

## **Формирование структуры отдельно агрегатной гидродифференциальной передачи приводов дорожно-строительных машин**

Котлобай А.Я., Котлобай А.А.

Белорусский национальный технический университет

Объемная гидropередача (ОГП) в приводах оборудования дорожно-строительных машин позволяет реализовать бесступенчатое регулирование скорости ходового и технологического оборудования, расширяет возможности компоновочных решений. Находят применение дифференциальные трансмиссии, в том числе ОГП с внутренним разветвлением потока мощности, обеспечивающие необходимый диапазон изменения передаточных отношений [1, 2]. Наряду с моно агрегатными ОГП существует потребность поиска технических решений гидродифференциальных ОГП отдельно агрегатных, насосная и моторная установки которых размещены в соответствии с компоновочными решениями дорожно-строительной машины.

При анализе показателей материалоемкости и удельной стоимости насосов выявлено, что минимальной материалоемкостью и удельной стоимостью обладают шестеренные гидромашины, применение которых в качестве насосов в составе ОГП ограничено отсутствием технических решений по регулированию эквивалентного объема насоса и реверсирования потока рабочей жидкости [3]. Одним из возможных направлений активизации работ по созданию гаммы ОГП с внутренним разветвлением потока мощности является возможность использования шестеренного насоса постоянного объема и гидрораспределительного модуля, регулирующего эквивалентный рабочий объем насоса шестеренного [4, 5].

ОГП включает два основных агрегата: насосный и моторный, выполненные отдельно (*рисунок 1*). Насосный агрегат содержит двухсекционный шестеренный насос 1 постоянного объема, гидрораспределительный модуль 2. Моторный агрегат содержит гидромоторы постоянного объема: шестеренный 3, аксиально-поршневой

4, редукторы: промежуточный планетарный редуктор 5, выходной планетарный редуктор 6.

Первая секция шестеренного насоса 1 содержит шестерни 7, 8, образующие в корпусе 9 насоса всасывающую 10 и напорную 11 полости. Вторая секция шестеренного насоса 1 содержит шестерни 12, 13, образующие в корпусе 9 всасывающую 14 и напорную 15 полости. Шестерни 7, 12 связаны шлицевыми соединениями с приводным валом 16.

Гидрораспределительный модуль 2 выполнен в корпусе 17, включает неподвижную распределительную втулку 18, подвижную распределительную втулку 19, и ротор 20, связанный с приводным валом 16.

