

УДК 69.05–82–229.384

**Модернизация инженерной техники
на основе унификации гидравлической системы**

Котлобай А. Я., Журавлев В. В., Миронов Д. Н.

Белорусский национальный технический университет

На вооружении в частях и соединениях инженерных войск Вооруженных Сил Беларуси находится военно-инженерная техника: путепрокладчики, траншейные машины, котлованные машины, универсальные землеройные машины, экскаваторы одноковшовые. В целом военно-инженерная техника соответствует своему предназначению и применение ее в современных условиях актуально и сегодня. Но вместе с тем, одной из основных проблем в вопросах эксплуатации этой техники является ее содержание, обслуживание и ремонт. Это обусловлено, в первую очередь, отсутствием запасных частей, и агрегатов.

Анализ парка военно-инженерной техники современных развитых стран (США, Великобритания, Германия, Италия, Франция) показывает однозначное стремление военных ведомств этих стран размещать военно-технические заказы на предприятиях национальных военно-промышленных комплексов. Даже при наличии единых стандартов военно-политических блоков страны стремятся производить максимальное число образцов техники и вооружения. Эти подходы позволяют организовать большое количество рабочих мест, повысить благосостояние собственного населения.

Модернизация военно-инженерной техники может проводиться по ряду направлений на базе промышленных предприятий транспортного машиностроения, тракторостроения Республики Беларусь. Техническая

модернизация военно-инженерной техники, наряду с разработкой вооружения, является основой повышения боеспособности частей и соединений родов войск.

Направления модернизации парка военно-инженерной техники

На предприятиях военно-промышленного комплекса Республики Беларусь наряду с разработкой новых систем вооружений проводится работа по модернизации образцов техники, стоящей на вооружении.

Модернизация парка военно-инженерной техники проводится в рамках реализации трех основных направлений.

Первое направление модернизации парка военно-инженерной техники предполагает создание гаммы принципиально новых машин инженерного вооружения на основе известных технологий боевого применения с использованием иных базовых шасси, изменения типоразмерного ряда параметров рабочего оборудования в соответствии с современными методами решения боевых задач. Комплект рабочего оборудования может дополняться новыми образцами, исходя из необходимости решения ряда современных задач. Создается гамма новых машин, отличающихся массой, производительностью, стоимостью и иными характеристиками.

Второе направление модернизации парка военно-инженерной техники предполагает переустановку рабочего оборудования на серийно выпускаемые тягово-транспортные шасси. В рамках данного направления проводится коренная модернизация систем приводов рабочих органов. Предпочтение следует отдавать гидрообъемным передачам на основе современной элементной базы гидравлической аппаратуры. Рабочие органы военно-инженерной техники не требуют радикальной переработки, поскольку инженерные решения, заложенные в конструкции машин, актуальны и на современном этапе.

В рамках *третьего направления* парка военно-инженерной техники производится модернизация существующих образцов техники, находящейся на вооружении. Модернизации могут подвергаться системы приводов рабочего оборудования, управления, навигации. Машины инженерного вооружения многофункциональны на базовом шасси устанавливается ряд рабочих органов, решающих разнообразные задачи инженерного обеспечения боя. При формировании систем отбора мощности двигателя на привод рабочих органов военно-инженерной техники предпочтение отдавалось использованию сложных механических систем при наличии относительно небольшой гаммы гидравлической аппаратуры. Насосные агрегаты, применяемые на данных изделиях, состоят из нескольких насосов, приводимых одновременно от раздаточной коробки, созданной специально для данного изделия. Так, например, насосная установка инженерной машины разграждения ИМР-2М включает шесть насосов, а насосная установка путеукладчика БАТ-2 – четыре насоса. Часть насосов постоянно работает в режиме холостого хода, поскольку машина оснащена рабочим оборудованием различного назначения, и совместная работа рабочих органов исключена. Система приводов насосов отличается большими габаритами, что уменьшает полезное пространство машины. В случае поломки элементов такой раздаточной коробки, гидравлических аппаратов, выпуск которых прекращен, ремонт систем отбора мощности двигателя на привод рабочих органов существенно усложняется из-за малого числа изделий и отсутствия запасных частей. Кроме того, создание такой раздаточной коробки требует наличия специализированного механосборочного производства высокого технологического уровня.

