

УДК 69.05–82–229.384

НАСОСЫ ШЕСТЕРЕННЫЕ РЕГУЛИРУЕМЫЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ ОБОРУДОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ МАШИН

Котлобай А.Я., Котлобай А.А.

Белорусский национальный технический университет

Рационализация систем отбора мощности силовой установки на привод ходового оборудования и рабочих органов технологического оборудования многофункциональных машин инженерного вооружения, строительных и дорожных машин осуществляется в направлении применения гидравлических объемных приводов, на базе современных насосов регулируемого объема, обеспечивающих необходимый уровень подачи рабочей жидкости для эффективной работы данного оборудования.

Для привода ходового оборудования при выполнении технологических операций в трансмиссии базового изделия 453 котлованной машины МДК-3 применяется гидрообъемная передача в составе аксиально-поршневых насоса переменной производительности и гидромотора постоянного объема с наклонными блоками цилиндров, работающих в закрытом контуре [1]. Гидрообъемная передача работает параллельно с бортовыми планетарными коробками передач и обеспечивает изменение скорости движения изделия вперед или назад от 0 до 0,57 км/ч при включенной передаче заднего хода. На других передачах скорость движения изделия с включенной гидрообъемной передачей составляет: на первой – 1,01 км/ч, на второй – 1,8 км/ч, на третьей – 2,37 км/ч.

Для привода ходового оборудования вибрационных катков с гладкими вальцами, грунтовыми вибрационными катков, бульдозеров, малогабаритных погрузчиков с бортовым поворотом и других машин широкое распространение получили аксиально-поршневые реверсируемые насосы переменной производительности серии 416, применяемые в закрытом контуре. Насосы серии 416 оснащены наклонной шайбой, угол наклона ко-

торой изменяется системой управления насоса. Система управления насоса требует наличия отдельного гидравлического контура управления, совмещенного с контуром подпитки насоса.

Широкое применение в приводах технологического оборудования инженерных машин находят насосные установки на базе шестеренных насосов. Так, например, насосные установки инженерных машин разграждения ИМР и ИМР-2 включают соответственно пять и шесть насосов шестеренных, установленных на корпусах редукторов привода насосов [2]. С другой стороны, насосная установка путепрокладчика БАТ-2 сформирована на базе аксиально-поршневых насосов с наклонным блоком цилиндров [2]. Разность подходов определяется инженерными наработками различных производителей.

Анализ элементной базы систем гидравлических приводов ходового и рабочего оборудования инженерных машин показал, что насосы шестеренные обладают меньшими значениями материалоемкости и удельной стоимости по сравнению с аксиально-поршневыми насосами [3], [4]. Насосы шестеренные переменного рабочего объема не производятся.

Рассмотрена возможность создания насосов шестеренных регулируемого эффективного объема для работы в закрытом гидравлическом контуре на основе модульного построения гаммы насосов переменного эквивалентного объема на базе мало материалоемкого шестеренного насоса постоянного объема и гидрораспределительного модуля. Предложен мало энергоемкий способ регулирования эквивалентного рабочего объема насоса, состоящий в дискретизации потоков рабочей жидкости и перераспределении дискретных потоков рабочей жидкости между магистралями

гидросистемы [5], [6], [7], [8]. Разработана конструктивная схема насоса шестеренного переменного эквивалентного объема, реверсирующего (рис. 1) поток рабочей жидкости, состоящего из шестеренного насоса постоянного объема и

гидрораспределительного модуля, обеспечивающего изменение эквивалентного объема [8]. Структурная схемы гидрораспределительного модуля окончательно не определена и дорабатываются.

