

УДК 69.002.5-82

СНИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ ПРИВодОВ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ТРАНШЕЙНО-КОТЛОВАННОЙ МАШИНЫ

*А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, А.И. Герасимюк, В.Ф. Тамело, В.В. Грубеляс
Белорусский национальный технический университет*

В настоящее время одним из перспективных типов передач мощности от двигателя к рабочему оборудованию инженерных машин является объемный гидропривод рабочего оборудования. При реализации многомоторных приводов ведущие компании – производители гидравлической аппаратуры не уделяют внимания поиску новых принципов и развитию конструкций многопоточных насосных агрегатов, предпочитая выпуск материалоемких и дорогих многопоточных насосов, на базе освоенных в производстве однопоточных насосов.

Рассмотрим материалоемкость насосного агрегата – основной составляющей системы отбора мощности на привод рабочего оборудования на примере известных производителей гидравлической аппаратуры. Основным параметром насосного агрегата является его рабочий объем. Оценим материалоемкость насосного агрегата относительным параметром – удельной массой насосного агрегата:

$$m_{уд} = \frac{M_n}{q_n}, \quad m_{уд.ср.} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_{уд.i},$$

где $m_{уд}$ – удельная масса насосного агрегата, кг/м³; M_n – масса насосного агрегата без рабочей жидкости, кг; q_n – номинальный рабочий объем насосного агрегата, м³; i, n – номер и число анализируемых насосных агрегатов.

Анализ результатов расчета материалоемкости насосных агрегатов (таблица 1) показывает, что усложнение конструктивной схемы приводит к увеличению удельной массы. Так, удельная масса аксиально-поршневого насоса нерегулируемого типа 210, 310 выше удельной массы насоса нерегулируемого типа НШ на 82 %. Удельная масса аксиально-поршневого насоса регулируемого

типа 313 выше удельной массы насоса нерегулируемого типа 210, 310 на 28 %, и аналогично, увеличение удельной массы аксиально-поршневого насоса регулируемого типа 207 выше удельной массы насоса нерегулируемого типа 210, 310 на 90 %, что свидетельствует о рациональности конструктивной схемы насоса типа 313 по параметру материалоемкости. Разность значений удельной массы насосов регулируемого и нерегулируемого позволит оценить удельную массу систем регулирования и автоматики насоса. Удельная масса насосов регулируемых с наклонной шайбой типа 416 выше удельной массы насосов типа 313 на 67–89 %, что объясняется сложной системой управления насосом и наличием насоса подкачки для работы в закрытом контуре.

Многопоточные насосы, широко применяемые в системах приводов ходового и технологического оборудования инженерных машин, имеют различные параметры удельной массы, определяемые конструктивной схемой многопоточного насоса. Удельная масса двухпоточных насосов 223.20, 223.25, 321.224А, созданных на базе насосов типа 207 выше удельной массы насоса однопоточного типа 207 на 156 % (удельная масса приводов насосов 0,86), и удельная масса этих насосов выше удельной массы насоса типа 313 на 281 %. Удельная масса многопоточных насосов 323.20, 333.20, созданных на базе насосов типа 313 выше удельной массы однопоточных насосов типа 313 на 105 % (удельная масса приводов насосов 0,39). Анализ соотношения удельной массы насосов аксиально-поршневых регулируемых двухпоточных «BOCH-Rexroth» серии А8VO и однопоточных насосов серии 313 показал, что удельная масса двухпоточных насосов серии А8VO выше удельной массы насосов типа 313 на 51 %.