На современном этапе модернизация существующих и создание современных систем гидравлических приводов рабочего оборудования

машин инженерного вооружения может развиваться в направлении формирования моноагрегатных насосных установок на базе современных насосов регулируемого объема, обеспечивающих необходимый уровень подачи рабочей жидкости для эффективной работы данного оборудования.

Производимые насосы различаются по конструкции, материалоемкости, стоимости. В системах отбора мощности военной инженерной техники на привод рабочего оборудования широкое применение получили насосы шестеренные постоянного объема. Сравнительный анализ материалоемкости и стоимости насосов различных типов по критериям удельной массы и стоимости показал минимальные значения предлагаемых критериев у шестеренных насосов постоянного объема.

Авторами рассмотрены варианты модернизации систем приводов рабочего оборудования на базе совершенствования насосной установки на примере инженерной машины разграждения.

Авторами предложен модульный принцип формирования унифицированных насосных установок на базе шестеренных насосов постоянного объема и унифицированных гидрораспределительных модулей, обеспечивающих возможность регулирования эквивалентного рабочего объема насосной установки.

Инженерная машина разграждения

Инженерная машина разграждения ИМР-2М предназначена для выполнения работ, обеспечивающих продвижение войск через зоны разрушений при инженерном обеспечении боевых действий войск. Машина ИМР-2М состоит из гусеничного шасси и рабочего оборудования, которое приводится в действие гидроприводом, пневмо- и электрооборудованием. Рассмотрим направления модернизации

гидравлических приводов рабочих органов инженерной машины разграждения ИМР-2М.

Насосная установка гидропривода предназначена для питания гидросистемы рабочей жидкостью и включает в себя шесть насосов НШ-46У или НШ-50А-2, установленных на картере редуктора привода насосов. Одним из направлений модернизации системы приводов рабочих органов инженерной машины разграждения является применение моноагрегатной насосной установки, состоящей из трех шестеренных насосов с приводом от одного вала: моноагрегат – группа 4+4+3 необходимой комплектации объемом (150+100+50 см³). Секция насоса объемом 150 см³ обеспечивает работу приводов бульдозерного оборудования и колесно минного траля, механизма укладки и поворота башни; секция насоса объемом 100 см³ – стрелового оборудования с приводов подъема и выдвижения стрелы и привода подъема захвата; секция насоса объемом 50 см³ – оборудования манипулятора с приводом клещей захвата и поворота захвата. Насосный агрегат может быть произведен предприятиями РБ. Такой подход позволит отказаться от применения материалоемкого редуктора привода насосов при полном сохранении функциональности системы приводов рабочего оборудования и состава гидравлического оборудования, формирующего гидросистему.

Более глубокой модернизацией системы приводов рабочих органов инженерной машины разграждения является применение насосной установки на базе одного насоса регулируемого объема. Использование одного насоса упростит привод рабочих органов инженерной машины разграждения и позволит поддерживать оптимальный режим работы при изменении условий нагружения рабочих органов. Авторами рекомендована насосная установка 1 (рисунк 1) производства ОАО «Пневмостроймашина», состоящая из аксиально-поршневого насоса 2

марки 313.3.160, номинальным объемом 160 см^3 и минимальным (0–40) см^3 и баком 3. Управление производится гидрораспределителем 4 и блоком управления 5. В блоке управления 5 насоса 2 заложена информация о режиме работы насоса при использовании всех рабочих органов, и при включении необходимой позиции каждого гидрораспределителя. Система управления насосом 2 обеспечивает его работу в оптимальном режиме.