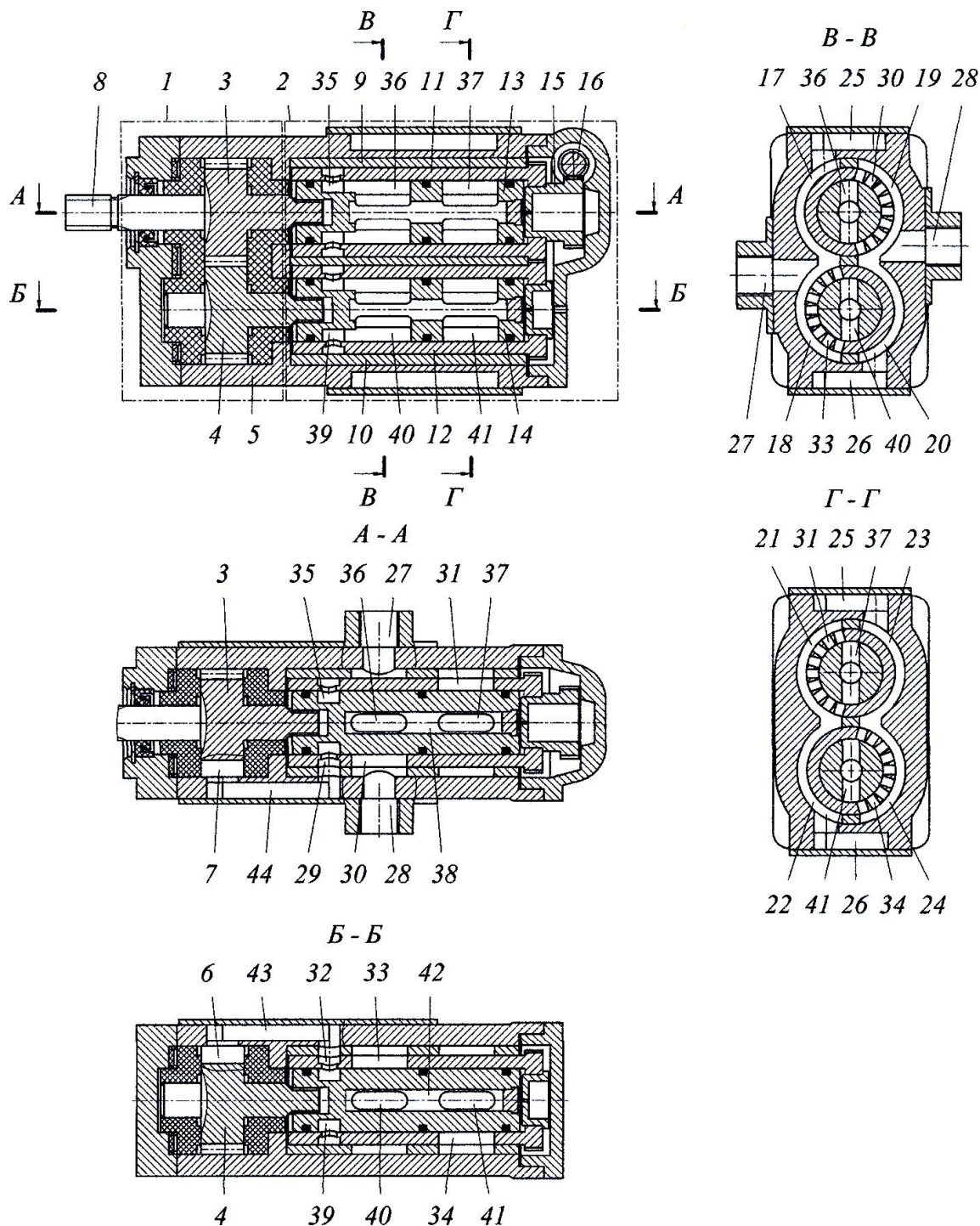


Рис. 1. Насос шестеренный, реверсирующий поток рабочей жидкости

Насос шестеренный переменного эквивалентного объема включает шестеренный насос постоянного объема 1 и гидрораспределительный модуль 2 (рис. 1), обеспечивающий изменение эквивалентного рабочего объема насоса шестеренного, и дополнительно, реверсирование потока рабочей жидкости, позволяющее работу в закрытом контуре.

Шестеренный насос постоянного объема 1 содержит шестерни 3, 4, образующие в корпусе 5 полости: всасывающую 6, и напорную 7. Шестерня 3 выполнена заодно с приводным валом 8.

Гидрораспределитель 2 включает неподвижные распределительные втулки 9, 10, подвижные распределительные втулки 11, 12, роторы 13, 14. Неподвижные распределительные втулки 9, 10 выполнены как единая деталь, закрепленная в корпусе 5, общем для нагнетающей секции 1 и распределительного модуля 2. Подвижные распределительные втулки 11, 12 установлены с возможностью поворота на угол $\pm 90^\circ$, оснащены зубчатыми венцами, входящими в зацепление, обеспечивающими синхронный поворот. Для поворота в подвижной распределительной втулке 11 закреплена втулка привода 15, оснащенная зубчатым венцом червячного зацепления. Привод червяка 16 осуществляется автономным двигателем. Роторы 13, 14 связаны с валами шестерен 3, 4 посредством шлицевых соединений.