Материалоемкость насосных агрегатов

| Параметр | Насос нерегулируемый типа НШ | | | | | | | |
|---|--|----------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|-------|-------|-------|
| | 10У-3 | 16Г-3 | 32УК-3 | 50А-3 | 100А-3 | 250-4 | | |
| $q_n \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ | 10 | 16 | 32 | 50 | 100 | 250 | | |
| M_n , кг | 1,9 | 2,9 | 4,0 | 7,1 | 16,5 | 43,6 | | |
| $m_{y\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ | 0,19 | 0,18 | 0,13 | 0,14 | 0,17 | 0,17 | | |
| $m_{y\partial.c\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ | 0,16 | | | | | | | |
| Параметр | Насос аксиально-поршневой нерегулируемый | | | | | | | |
| | типа 210 | | | | типа 310 | | | |
| | 12 | 28 | 28 | 56 | 80 | 112 | 160 | 250 |
| $q_n \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ | 11,6 | 28,1 | 28,0 | 56,0 | 80,0 | 112,0 | 160,0 | 250,0 |
| M_n , кг | 4,0 | 8,1 | 9,0 | 17,0 | 19,2 | 29,0 | 45,0 | 65,0 |
| $m_{y\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ | 0,34 | 0,29 | 0,32 | 0,30 | 0,24 | 0,26 | 0,28 | 0,26 |
| $m_{y\partial.c\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ | 0,29 | | | | | | | |
| Параметр | Насос аксиально-поршневой регулируемый | | | | | | | |
| | типа 207 | типа 313 | | | | | | |
| | 55 | 55 | 56 | 107 | 112 | 160 | 250 | |
| $q_n \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ | 54,8 | 55,0 | 56,0 | 107,0 | 112,0 | 160,0 | 250,0 | |
| M_n , кг | 30,0 | 24,0 | 22,0 | 40,0 | 37,5 | 55,0 | 85,0 | |
| $m_{y\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ | 0,55 | 0,44 | 0,39 | 0,37 | 0,33 | 0,34 | 0,34 | |
| $m_{y\partial.c\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ | 0,55 | 0,37 | | | | | | |
| Параметр | Насос аксиально-поршневой регулируемый типа 416 | | | | | | | |
| | 028 | 071 | 090 | 0110 | 0125 | | | |
| $q_n \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ | 28 | 71 | 90 | 110 | 125 | | | |
| M_n , кг | 25 | 67 | 67 | 80 | 80 | | | |
| $m_{y\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ | 0,89 | 0,94 | 0,74 | 0,73 | 0,64 | | | |
| $m_{y\partial.c\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ | 0,92 | | | 0,70 | | | | |
| Параметр | Насос аксиально-поршневой регулируемый многопоточный | | | | | | | |
| | на базе насосов типа 207 | | | на базе насосов типа 313 | | | | |
| | 223.20 | 223.25 | 321.224А | 323.20 | 333.20 | | | |
| $q_n \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ | 54,8+54,8 | 107+107 | 112+112 | 56+56 | 56+56+28 | | | |
| M_n , кг | 162,0 | 320,0 | 280,0 | 90,0 | 100,0 | | | |
| $m_{y\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ | 1,48 | 1,50 | 1,25 | 0,80 | 0,71 | | | |
| $m_{y\partial.c\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ | 1,41 | | | 0,76 | | | | |
| Параметр | Насос аксиально-поршневой регулируемый двухпоточный «BOSCH-Rexroth» серия А8VO | | | | | | | |
| | 54,8+54,8 | 80+80 | 107+107 | 140+140 | 200+200 | | | |
| $q_n \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ | 54,8+54,8 | 80+80 | 107+107 | 140+140 | 200+200 | | | |
| M_n , кг | 82,0 | 90,0 | 116,0 | 146,0 | 180,0 | | | |
| $m_{y\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ | 0,75 | 0,56 | 0,54 | 0,52 | 0,45 | | | |
| $m_{y\partial.c\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ | 0,56 | | | | | | | |
| Параметр | Агрегат насосный многопоточный | | | | | | | |
| | 333.3.55. 100.220 | 333.3.55. 100.220 | 333.3.55. 100.220 | 333.3.55. 100.220 | 333.3.55. 100.220 | | | |
| $q_n \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ | 55+55+12 | 56+56+12 | 107+107+12 | 112+112 | 112+112 | | | |
| M_n , кг | 74,0 | 80,0 | 132,0 | 138,0 | 137,0 | | | |
| $m_{y\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ | 0,62 | 0,66 | 0,59 | 0,62 | 0,61 | | | |
| $m_{y\partial.c\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ | 0,62 | | | | | | | |

| Параметр | Тандемы насосов типа 426 | | | | |
|---|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 416.028+ +416.028 | 416.071+ 416.071 | 416.090+ 416.090 | 416.110+ 416.110 | 416.125+ 416.125 |
| $q_n, 10^{-6} \text{ м}^3$ | 28+28 | 71+71 | 90+90 | 110+110 | 125+125 |
| $M_n, \text{ кг}$ | 50 | 134 | 134 | 160 | 160 |
| $m_{y\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ | 0,89 | 0,94 | 0,74 | 0,73 | 0,64 |
| $m_{y\partial.c\text{p}}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ | 0,79 | | | | |

Удельная масса насосных агрегатов, созданных на базе насосов типа 313, выше удельной массы однопоточных насосов типа 313 на 68 % (удельная масса приводов насосов 0,25). Насосные агрегаты создавались в качестве альтернативы многопоточных насосов 223.20, 223.25, 321.224А.