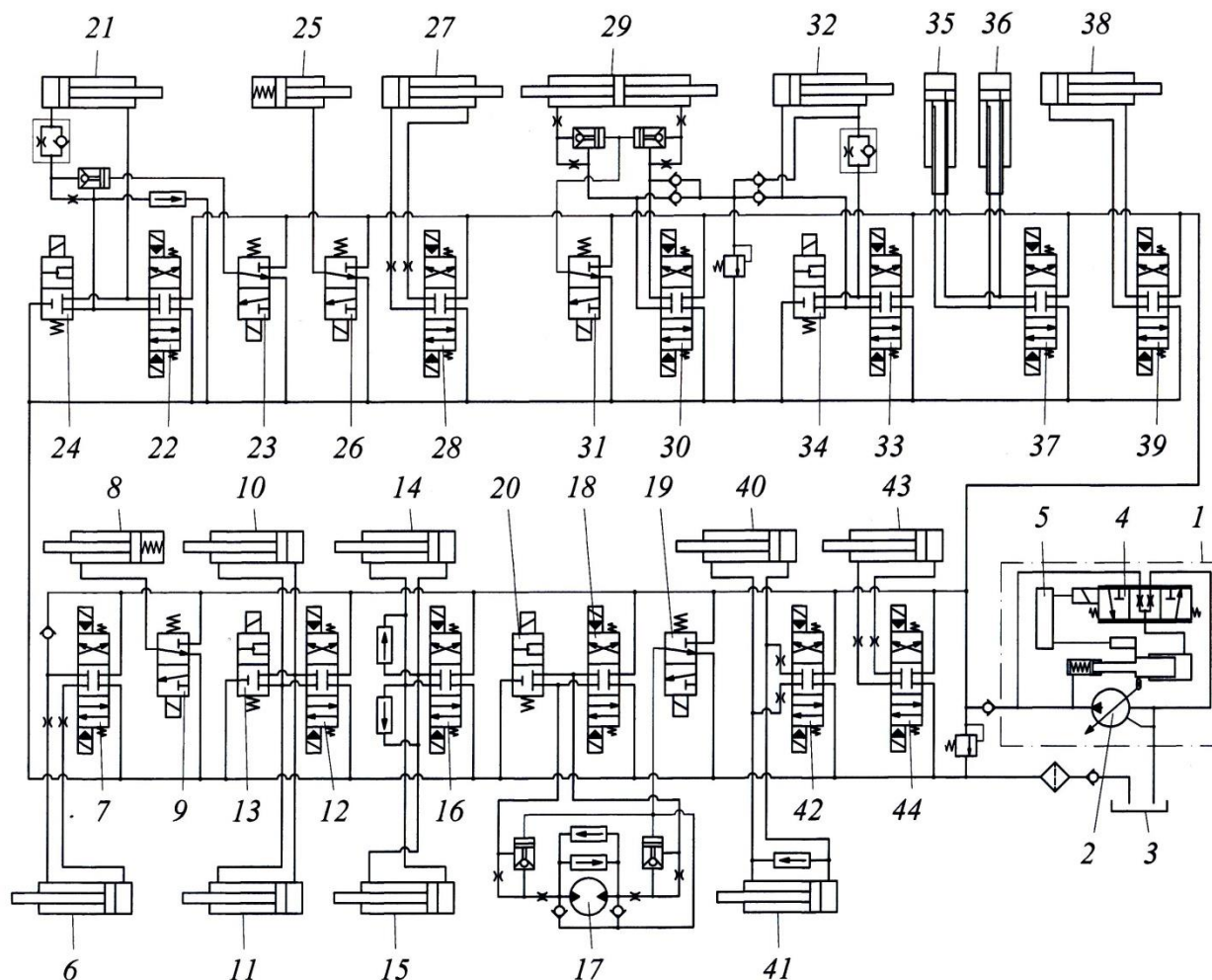


Рисунок 1 – Принципиальная схема модернизированного гидропривода инженерной машины разграждения: 1 – насосная установка; 2 – насос; 3 – бак; 4, 7, 12, 16, 18, 20, 22, 24, 28, 30, 34, 37, 39, 42, 44 – гидрораспределитель; 5 – блок управления; 6, 8, 10, 11, 14, 15, 21, 25, 27, 29, 32, 35, 36, 38, 40, 41 – гидроцилиндр; 9, 19, 23, 26, 31 – электромагнитный кран; 17 – гидромотор.

Гидросистема инженерной машины разграждения обеспечивает управление:

– бульдозерным оборудованием: перевод отвала бульдозера в транспортное и полу транспортное положение гидроцилиндром 6, управляемым гидрораспределителем 7, и стопорение отвала бульдозера в транспортном положении гидроцилиндром 8, управляемым электромагнитным краном 9; позиционирование отвала бульдозера гидроцилиндрами 10, 11, управляемыми гидрораспределителем 12 и перевод отвала в плавающее положение гидрораспределителем 13; перекоп отвала бульдозера гидроцилиндрами 14, 15, управляемыми гидрораспределителем 16;

– башней стрелового оборудования: поворот башни гидромотором 17, управляемым гидрораспределителем 18 и электромагнитным краном 19, перевод башни в плавающее положение гидрораспределителем 20;