На цилиндрических поверхностях неподвижных распределительных втулок 9, 10 образованы восемь сегментных пазов 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 с центральными углами, составляющими $\approx 180^\circ$. Полости сегментных пазов 17 и 18, 19 и 20, 21 и 22, 23 и 24 связаны между собой парно. Полости сегментных пазов 17, 18 и 23, 24 связаны каналом 25. Полости сегментных пазов 19, 20 и 21, 22 связаны каналом 26. Насос шестеренный включается в гидросистему посредством подключения гидравлических магистралей к каналам 27, 28, связанных соответственно с полостями сегментных пазов 17, 18, 23, 24 и 19, 20, 21, 22.

На цилиндрической поверхности подвижной распределительной втулки 11 образованы одна кольцевая канавка 29 и две группы продольных каналов 30, 31, выполненных диаметрально противоположными и смещенными по оси, и углу на 180° . Продольные каналы 30, 31 образованы в зонах сегментных пазов 17, 19 и 21, 23. На цилиндрической поверхности подвижной распределительной втулки 12 образованы одна кольцевая

канавка 32 и две группы продольных каналов 33, 34, выполненных диаметрально противоположными и смещенными по оси, и углу на 180° . Продольные каналы 33, 34 образованы в зонах сегментных пазов 18, 20 и 22, 24.

На цилиндрической поверхности ротора 13 образована одна кольцевая канавка 35, две группы продольных каналов 36, 37 – по два диаметрально противоположных канала в группе, смещенных по оси, и расположенных в зонах продольных каналов 30, 31. Полости продольных каналов 36 связаны с полостью кольцевой канавки 35. По оси ротора 13 образован продольный канал 38, полость которого связана с полостями продольных каналов 36, 37. На цилиндрической поверхности ротора 14 образована одна кольцевая канавка 39, две группы продольных каналов 40, 41 – по два диаметрально противоположных канала в группе, смещенных по оси, и расположенных в зонах продольных каналов 33, 34. Полости продольных каналов 40 связаны с полостью кольцевой канавки 39. По оси ротора 14 образован продольный канал 42, полость которого связана с полостями продольных каналов 40, 41. Кольцевые канавки 35, 39 образованы в зонах кольцевых канавок 29, 32 и связаны с ними радиальными каналами.

Всасывающая полость 6 связана каналом 43 с полостью кольцевой канавки 32 подвижной распределительной втулки 12. Напорная полость 7 связана каналом 44 с полостью кольцевой канавки 29 подвижной распределительной втулки 11.

При работе насоса шестеренного приводной вал 8 вращается от двигателя (не показан), и приводит во вращение шестерни 3, 4, роторы 13, 14. Во всасывающей полости 6 создается разрежение, а в напорной полости 7 – напор.

При исходном положении (условно) подвижных распределительных втулок 11, 12 магистраль гидросистемы, подключенная к каналу 27 является всасывающей, а магистраль, подключенная к каналу 28 – напорной.

Рабочая жидкость из магистрали гидросистемы по каналу 27 поступает в полость сегментного паза 18, и по каналу 25 в полость сегментного паза 24. Далее по продольным каналам 33, 34, 40, 41, 42, рабочая жидкость поступает в полости кольцевых канавок 39, 32, и по каналу 43 во всасывающую полость 6 шестеренного насоса 1. Из напорной полости 7 рабочая жидкость по каналу 44 поступает в полости кольцевых канавок 29, 35 и канала 38, далее по продольным каналам 36, 37, 30, 31 рабочая жидкость поступает в полости сегментных пазов 19, 21. Из полости сегментно-

го паза 19 рабочая жидкость поступает по каналу 28 в напорную магистраль гидросистемы. Из полости сегментного паза 21 рабочая жидкость поступает по каналу 26 в полости сегментных пазов 20, 19, и по каналу 28 в напорную магистраль гидросистемы.

В данном положении подвижных распределительных втулок 11, 12 обеспечивается максимальный эквивалентный объем насоса шестеренного и максимальная подача рабочей жидкости в напорную магистраль, подключенную к каналу 28.

