

УДК 623-9(0.75.8)

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗЕМЛЕРОЙНОЙ ТЕХНИКИ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

## BASIC WAYS OF MODERNISATION OF THE MILITARY EXCAVATION MACHINERY FOR THE REPUBLIC OF BELARUS' ARMED FORCES

**В. А. Коробкин,**

зам. генерального конструктора ОАО «Минский тракторный завод» — главный конструктор по спецтехнике,  
доктор техн. наук

**А. Я. Котлобай,**

доцент кафедры БНТУ, канд. техн. наук, доцент

**А. А. Котлобай,**

ст. преподаватель кафедры БНТУ

**В. Ф. Тамело,**

доцент кафедры БНТУ, канд. воен. наук, доцент

**V. Korobkin, A. Kotlobai, A. Kotlobai, V. Tamelo**

Дата поступления в редакцию — 02.09.2016 г.

В статье изложены основные направления модернизации систем приводов рабочего оборудования военно-инженерной техники, применения гидравлического привода рабочих органов, перевода систем приводов рабочего оборудования на современную элементную базу.

The article describes the basic directions of military engineering machines' labor bodies drive systems modernization is stated, in particular the application of hydraulic labor bodies drive systems and their adaptation to modern elemental base.

Применение землеройной техники, стоящей на вооружении инженерных войск Республики Беларусь, в современных условиях по-прежнему остается актуальным [1]. Заложенные в конструкции машин общетехнические характеристики обеспечивают выполнение стоящих перед инженерными войсками задач [2, 3], однако поддержание их работоспособного состояния в эксплуатации с каждым годом становится сложной инженерной задачей. Это объясняется тем, что

эти машины выпускались предприятиями различных регионов бывшего СССР малыми сериями. Кроме того, системы отбора мощности на привод рабочих органов были реализованы на базе сложных механических передач, производимыми только специализированными предприятиями военно-промышленного комплекса, гидрофицированные системы управления рабочими органами, созданы на устаревшей элементной базе гидравлической аппаратуры,

а также отсутствием запасных частей, производство которых прекращено по экономическим и политическим причинам.

В настоящее время нет четко сформулированных направлений совершенствования и модернизации военной инженерной землеройной техники Республики Беларусь, поэтому землеройная техника, не обеспеченная штатными запасными агрегатами и деталями, разукомплектовывается и в итоге ликвидируется. Парк военной инженерной землеройной техники при этом не пополняется. Это приводит к снижению обороноспособности Вооруженных Сил Республики Беларусь.

Основным направлением модернизации военной инженерной землеройной техники Республики Беларусь является переустановка технологического оборудования на серийно выпускаемые в Беларуси тягово-транспортные шасси, коренная переработка систем отбора мощности базовых шасси на привод рабочих органов, при этом предпочтение отдается гидрообъемным передачам на основе современной элементной базы гидравлической аппаратуры. Использование стандартных гидравлических агрегатов систем приводов вместо механических, выпускаемых малыми сериями,

позволит снизить трудозатраты при модернизации машин, техническом обслуживании и ремонте [4, 5]. Направления модернизации должны формироваться по каждой землеройной машине, исходя из ее конструктивной схемы.

Рассмотрим конструктивные особенности основных землеройных машин, стоящих на вооружении инженерных войск Республики Беларусь, и направления их модернизации.

Траншейная машина ТМК-2 (рис. 1) предназначена для отрывки траншей и ходов сообщений при инженерном оборудовании позиций войск [6]. Рабочий орган предназначен для разрушения, подъема и отвала грунта в бруствер по обе стороны траншеи. Рабочий орган роторный, бесшовный с режущими тубинговыми элементами. Бульдозерное оборудование предназначено для механизации земляных работ: подготовки трассы для отрывки траншей, подготовки путей движения по трассе, отрывки котлована при самоокапывании.

Траншейная машина БТМ-3 (рис. 2) предназначена для рытья траншей и ходов сообщений в грунтах I–IV категорий глубиной до 1,5 м прямоугольного и криволинейного очертания с отвалом грунта в бруствер по обе стороны траншеи.