– стреловым оборудованием: позиционирование стрелы гидроцилиндром 21, управляемым гидрораспределителем 22 и электромагнитным краном 23, перевод стрелы в плавающее положение гидрораспределителем 24, стопорение стрелы гидроцилиндром 25, управляемым электромагнитным краном 26; позиционирование стойки стрелы гидроцилиндром 27, управляемым гидрораспределителем 28; выдвижение, втягивание стрелы гидроцилиндром 29, управляемым гидрораспределителем 30 и электромагнитным краном 31;

– захватом стрелы: позиционирование захвата стрелы гидроцилиндром 32, управляемым гидрораспределителем 33 и перевод захвата стрелы в плавающее положение гидрораспределителем 34; поворот захвата стрелы гидроцилиндрами 35, 36, управляемыми гидрораспределителем 37; раскрытие, закрытие захвата стрелы гидроцилиндром 38, управляемым гидрораспределителем 39;

– колейно-минным тралом: перевод колейно-минного трала из походного положения в пред рабочее и обратно гидроцилиндрами 40, 41, управляемым гидрораспределителем 42;

– выдача скребка-рыхлителя механизма укладки гидроцилиндром 43, управляемым гидрораспределителем 44.

Предлагаемая модернизация инженерной машины разграждения посредством применения насоса регулируемого объема в составе системы приводов рабочего оборудования позволит:

– исключить из состава системы приводов редуктор привода насосов и применить один насос регулируемого объема вместо шести насосов постоянного объема;

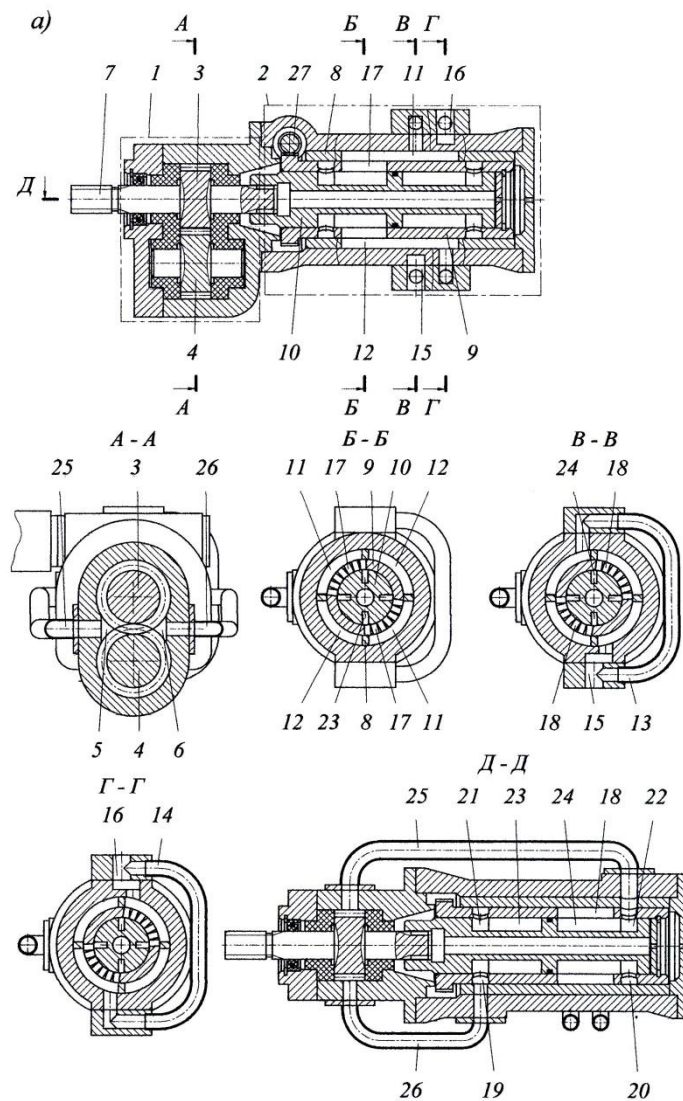
– автоматически изменять режим работы насоса и рабочего оборудования при изменении внешних условий, обеспечивая максимальную производительность при выполнении основных технологических операций.