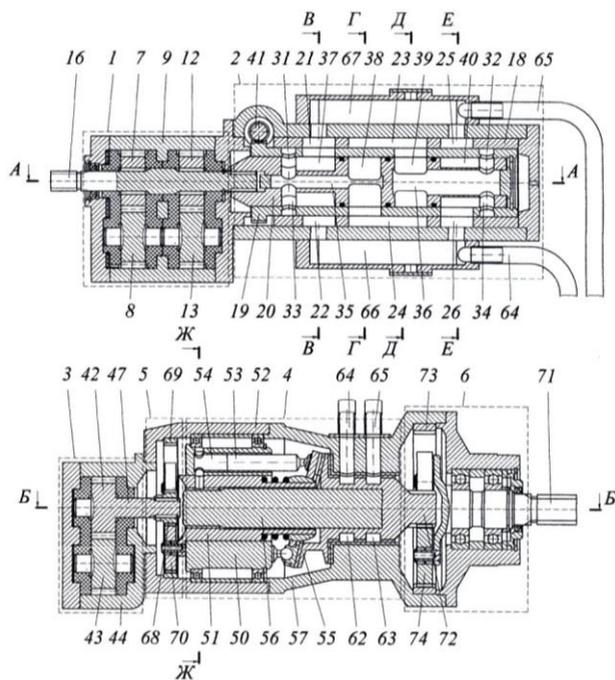


Рис. 1. ОГП отдельно агрегатная

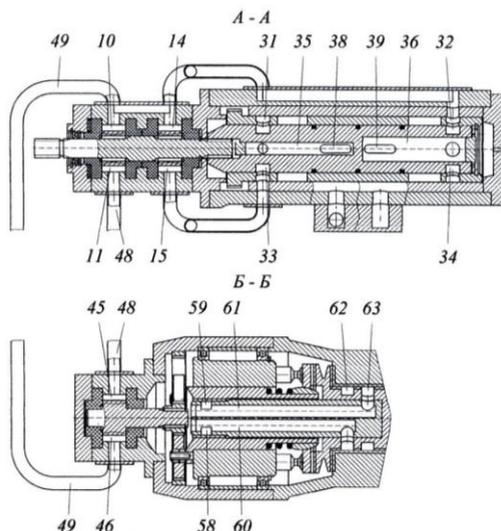


Рис. 1 (продолжение). ОГП раздельно агрегатная

На цилиндрической поверхности неподвижной распределительной втулки 18 образованы шесть сегментных пазов 21, 22, 23, 24, 25, 26, при этом пазы связаны внутри групп 21, 24, 25 и 22, 23, 26.

На цилиндрической поверхности подвижной распределительной втулки 19 образованы четыре группы продольных каналов 27, 28, 29, 30, и две кольцевые канавки 31, 32.

На цилиндрической поверхности ротора 20 образованы две кольцевые канавки 33, 34, и по оси ротора 20 – два продольных канала 35, 36 с полостями, связанными с полостями кольцевых канавок 33, 34. На цилиндрической поверхности ротора 20 образованы четыре группы продольных каналов 37, 38, 39, 40. Полости продольных каналов 37, 40 связаны с полостями кольцевых канавок 33, 34. Полости продольных каналов 38, 39 связаны с полостями продольных каналов 35, 36. Кольцевые канавки 33, 34 связаны с кольцевыми канавками 31, 32.

Для обеспечения поворота подвижная распределительная втулка 19 оснащена зубчатым венцом червячного зацепления. Привод червяка 41 осуществляется автономным двигателем.

Напорная полость 15 связана с полостью кольцевой канавки 31. Полость кольцевой канавки 32 связана с всасывающими полостями 14, 10 второй и первой секций шестеренного насоса 1.

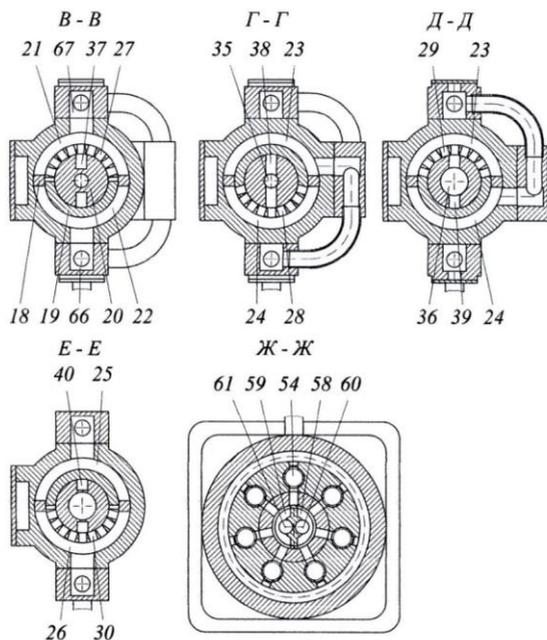


Рис. 1 (продолжение). ОГП раздельно агрегатная

Гидромотор 3 шестеренный постоянного объема содержит шестерни 42, 43, образующие в корпусе 44 гидромотора 3 напорную 45 и сливную 46 полости. Вал 47 гидромотора 3 выполнен заодно с шестерней 42. Напорная полость 45 связана трубопроводом 48 с напорной полостью 11 первой секции шестеренного насоса 1. Сливная полость 46 связана трубопроводом 49 с всасывающими полостями 10, 14 шестеренного насоса 1.

