592 с.
3. Поляков В.И., Полосин М.Д. Машины грузоподъёмные для строительно-монтажных работ: Справ. Пос. 3-е изд. – М.:Стройиздат, 1993. – 244 с.