Насосы шестеренные регулируемого эквивалентного рабочего объема

При проектировании насосных установок систем приводов рабочего оборудования военной инженерной техники, в том числе инженерной машины разграждения, следует отдавать предпочтение насосам шестеренным, характеризующимся минимальными значениями конструктивной материалоемкости и удельной стоимости. Применение насосов шестеренных в системах отбора мощности на привод рабочего оборудования с автоматическим обеспечением оптимальных режимов работы насосных установок ограничено отсутствием технических возможностей регулирования объема насоса шестеренного. Также, ограничиваются возможности модернизации гидравлических систем отбора мощности на привод рабочего оборудования военной инженерной

техники посредством замены много насосной установки в составе нескольких насосов и редуктора привода одним универсальным насосом шестеренным регулируемого рабочего объема.

В рамках поиска направлений модернизации военной инженерной техники на основе унификации гидравлических систем отбора мощности силовой установки на привод рабочего оборудования авторы рассмотрели возможность модульного построения насосов шестеренных регулируемого эквивалентного рабочего объема на базе шестеренного насоса постоянного объема и легко монтируемых гидрораспределительных модулей (рисунк 2), каждый из которых реализует заданный алгоритм регулирования эквивалентного рабочего объема.



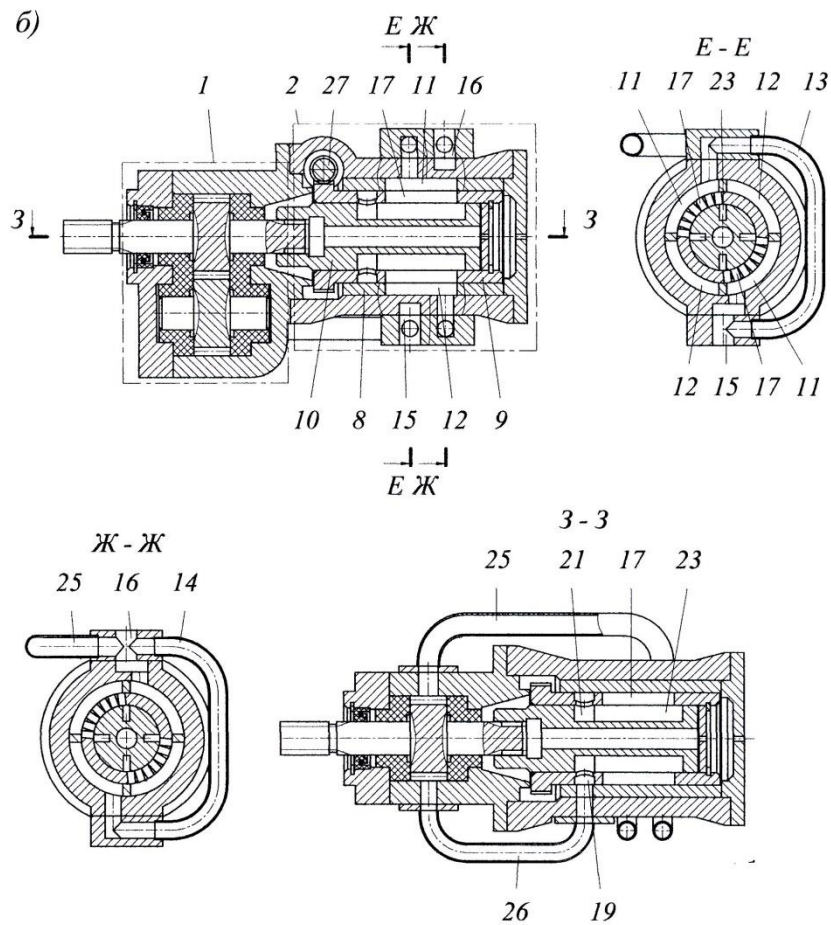


Рисунок 2 – Насос шестеренный регулируемого эквивалентного рабочего объема, а – реверсирующий поток рабочей жидкости;
 б – не реверсирующий поток рабочей жидкости; 1 – шестеренный насос постоянного объема; 2 – гидрораспределительный модуль; 3, 4 – шестерня;
 5 – всасывающая полость; 6 – напорная полость; 7 – приводной вал;
 8 – неподвижная распределительная втулка; 9 – подвижная распределительная втулка с червячным колесом привода; 10 – ротор;
 11, 12 – сегментный паз; 13, 14, 25, 26 – трубопровод; 15, 16 – канал;
 17, 18 – продольный канал; 19, 20, 21, 22 – кольцевая канавка;
 23, 24 – продольный канал; 27 – червяк