При повороте подвижных распределительных втулок 11, 12 посредством автономного двигателя и червяка 16 на угол 90° , например, подвижная распределительная втулка 11 – по часовой стрелке от исходного положения, половина продольных каналов 30, 31 подвижной распределительной втулки 11 переместятся в зоны сегментных пазов 17, 23, а половина продольных каналов 30, 31 останется в зоне сегментных пазов 19, 21. Также, половина продольных каналов 33, 34 подвижной распределительной втулки 12 переместятся в зоны сегментных пазов 20, 22, а половина продольных каналов 33, 34 останется в зоне сегментных пазов 18, 24.

При постоянном вакууме в полостях продольных каналов 40, 42, 41, при повороте роторов 13, 14 на угол 90° от начала взаимодействия каналов 36, 37 и 40, 41 с продольными каналами 30, 31 и 33, 34, рабочая жидкость из полости сегментного паза 20 поступает через продольные каналы 33 подвижной распределительной втулки 12 в полости продольных каналов 40, 38 и кольцевой канавки 39 ротора 14, и в полость кольцевой канавки 29 подвижной распределительной втулки 12. Одновременно, из полости сегментного паза 22 рабочая жидкость поступает через продольные каналы 34 подвижной распределительной втулки 12 в полости продольных каналов 41, 42, кольцевых канавок 39, 32 подвижной распределительной втулки 12. При повороте ротора 14 на угол 90° рабочая жидкость во всасывающую полость 6 поступает из магистрали гидросистемы, подключенной к каналу 28. При дальнейшем повороте роторов 13, 14 на угол от 90° до 180° рабочая жидкость из полости сегментного паза 18 поступает через продольные каналы 33 подвижной распределительной втулки 12 в полости продольных каналов 40, 42, кольцевых канавок 39, 32 подвижной распределительной втулки 12. Одновременно, из полости сегментного паза 24 рабочая жидкость поступает через продольные каналы 34 подвижной распределительной втулки

12 в полости продольных каналов 41, 42, кольцевых канавок 39, 32 подвижной распределительной втулки 12. При повороте ротора 14 на угол от 90° до 180° рабочая жидкость во всасывающую полость 6 поступает из магистрали гидросистемы, подключенной к каналу 27.

При постоянном напоре в полостях продольных каналов 36, 38, 37, при повороте роторов 13, 14 на угол 90° от начала взаимодействия каналов 36, 37 и 40, 41 с продольными каналами 30, 31 и 33, 34 рабочая жидкость из полости продольного канала 36 через продольные каналы 30 поступает в полости сегментных пазов 17, 18. Одновременно рабочая жидкость из полости продольного канала 37 через продольные каналы 31 поступает в полости сегментных пазов 21, 22, и через канал 25 в полости сегментных пазов 17, 18. Из полостей сегментных пазов 17, 18 рабочая жидкость поступает через канал 27 в магистраль гидросистемы. При повороте ротора 13 на угол 90° рабочая жидкость из напорной полости 7 поступает в магистраль гидросистемы, подключенную к каналу 27. При дальнейшем повороте роторов 13, 14 на угол от 90° до 180° рабочая жидкость из полости продольного канала 36 через продольные каналы 30 поступает в полости сегментных пазов 19, 20. Одновременно рабочая жидкость из полости продольного канала 37 через продольные каналы 31 поступает в полости сегментных пазов 21, 22, и через канал 26 в полости сегментных пазов 20, 19. Из полостей сегментных пазов 19, 20 рабочая жидкость поступает через канал 28 в магистраль гидросистемы. При повороте ротора 13 на угол от 90° до 180° рабочая жидкость из напорной полости 7 поступает в магистраль гидросистемы, подключенную к каналу 28.

В данном положении подвижных распределительных втулок 11, 12 всасывание рабочей жидкости осуществляется периодически из магистралей гидросистемы, подключенных к каналам 28, 27, а нагнетание – в магистрали гидросистемы, подключенные к каналам 27, 28. Обеспечивается минимальный (нулевой) эквивалентный объем насоса шестеренного и минимальная (нулевая) подача рабочей жидкости в напорную магистраль. Насос 1 работает в режиме холостого хода.

При повороте подвижных распределительных втулок 11, 12 посредством автономного двигателя и червяка 16 на угол 180° , подвижная распределительная втулка 11 – по часовой стрелке от исходного положения, продольные каналы 30, 31 подвижной распределительной втулки 11 переместятся в зоны сегментных пазов 17, 23, а продоль-

ные каналы 33, 34 подвижной распределительной втулки 12 переместятся в зоны сегментных пазов 20, 22. При данном положении подвижных распределительных втулок 11, 12, магистраль гидросистемы, подключенная к каналу 28 является всасывающей, а магистраль, подключенная к каналу 27 – напорной.