Удельная масса тандемов насосов типа 426 не отличается от удельной массы насосов типа 416.

Рассмотрим связь материалоемкости насосного агрегата с рыночной стоимостью. За основу примем уровень цен насосных агрегатов, предлагаемых дилерской сетью производителей гидравлической аппаратуры России [1]. Оценим стоимость насосного агрегата – удельной стоимостью:

$$c_{y\partial} = \frac{C_n}{q_n}, \quad c_{y\partial.c\text{p}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{y\partial i},$$

где $c_{y\partial}$ – удельная стоимость насоса (насосного агрегата), RUR/м³; C_n – стоимость насоса (насосного агрегата) без рабочей жидкости, RUR.

Анализ результатов расчета (таблица 2) показывает, что усложнение конструктивной схемы насосного агрегата приводит к увеличению удельной стоимости. Удельная стоимость аксиально-поршневого насоса нерегулируемого типа 210, 310 выше удельной стоимости насоса типа НШ на 466 %. Удельная стоимость аксиально-поршневого насоса регулируемого типа 313 различна для насосов разного объема и превышает удельную стоимость насоса нерегулируемого типа 310 на 80,9 % (удельная стоимость системы управления и автоматики насоса составляет $333,6 \cdot 10^{-6}$ RUR/м³). Удельная стоимость насоса аксиально-поршневого регулируемого типа 416 выше удельной стоимости насоса регулируемого типа 313 на 9,6 %, при большей разности удельных масс насосов этих типов. Удельная стоимость двухпоточных насосов 223.25, 321.224А превышает удельную стоимость насосов однопоточных типа

313 данного объема на 40,8 %, и удельную стоимость двухпоточных насосных агрегатов УНА-1, УНА-5 на 1,8 %. Удельная стоимость двухпоточных насосных агрегатов УНА-1, УНА-5 превышает удельную стоимость насосов однопоточных типа 313 данного объема на 38,1% (удельная стоимость системы приводов насосов составляет $241,8 \cdot 10^{-6}$ RUR/м³). Удельная стоимость трехпоточных насосных агрегатов 333.3.55.100.220, УНА-4, 333.4.107.100.880 превышает удельную стоимость насосов однопоточных типа 313 данного объема на 88,0 % (удельная стоимость системы приводов насосов составляет $317,1 \cdot 10^{-6}$ RUR/м³), а также удельную стоимость двухпоточных насосных агрегатов УНА-1, УНА-5 на 36 %.

Поиск направлений снижения материалоемкости решается в рамках доработки каждой конкретной инженерной машины. На вооружении в частях инженерных войск используются полковая землеройная машина ПЗМ-2 (рис. 1) [2]. Полковая землеройная машина ПЗМ-2 (рис. 1) предназначена для отрывки котлованов и траншей при оборудовании позиций войск и пунктов управления. По своим тактико-техническим характеристикам ПЗМ-2 соответствует современному уровню решения боевых задач.

Основными частями ПЗМ-2 являются базовая машина (легкий колесный тягач Т-155-01) и