При разработке основных концепций формирования гидрораспределительных модулей авторами предложен мало энергоемкий способ регулирования эквивалентного рабочего объема насоса. Гидрораспределительный модуль обеспечивает: в насосе однопоточном реверсируемом, позволяющем работу в закрытом контуре, применяемом в системах приводов ходового и рабочего оборудования – дискретизацию потоков рабочей жидкости всасывающей и напорной магистралей и перераспределение потоков между магистральями (см. *рисунок 2, а*); в насосе однопоточном не реверсируемом, позволяющем работу в открытом контуре, применяемом в системах приводов рабочего оборудования – дискретизацию потока рабочей жидкости напорной магистрали и перераспределение потока между напорной магистралью и баком (см. *рисунок 2, б*).

При работе насоса шестеренного приводной вал 7 вращается от двигателя (не показан), и приводит во вращение шестерни 3, 4, ротор 10 гидрораспределительного модуля 2. Во всасывающей полости 5, трубопроводе 25, кольцевых канавках 20, 22, продольных каналах 24 создается разрежение, а в напорной полости 6, трубопроводе 26, кольцевых канавках 19, 21, продольных каналах 23 – напор.

При исходном положении (условно) подвижной распределительной втулки 9 гидрораспределительного модуля 2 насоса шестеренного, работающего в закрытом контуре (см. *рисунок 2, а*), магистраль гидросистемы, подключенная к каналу 16 является всасывающей, а магистраль, подключенная к каналу 15 – напорной. Рабочая жидкость из магистрали гидросистемы по каналу 16, трубопроводу 14 поступает в полости сегментных пазов 12. Далее по продольным каналам 18, 24 рабочая жидкость поступает в полости кольцевых канавок 22, 20, и по трубопроводу 25 во всасывающую полость 5 шестеренного насоса

постоянного объема *1*. Из напорной полости *б* рабочая жидкость по трубопроводу *26* поступает в полости кольцевых канавок *19, 21*, далее по продольным каналам *23, 17* в полости сегментных пазов *11*, и по трубопроводу *13*, каналу *15* в напорную магистраль гидросистемы. В данном положении подвижной распределительной втулки *9* обеспечивается максимальный эквивалентный объем насоса шестеренного и максимальная подача рабочей жидкости в напорную магистраль, подключенную к каналу *15*.

При повороте подвижной распределительной втулки *9* посредством автономного двигателя и червяка *27*, взаимодействующего с червячным колесом подвижной втулки *9*, на угол 45° , например, по часовой стрелке от исходного положения, половина продольных каналов *17* переместятся в зоны сегментных пазов *12* неподвижной распределительной втулки *8*, а половина продольных каналов *17* останется в зоне сегментных пазов *11*. Также, половина продольных каналов *18* переместятся в зоны сегментных пазов *11*, а половина продольных каналов *18* останется в зоне сегментных пазов *12*. При повороте ротора *10* в процессе работы на угол $0^\circ - 45^\circ$, и далее, на угол $45^\circ - 90^\circ$ от начала взаимодействия двух пар каналов *24, 23* с продольными каналами *18, 17* всасывание рабочей жидкости осуществляется последовательно из магистралей гидросистемы, подключенных к каналам *16, 15*, а нагнетание рабочей жидкости последовательно в магистрали гидросистемы, подключенные к каналам *15, 16*. В данном положении подвижной распределительной втулки *9* суммарно движения рабочей жидкости в магистралях гидросистемы, подключенных к каналам *15, 16* нет. Обеспечивается нулевой эквивалентный объем насоса шестеренного и нулевая подача рабочей жидкости в напорную магистраль.

При последующем повороте подвижной распределительной втулки 9 на угол 90° по часовой стрелке от исходного положения продольные каналы 17, 18 переместятся в зоны сегментных пазов 12, 11. В данном положении подвижной распределительной втулки 9, магистраль гидросистемы, подключенная к каналу 15 является всасывающей, а магистраль, подключенная к каналу 16 – напорной. В данном положении подвижной распределительной втулки 9 обеспечивается максимальный эквивалентный объем насоса шестеренного и максимальная подача рабочей жидкости в напорную магистраль, подключенную к каналу 16. Поток рабочей жидкости реверсирован.