Аксиально-поршневой гидромотор 4 постоянного объема включает блок цилиндров 50, связанный с втулкой 51, установленный по наружной поверхности в подшипниковом узле корпуса 52. Поршни 53 образуют рабочие полости 54 и прижимаются к поверхности наклонной шайбы 55, в ступице которой закреплена ось 56. Ступи-

ца наклонной шайбы 55 и ось 56 установлены по наружной образующей поверхности в подшипниковых узлах скольжения корпуса 57 и втулки 51. Корпусы 44, 52, 57 соединены.

Гидрораспределитель аксиально-поршневого гидромотора 4 включает группу диаметрально противоположных сегментных пазов 58, 59 с центральными углами  $180^\circ$ , образованную на наружной поверхности оси 56. Рабочие полости 54 связаны с полостями сегментных пазов 58, 59, связанных каналами 60, 61 с полостями кольцевых канавок 62, 63, образованных на поверхности ступицы наклонной шайбы 55. Полости кольцевых канавок 62, 63 связаны каналами, трубопроводами 64, 65 с каналами 66, 67, связывающих в свою очередь группы сегментных пазов 22, 23, 26 и 21, 24, 25.

Промежуточный планетарный редуктор 5 установлен в кинематической линии связи вала 47 гидромотора 3 и втулки 51 блока цилиндров 50. Редуктор 5 включает солнечную шестерню 68, установленную на валу 47, и связанную с ним шлицевым соединением, коронную шестерню 69, установленную в корпусе 52, сателлиты 70, установленные на осях водила, выполненного заодно с втулкой 51.

Выходной планетарный редуктор 6 установлен в кинематической линии связи ступицы наклонной шайбы 55 и ведомого вала 71, установленного в подшипниковом узле крышки корпуса 57. Редуктор 6 включает солнечную шестерню 72, выполненную заодно со ступицей наклонной шайбы 55, коронную шестерню 73, установленную в корпусе 57, сателлиты 74, установленные на осях водила, выполненного заодно с ведомым валом 71.

Режим работы ОГП регулируется посредством изменения углового положения подвижной распределительной втулки 19.

Скорость вращения ведомого вала 71 при заданной скорости вращения приводного вала 16 и передаточное число ОГП:

$$n_{71} = n_{16} \left( \frac{k_1 + k_2 k i_3}{i_3 i_4} \right), \text{ или } i = \frac{i_3 i_4}{k_1 + k_2 k i_3}, \quad (1)$$

$$i = \frac{n_{16}}{n_{71}}, \quad i_3 = \frac{n_{68}}{n_{50}}, \quad i_4 = \frac{n_{72}}{n_{71}}, \quad k_1 = \frac{q_{11}}{q_3}, \quad k_2 = \frac{q_{12}}{q_4}, \quad k = \frac{q_\varphi}{q_{12}},$$

где  $i, i_3, i_4$  – передаточное число ОГП, планетарного редуктора 3, 4;  $n_{16}, n_{50}, n_{68}, n_{71}, n_{72}$  – скорость вращения приводного вала 16, блока цилиндров 50 гидромотора 4, солнечной шестерни 68 планетарного редуктора 3, ведомого вала 71, солнечной шестерни 72 планетарного редуктора 4;  $k_1$  – коэффициент, характеризующий отношение конструктивных объемов первой секции насоса 1 и гидромотора 3;  $k_2$  – коэффициент, характеризующий отношение конструктивных объемов второй секции насоса 1 и гидромотора 4;  $k$  – коэффициент, характеризующий отношение эквивалентного и конструктивного объемов второй секции насоса 1 (диапазон изменения  $k = -1 \div +1$ );  $q_{11}, q_{12}, q_3, q_4$  – конструктивный объем первой, второй секции насоса 1, гидромоторов 3, 4;  $q_p$  – эффективный объем второй секции насоса 1, определяемый углом поворота подвижной распределительной втулки 19.

В выражении (1) не учитывается объемный КПД гидромашин.

Параметры работы (1) ОГП отдельно агрегатной представлены в таблице 1.