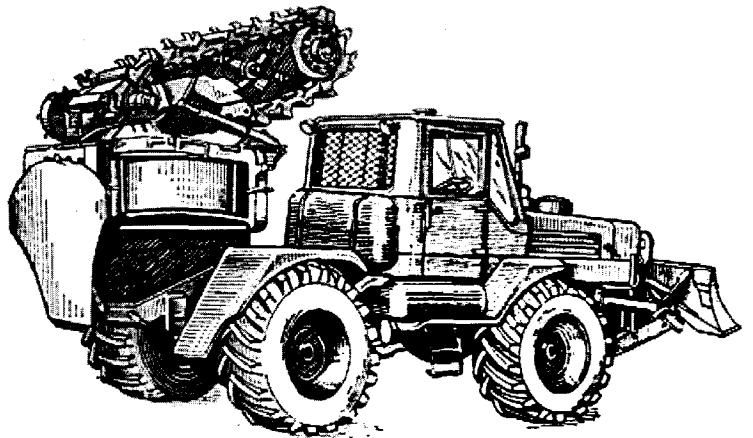


Рис. 1. Траншейно-котлованная машина ПЗМ-2

Таблица 2

Стоимость насосных агрегатов

| Параметр | Насос нерегулируемый типа НШ | | | | | |
|--|---|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|
| | 10У-3 | 16Г-3 | 32УК-3 | 50А-3 | 100А-3 | 250-4 |
| цена с НДС, RUR | 860 | 1388 | 1428 | 3243 | 5001 | 26124 |
| $c_{уд}$, 10^{-6} RUR/м ³ | 86,0 | 86,8 | 44,6 | 64,9 | 50,0 | 104,5 |
| $c_{уд.ср}$, 10^{-6} RUR/м ³ | 86,4 | | 53,2 | | | 104,5 |
| | 72,8 | | | | | |
| Параметр | Насос аксиально-поршневой нерегулируемый типа 310 | | | | | |
| | 28 | 56 | 80 | 112 | 160 | 250 |
| цена с НДС, RUR | 18585 | 17200 | 24520 | 26670 | 59991 | 82600 |
| $c_{уд}$, 10^{-6} RUR/м ³ | 663,8 | 362,4 | 361,7 | 281,0 | 374,9 | 330,4 |
| $c_{уд.ср}$, 10^{-6} RUR/м ³ | 663,8 | 342,1 | | | | |
| | 412,4 | | | | | |
| Параметр | Насос аксиально-поршневой регулируемый типа 313 | | | | | |
| | 55 | 56 | 107 | 112 | 160 | 250 |
| цена с НДС, RUR | 53808 | 53808 | 73455 | 73455 | 100064 | 142308 |
| $c_{уд}$, 10^{-6} RUR/м ³ | 978,2 | 960,9 | 686,5 | 655,8 | 625,4 | 569,2 |
| $c_{уд.ср}$, 10^{-6} RUR/м ³ | 970,0 | | 634,2 | | | |
| | 746,0 | | | | | |
| Параметр | Насос аксиально-поршневой регулируемый типа 416 | | | | | |
| | 028 | 071 | 090 | 0110 | 0125 | |
| цена с НДС, RUR | 33051 | 62776 | 69030 | 71626 | 75520 | |
| $c_{уд}$, 10^{-6} RUR/м ³ | 1180,4 | 884,2 | 767,0 | 651,1 | 604,2 | |
| $c_{уд.ср}$, 10^{-6} RUR/м ³ | 1180,4 | 726,6 | | | | |
| | 817,4 | | | | | |
| Параметр | Насос аксиально-поршневой регулируемый двухпоточный | | | | | |
| | 223.25 | | | 321.224А | | |
| цена с НДС, RUR | 195450 | | | 195450 | | |
| $c_{уд}$, 10^{-6} RUR/м ³ | 913,1 | | | 872,5 | | |
| $c_{уд.ср}$, 10^{-6} RUR/м ³ | 892,8 | | | | | |
| | Параметр | Агрегат насосный многопоточный | | | | |
| 333.3.55. 100.220 | | УНА-4: 333.3.56. 000.660 | 333.4.107. 100.880 | УНА-1: 323.4.112. 120.77 | УНА-5: 323.3.112. 020.77 | |
| цена с НДС, RUR | 159807 | 142225 | 253110 | 191962 | 200470 | |
| $c_{уд}$, 10^{-6} RUR/м ³ | 1309,9 | 1147,0 | 1120,0 | 857,0 | 895,0 | |
| $c_{уд.ср}$, 10^{-6} RUR/м ³ | 1192,3 | | | 876,0 | | |
| | 1065,8 | | | | | |

рабочее оборудование. В состав рабочего оборудования входят цепной рабочий орган, роторный метатель, тяговая лебедка, бульдозерное оборудование, дополнительная трансмиссия, гидравлическая, пневматическая и электрическая системы управления. Поддержание работоспособного состояния такой техники является сложной инженерной задачей из-за отсутствия запасных частей, производство которых прекращено. Финансовые ресурсы, обеспечивающие импорт военно-инженерной техники для механизации земляных работ в бюджет Республики Беларусь не закладываются.