Рабочая жидкость из магистрали гидросистемы по каналу 28 поступает в полость сегментного паза 20, и по каналу 26 в полость сегментного паза 22. Далее по продольным каналам 33, 34, 40, 41, 42, рабочая жидкость поступает в полости кольцевых канавок 39, 32, и по каналу 43 во всасывающую полость 6 шестеренного насоса 1. Из напорной полости 7 рабочая жидкость по каналу 44 поступает в полости кольцевых канавок 29, 35 и канала 38, далее по продольным каналам 36, 37, 30, 31 рабочая жидкость поступает в полости сегментных пазов 17, 23. Из полости сегментного паза 17 рабочая жидкость поступает по каналу 27 в напорную магистраль гидросистемы. Из полости сегментного паза 23 рабочая жидкость поступает по каналу 25 в полости сегментных пазов 17, 18, и по каналу 27 в напорную магистраль гидросистемы.

В данном положении подвижных распределительных втулок 11, 12 обеспечивается макси-

мальный эквивалентный объем насоса шестеренного и максимальная подача рабочей жидкости в напорную магистраль, подключенную к каналу 27. Поток рабочей жидкости насоса шестеренного реверсирован.

Изменяя положение подвижных распределительных втулок 11, 12 в диапазоне $0 \div 180^\circ$ посредством автономного двигателя и червяка 16 добиваемся плавного изменения эквивалентного объема насоса шестеренного и параметров подачи рабочей жидкости в напорную магистраль потребителя в диапазоне от нулевого до максимального значений и реверсирования потока рабочей жидкости насоса шестеренного.

Предлагаемые подходы к созданию шестеренных насосов регулируемых за счет изменения эквивалентного объема позволяют реализацию модульного принципа построения, состоящего в данном случае в том, что насос шестеренный постоянного объема 1 и распределительный модуль 2 производятся в отдельных корпусах, обеспеченных фланцами для соединения. Модульный подход позволит создавать типоразмерные ряды регулируемых насосов на базе типоразмерного ряда шестеренных насосов постоянного объема и типоразмерных рядов гидрораспределительных модулей предлагаемых конструкций.

Список литературы

1. Машины инженерного вооружения. Часть 4. Базовые изделия / Н.Г. Бородин [и др.]; под ред. Н.Г. Бородина. – Москва: Военное издательство, 1987 – 432 с.
2. Машины инженерного вооружения. Часть I. Общая характеристика. Машины для преодоления разрушений и механизации земляных работ / А.В. Ольшанский [и др.]; под ред. А.В. Ольшанского. – М.: Военное издательство, 1986 – 422 с.
3. Снижение материалоемкости приводов рабочего оборудования траншейно-котлованной машины / А.Я. Котлобай [и др.] // Инженер-механик. – 2017. №1 (74). – С. 10–17.
4. Котлобай, А.А. Направления снижения материалоемкости приводов оборудования дорожно-строительных машин / А.А. Котлобай // Автомобильные дороги и мосты. – 2019. №1 (23). – С. 72–83.
5. Котлобай, А.Я. Модульное построение насосов гидравлических приводов инженерных машин / А.Я. Котлобай [и др.] // Инженер-механик. – 2018. №4 (81). – С. 12–18.
6. Котлобай, А.Я. Модернизация шестеренных насосов приводов оборудования инженерных машин / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай // Инженер-механик. – 2019. №4 (85). – С. 17–20.
7. Насос шестеренный: пат. 12158 U, Республика Беларусь, МПК F 15B 11/00 (2006.01) / А.И. Герасимюк, С.И. Воробьев, Д.И. Кузнецов, А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай; заявители: А.И. Герасимюк, С.И. Воробьев, Д.И. Кузнецов, А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай (BY). – № u 20190068; заявл. 2019.03.21; опубл. 2019.12.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2019. – № 6.
8. Насос шестеренный: пат. 12072 U, Республика Беларусь, МПК F 15B 11/00 (2006.01) / А.И. Герасимюк, С.И. Воробьев, Е.А. Есмантович, А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай; заявители: А.И. Герасимюк, С.И. Воробьев, Е.А. Есмантович, А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай (BY). – № u 20190067; заявл. 2019.03.21; опубл. 2019.08.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2019. – № 4.