Таблица 1. Передаточное число ОГП отдельно агрегатной

$k_1 = 1,0; k_2 = 1,0; i_3 = 3$									
	$k$								
	-1,0	-0,8	-0,4	-0,33	-0,2	0	0,2	0,6	1,0
	-4,5	-6,4	-45,0	$\infty$	22,5	9,0	5,6	3,2	2,3
	-6,0	-8,6	-60,0	$\infty$	30,0	12,0	7,5	4,3	3,0
	-7,5	-10,7	-75,0	$\infty$	37,5	15,0	9,4	5,4	3,8
$k_1 = 1,0; k_2 = 1,0; i_3 = 4$									
	$k$								
	-1,0	-0,8	-0,4	-0,25	-0,2	0	0,2	0,6	1,0
	-4,0	-5,5	-20,0	$\infty$	60,0	12,0	6,7	3,5	2,4
	-5,3	-7,3	-26,7	$\infty$	80,0	16,0	8,9	4,7	3,2
	-6,7	-9,1	-33,3	$\infty$	100,0	20,0	11,1	5,9	4,0
$k_1 = 1,0; k_2 = 1,0; i_3 = 5$									
	$k$								
	-1,0	-0,8	-0,4	-0,3	-0,2	0	0,2	0,6	1,0

	-3,8	-5,0	-15,0	-30,0	$\infty$	15,0	7,5	3,8	2,5
	-5,0	-6,7	-20,0	-40,0	$\infty$	20,0	10,0	5,0	3,3
	-6,3	-8,3	-25,0	-50,0	$\infty$	25,0	12,5	6,3	4,2
$k_1 = 1,0; k_2 = 0,5; i_3 = 3$									
	$k$								
	-1,0	-0,8	-0,67	-0,4	-0,2	0	0,2	0,6	1,0
	-18,0	-45,0	$\infty$	45,0	12,8	9,0	6,9	4,7	3,6
	-24,0	-60,0	$\infty$	30,0	17,1	12,0	9,2	6,3	4,8
	-30,0	-75	$\infty$	41,7	21,4	15,0	11,5	7,9	6,0
$k_1 = 1,0; k_2 = 0,5; i_3 = 4$									
	$k$								
	-1,0	-0,8	-0,5	-0,4	-0,2	0	0,2	0,6	1,0
	-12,0	-60,0	$\infty$	60,0	20,0	12,0	8,6	6,3	4,0
	-16,0	-80,0	$\infty$	80,0	26,7	16,0	11,4	8,4	5,3
	-20,0	-100	$\infty$	100,0	33,3	20,0	14,3	10,5	6,7

Изменяя параметры ОГП можно получить нужный диапазон изменения передаточного числа при изменении эквивалентного объема второй секции насоса шестеренного  $I$ .

## Литература

1. Петров, В.А. Гидрообъемные трансмиссии самоходных машин / В.А. Петров. – М.: Машиностроение, 1988. – 248 с.
2. Котлобай, А.Я. Объемные гидравлические передачи ходового оборудования транспортно-тяговых машин / Объемные гидравлические передачи ходового оборудования транспортно-тяговых машин // Инженер-механик. – 2017. №2 (75). – С. 18–25.
3. Котлобай, А.А. Направления снижения материалоемкости приводов оборудования дорожно-строительных машин / А.А. Котлобай // Автомобильные дороги и мосты. – 2019. № 1 (23). – С. 73 – 83.
4. Котлобай, А.Я. Объемная гидропередача отдельно агрегатная на базе двухсекционных шестеренных гидромашин / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай // Инженер-механик. – 2019. №3 (84). – С. 5–10.

5. Гидродифференциальная передача: пат. 12472 U Республика Беларусь, F 16H 61/44 (2006.01), F 15B 11/22 (2006.01) // Заявители: Котлобай Анатолий Яковлевич; Котлобай Андрей Анатольевич (BY); Авторы: Котлобай Анатолий Яковлевич; Котлобай Андрей Анатольевич (BY); Патентообладатели: Котлобай Анатолий Яковлевич; Котлобай Андрей Анатольевич (BY) – № u 20200154, 2020.06.16; опубл. 2020.12.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2020. – № 6.