В Республике Беларусь модернизация ПЗМ-2 предполагает создание новой траншейно-котлованной машины на базе доработанного по стандартам Вооруженных Сил Республики Беларусь трактора МоА3-49011, производства Могилевского автомобильного завода [3]. Трактор оснащен двигателем ЯМЗ-238Б, мощностью 220 кВт, его масса составляет 13500 кг.

На современном этапе при модернизации рабочего оборудования ПЗМ-2 важнейшим направлением является замена сложных и материалоёмких механических систем приводов рабо-

чего оборудования гидравлическими приводами. Рациональным является отказ от применения материалоемкой распределительной коробки и использование гидравлического привода цепного рабочего органа и роторного метателя, что позволит уменьшить массу рабочего оборудования и снизить стоимость изготовления, повысит надежность рабочего оборудования, исключая поломки элементов привода при динамическом увеличении нагрузки, упростит техническое обслуживание и ремонт траншейно-котлованной машины. При использовании базового тягача МоАЗ-49011 к ВОМ подключается насосная установка.

Гидросистемы траншейно-котлованной машины может быть реализована в открытом [4] и закрытом [5] контурах. Для гидравлического привода цепного рабочего органа и роторного метателя траншейно-котлованной машины, установленного на доработанном шасси двойного назначения с ограниченными габаритными возможностями, актуален закрытый контур (рис. 2), оснащенный системой охлаждения рабочей жидкости.

В рамках модернизации гидросистемы траншейно-котлованной машины [5] может быть предложена насосная установка, состоящая из регулируемого реверсируемого насоса 19 с наклонной шайбой серии 416 (416.0.110, 416.0.125), предназначенного для работы в закрытом контуре. Масса насоса 80 кг, потребляемая номинальная мощность соответственно 76,3 и 79,4 кВт. Следует учитывать, ограниченные габаритные возможности базовой машины по размещению агрегатов систем привода рабочего оборудования. В этой связи исходим из того, что должен использоваться один насос и делитель потока, обеспечивающие привод цепного рабочего органа и метателя грунта.

При работе траншейно-котлованной машины насосы 1, 19 и 23 включаются при неработающем двигателе.

Гидрораспределитель 7 обеспечивает управление гидроцилиндрами 3, 6 позиционирования отвала бульдозера.

При работе лебедкой ventиль 4 открывается. Поднимается отвал бульдозера в крайнее верхнее положение, и рабочая жидкость насоса 1 через ventиль 4 поступает в гидромотор 5, приводя во вращение барабан лебедки.

Перевод рабочего оборудования из транспортного положения в рабочее и обратно обеспечивается гидрораспределителем 9, управляющим гидроцилиндрами 10, 12. При подъеме и опускании рабочего оборудования ventиль 11 открыт. Для фиксации рабочего оборудования в транспортном положении ventиль 11 закрывается.

Для отрывки траншей гидрораспределитель 20 переводится в первую, либо третью позиции и рабочая жидкость насоса подпитки 23 подается в полости 21, 22 гидроцилиндра управления шайбой насоса 19. Рабочая жидкость насоса 19 поступает к делителю потока 24 [6], работающему в режиме деления потока, и подается к гидромоторам 25, 26 привода метателя и цепного рабочего органа через трехпозиционные гидрораспределители 27, 28. Рабочая жидкость, сливаемая из гидромоторов 25, 26 подается во всасывающую магистраль насоса 19. Утечки рабочей жидкости компенсируются насосом подпитки 23.