Выполнение продольных каналов 17, 18 в группах диаметрально противоположными определяет диапазон поворота подвижной распределительной втулки 9 при изменении эквивалентного объема от максимального до нулевого значений и реверсирования потока рабочей жидкости – 90° . При дальнейшем повороте подвижной распределительной втулки 9 гидрораспределительный модуль 2 возвращается в исходное положение.

При исходном положении (условно) подвижной распределительной втулки 9 гидрораспределительного модуля 2 насоса шестеренного, работающего в открытом контуре (см. рисунок 2, б), рабочая жидкость из магистрали гидросистемы по каналу 16 поступает в полости сегментных пазов 12, запертые в данном положении подвижной распределительной втулки 9, и по трубопроводу 25 – во всасывающую полость 5 шестеренного насоса 1. Из напорной полости 6 рабочая жидкость по трубопроводу 26 поступает в полости кольцевых канавок 19, 21, далее по продольным каналам 23, 17 в полости сегментных пазов 11, и по каналу 15, трубопроводу 13 в напорную магистраль гидросистемы. В данном положении подвижной распределительной втулки 9 обеспечивается

максимальный эквивалентный объем насоса шестеренного и максимальная подача рабочей жидкости в напорную магистраль, подключенную к каналу 15.

При повороте подвижной распределительной втулки 9 на угол 45° , и ротора 10 в процессе работы на угол $0^\circ - 45^\circ$ от начала взаимодействия двух каналов 23 с продольными каналами 17 рабочая жидкость из всасывающей магистрали гидросистемы поступает по каналу 16, трубопроводу 25 во всасывающую полость 5. Из напорной полости 6 рабочая жидкость поступает в полости сегментных пазов 11 и по трубопроводу 13, каналу 15 в напорную магистраль гидросистемы. При дальнейшем повороте ротора 10 на угол $45^\circ - 90^\circ$ рабочая жидкость из напорной полости 6 поступает в полости сегментных пазов 12, и по каналу 16, трубопроводу 25 во всасывающую полость 5. Всасывание рабочей жидкости осуществляется последовательно из магистрали гидросистемы, подключенной к каналу 16 (условно половина оборота ротора 10) и из напорной полости 6 шестеренного насоса 1. Всасывания рабочей жидкости из напорной магистрали, подключенной к каналу 15 нет. Соответственно нагнетание рабочей жидкости осуществляется последовательно в магистрали гидросистемы, подключенные к каналам 15, 16. В данном положении подвижной распределительной втулки 9 обеспечивается эквивалентный объем насоса шестеренного равный половине конструктивного и подача рабочей жидкости в напорную магистраль, равная половине номинального значения.

При повороте подвижной распределительной втулки 9 на 90° поток рабочей жидкости из напорной полости 6 поступает в полости сегментных пазов 12 и по трубопроводам 14, 25 во всасывающую полость 5. В полости сегментных пазов 11 и напорную магистраль гидросистемы, подключенную к каналу 15, рабочая жидкость не поступает. Эквивалентный рабочий объем насоса шестеренного минимальный –

нулевой. Реверсирование потока рабочей жидкости в данном исполнении гидрораспределительного модуля 2 невозможно, поскольку канал 16 постоянно связан с всасывающей полостью 5.

При дальнейшем повороте подвижной распределительной втулки 9 каналы 17 возвращаются в зону сегментных пазов 11, и эквивалентный объем насоса шестеренного увеличивается до конструктивного значения.

Изменяя положение подвижной распределительной втулки 9 в диапазоне $0 \div 90^\circ$ посредством автономного двигателя и червяка 27 добиваемся плавного изменения эквивалентного объема насоса шестеренного и параметров подачи рабочей жидкости в напорную магистраль гидросистемы в диапазоне от нулевого до максимального значений, и, при усложнении конструкции распределительного модуля 2 – реверсирования потока рабочей жидкости насоса шестеренного.

Предлагаемые подходы к созданию шестеренных насосов переменного 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. Данное направление создания шестеренных насосов переменного эквивалентного объема не требует существенного пересмотра сложившихся технологий производства насосов.

Модульный подход позволит создавать унифицированные типоразмерные ряды регулируемых насосов на базе типоразмерного ряда шестеренных насосов постоянного объема и типоразмерных рядов гидрораспределительных модулей предлагаемых конструкций, обеспечит повышение уровня унификации насосных агрегатов гидравлических систем отбора мощности силовой установки на привод рабочего оборудования военно-инженерной техники.