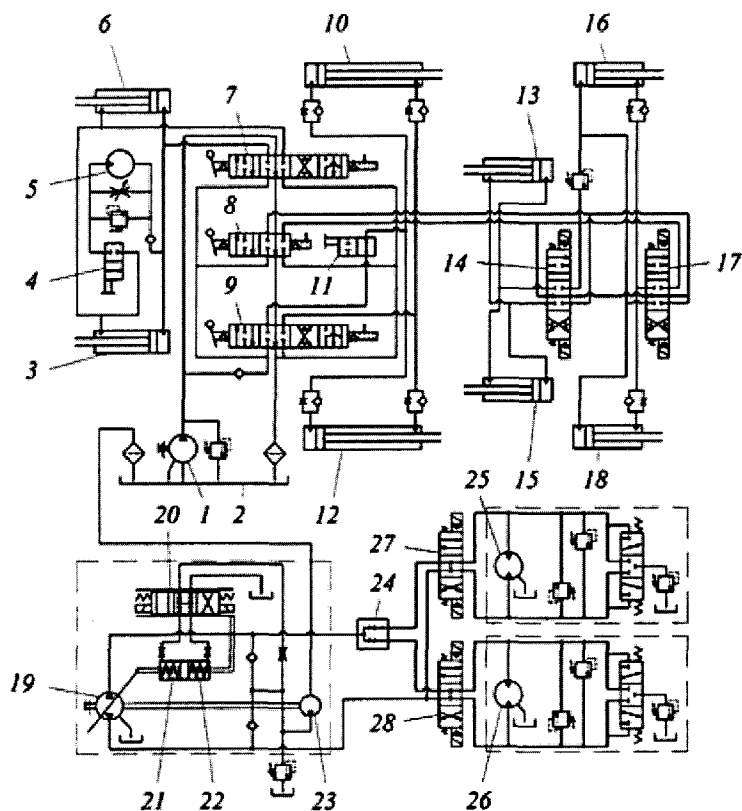


Рис. 2. Принципиальная схема гидропривода траншейно-котлованной машины:
 1, 19, 23 – насос; 2 – бак; 3, 6, 10, 12, 13, 15, 16, 18 – гидроцилиндр;
 4, 11 – ventиль; 5, 25, 26 – гидромотор;
 7, 8, 9, 14, 17, 20, 27, 28 – гидрораспределитель;
 21, 22 – рабочая полость; 24 – делитель – сумматор потока

При необходимости реверсирования цепного рабочего органа при возникновении внештатной ситуации, либо иной необходимости гидрораспределители 27, 28 переводятся в соответствующую позицию, обеспечивая реверсирование цепного рабочего органа, либо метателя.

Для работы цепного рабочего органа гидрораспределитель 8 переводится во вторую позицию, и рабочая жидкость насоса 1 поступает к трехпозиционным распределителям 14, 17, определяющим положение цепного рабочего органа. Позиционирование рабочего органа обеспечивается гидроцилиндрами 16, 18, управляемыми гидрораспределителем 17.

Качание цепного рабочего органа при отрыве котлованов осуществляется гидроцилиндрами 13, 15, управляемыми гидрораспределителем 14. Для работы в автоматическом режиме цепной рабочий орган оснащен концевыми выключателями, фиксирующими крайнее положение, на основании сигнала которых формируется управляющее воздействие. Также, заглубление рабочего органа гидроцилиндрами 16, 18 осуществляется в автоматическом режиме по достижении рабочим органом крайнего положения при качании.

Конструктивно делитель потока [6] может быть реализован в виде отдельного агрегата, устанавливаемого на корпус насоса с приводом ротора от приводного вала насоса, на фланец насоса в качестве промежуточного агрегата между механизмом привода и насосом серийного исполнения, либо устанавливаться на корпусе насоса, приспособленного для тандемирования. Наряду

с делителем потока, обеспечивающим заданные параметры потока по напорным магистралям гидромоторов привода цепного рабочего органа и метателя грунта, возможны конструктивные схемы [7], [8], обеспечивающие регулирование параметров потока рабочей жидкости по магистралям гидромоторов (рис. 3).

Делитель потока (рис. 3) включает ротор 1, установленный с возможностью поворота в подвижной распределительной втулке 2, установленной в свою очередь в неподвижной распределительной втулке 3, закрепленной в корпусе 4. В корпусе 4 двухпоточного делителя потока образованы три канала: 5 – подвода рабочей жидкости от насоса, и 6, 7 подключения магистралей потребителей (гидромоторов). На цилиндрической поверхности неподвижной распределительной втулки 3 образованы четыре диаметрально противоположных сегментных паз 8, 9, 10, 11. Полости диаметрально противоположных сегментных пазов 8 и 10, 9 и 11 связаны попарно и с каналами 6, 7 подключения двух напорных магистралей потребителей. На цилиндрической поверхности подвижной распределительной втулки 2 образованы две группы диаметрально противоположных продольных каналов 12, 13 с центральными углами 90°. В роторе 1 образован продольный канал 14, связанный с каналом 5 корпуса и четырьмя радиальными каналами 15, через продольные каналы 12, 13 подвижной распределительной втулки 2 с полостями сегментных пазов 8, 9, 10, 11 неподвижной распределительной втулки 3. Поворот подвижной рас-

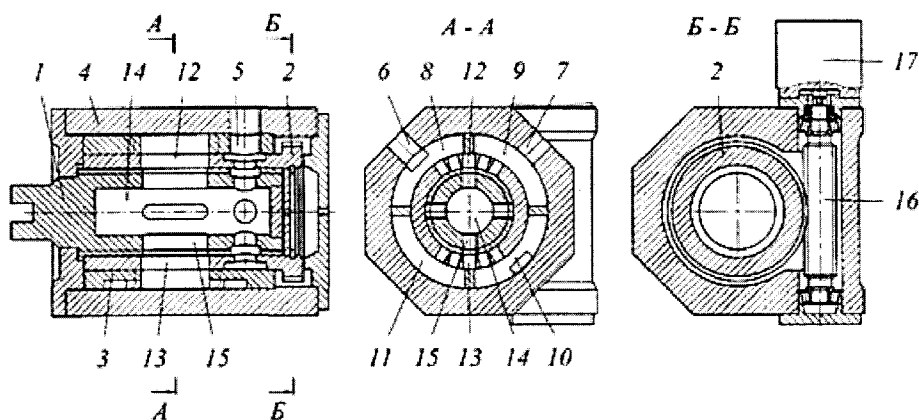


Рис. 3 – Конструктивная схема двухпоточного делителя потока с регулированием параметров потока рабочей жидкости по магистралям потребителей:

- 1 – ротор; 2 – подвижная распределительная втулка; 3 – неподвижная распределительная втулка;
- 4 – корпус; 5, 6, 7 – канал корпуса; 8, 9, 10, 11 – сегментный паз; 12, 13, 14 – продольный канал;
- 15 – радиальный канал; 16 – червяк; 17 – автономный двигатель

пределительной втулки 2, оснащенной зубчатым венцом червячного зацепления, осуществляется червяком 16, установленным в подшипниковых узлах корпуса 4, и приводимым во вращение автономным двигателем 17, на угол, изменяемый в диапазоне $\pm 45^\circ$.

В основу алгоритма регулирования параметров распределения потока рабочей жидкости по напорным магистралям двух потребителей (гидромоторов) положен способ дискретизации непрерывного потока рабочей жидкости, поступающей в полость продольного канала 14 ротора 1 через канал 5, дискретизации потока рабочей жидкости посредством каналов 15 ротора 1, продольных каналов 12, 13 подвижной распределительной втулки 2, и распределения дискретных объемов по полостям сегментных пазов 8, 9, 10, 11, и напорным магистралям потребителей, подключенным к каналам 6, 7. При повороте подвижной распределительной втулки 2 посредством червяка 16, приводимого автономным двигателем 17, меняется положение каналов 12, 13 относительно сегментных пазов 8, 9, 10, 11, определяющее эффективный объем насоса, подключенного в данную магистраль потребителей через каналы 6, 7 от нулевого до максимального значений, и параметры подачи рабочей жидкости в магистраль.

В начальном положении подвижной распределительной втулки 2 половина продольных каналов 12 находятся в полости сегментного паза 8, а половина в зоне сегментного паза 9. Аналогично, половина продольных каналов 13 находятся в полости сегментного паза 10, а половина в зоне сегментного паза 11. Сегментные пазы 8, 10 и 9, 11 связаны между собой попарно, и поток рабочей жидкости насоса, поступающий в ДГ по каналу 5 будет направлен в напорные магистрали потребителей, подключенные к каналам 6, 7. В данном положении подвижной распределительной втулки 2 ДГ обеспечит подключение в напорные магистрали двух потребителей насоса с эффективным объемом $0,5q$, м³ в магистраль каждого потребителя. При повороте подвижной распределительной втулки 2 по часовой стрелке, либо против, на 45° продольные каналы 12 переместятся в зону сегментного паза 9, либо 8, а продольные каналы 13 – в зону сегментного паза 11, либо 10. Сегментные пазы 9, 11 связаны между собой, и весь поток рабочей жидкости насоса, по-

ступающий в ДГ по каналу 5, будет направлен в напорную магистраль потребителя, подключенную к каналу 7, либо 6. В крайних положениях подвижной распределительной втулки 2 ДГ обеспечит подключение в напорную магистраль потребителя насоса с эффективным объемом q , м³.

Изменяя положение подвижной распределительной втулки 2 в диапазоне угла $0 \pm 45^\circ$ добиваемся плавного изменения эффективного объема насоса, подключенного в данную магистраль от нулевого до максимального значений.

Одним из возможных направлений снижения материалоемкости гидравлической системы привода рабочего оборудования траншейно-котлованной машины может быть создание и использование двухпоточного насосного агрегата, состоящего из однопоточного аксиально-поршневого насоса, например, типа 416, и делителя потока малой материалоемкости [6], с ротором, связанным с валом насоса. Так, может быть рекомендован двухпоточный насосный моноагрегат в составе насоса с наклонной шайбой серии 416 (416.0.110, либо 416.0.125) массой 67, либо 80 кг и делителя потока, разработанной конструктивной схемы [7], [8]. Экспертная оценка конструктивной схемы делителя потока показывает, что при его создании может быть использован технологический уровень производства шестеренных насосов. При этом, материалоемкость делителя потока данного объема прогнозируется на уровне материалоемкости шестеренного насоса. При удельной массе насоса типа НШ – $m_{cp.шд} = 0,16 \times 10^{-6}$ кг/м³ (таблица 1), масса делителя потока нерегулируемого для насоса 416.0.125 может составить 20 кг, а регулируемого – 25 кг. Соответственно стоимость делителя потока составит 9100–11400 RUR. Суммарная масса двухпоточного насосного моноагрегата в составе одного насоса серии 416.0.125 и делителя потока составит 100–105 кг, а его стоимость – 84600–87000 RUR.

Таким образом, предложены показатели материалоемкости и удельной стоимости многопоточного насосного агрегата системы приводов рабочего оборудования инженерной машины, позволяющие анализировать рациональность принимаемых технических решений насосных агрегатов. Определены направления снижения материалоемкости систем приводов рабочего оборудования траншейно-котлованной машины.

Список использованных источников

1. Прайс-лист ООО «Компания Драйв» Мобильная и промышленная гидравлика. – Екатеринбург. – Интернет ресурс «drive@r66.ru».
2. Ольшанский, А.В. Машины инженерного вооружения. Часть I. Общая характеристика. Машины для преодоления разрушений и механизации земляных работ: учебник для курсантов военных училищ инженерных войск / А.В. Ольшанский, Н.Ф. Федотов, Н.Г. Бородин, В.П. Трянин и др.; Под ред. А.В. Ольшанского. – М.: Военное издательство, 1986 – 422 с.
3. Котлобай, А.Я. Развитие и модернизация белорусско-российской военной инженерной техники / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, Ю.Ш. Юнусов, В.Ф. Тамело // Инженер-механик. – 2014. №4 (65). – С. 4–9.
4. Гидравлическая система землеройной машины: пат. 20084 С1 Респ. Беларусь, МПК F 16H 61/38 (2006.01), F 15B 21/00 (2006.01), F 02F 5/00 (2006.01) / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, Ю.Ш. Юнусов, В.Ф. Тамело; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № а 20121389; заявл. 2012.10.03; опубл. 2016.04.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2016. – № 2.
5. Гидравлическая система рабочего оборудования землеройной машины: пат. 9664 U Респ. Беларусь, МПК F 16H 61/44 (2006.01) / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело, С.В. Григоренко; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № u 20130401; заявл. 2013.05.08; опубл. 2013.10.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 5.
6. Коробкин, В.А. О перспективных направлениях создания гидравлических агрегатов приводов строительных и дорожных машин / В.А. Коробкин, А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело // Наука и техника. – 2012. № 6. – С. 71–76.
7. Котлобай, А. Я. Совершенствование насосов гидропривода рабочего оборудования инженерных машин / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело // Инженер-механик. – 2016. №3 (72). – С. 28–36.
8. Аксиально-поршневая гидромашина: пат. 11211 U Респ. Беларусь, МПК F 15B 11/22 (2006.01) / С.И. Воробьев, И.Ф. Чикун, Е.А. Есмантович, А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай; заявитель С.И. Воробьев, И.Ф. Чикун, Е.А. Есмантович, А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай. – № u 20160136; заявл. 2016.04.22; опубл. 2016.10.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2016. – № 5.