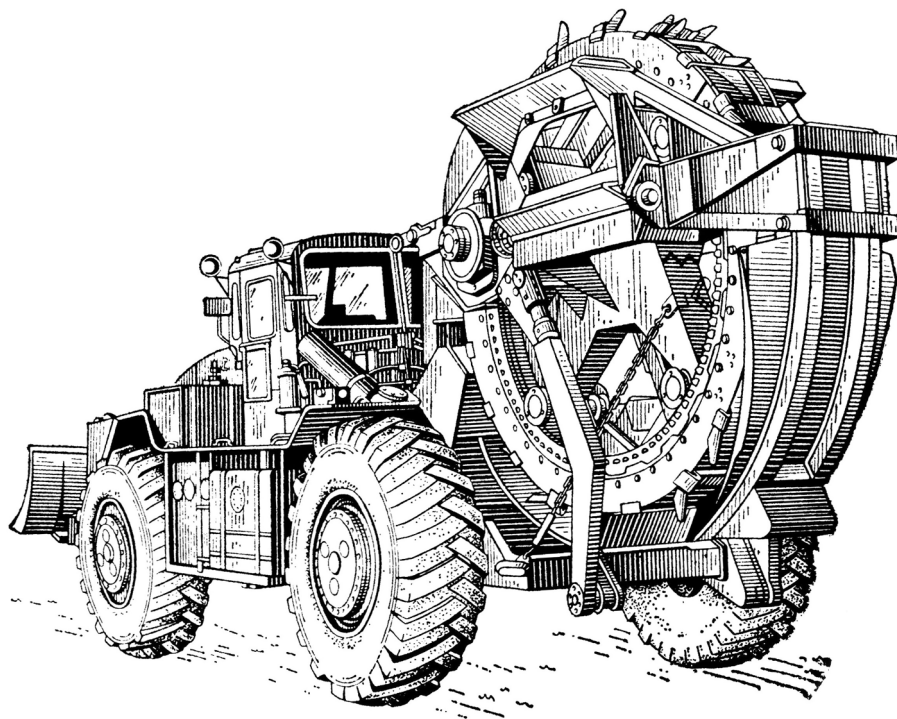


Рис. 1. Траншейная машина ТМК-2

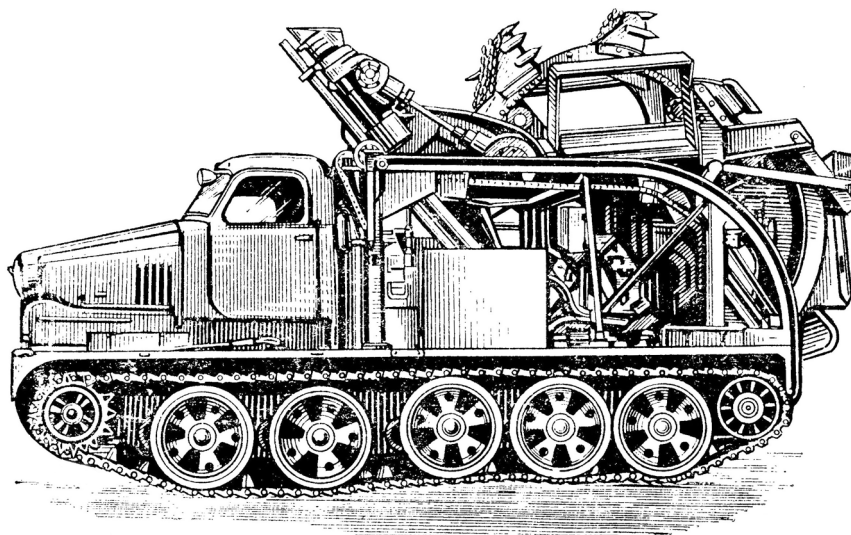


Рис. 2. Траншейная машина БТМ-3

Котлованные машины МДК-3 (рис. 3) и МДК-2М (рис. 4) предназначены для отрывки котлованов под фортификационные сооружения и укрытия для военной техники при инженерном оборудовании позиций войск. Рабочее оборудование котлованных машин включает рабочий орган фрезерного типа, трансмиссию для привода рабочего органа, бульдозерное оборудование, рыхлительное оборудование и систему позиционирования рабочего оборудования. Управление рабочим оборудованием осуществляется гидроцилиндрами.

При модернизации траншейной машины ТМК-2 (см. рис. 1), созданной на базе колесного

шасси, в качестве альтернативы колесному тягачу КЗКТ-538ДП, производство которого прекращено, может быть применена базовая машина универсальной инженерной землеройной машины МоА3-4092 производства Могилёвского автомобильного завода (рис. 5).

Сравнительные технические характеристики шасси представлены в табл. 1.

На современном этапе для модернизации землеройных машин, созданных на базе гусеничных шасси, предлагается модернизация только систем приводов и управления рабочим оборудованием. Так, для привода рабочего оборудования траншейных машин ТМК-2, БТМ-3, котлован-

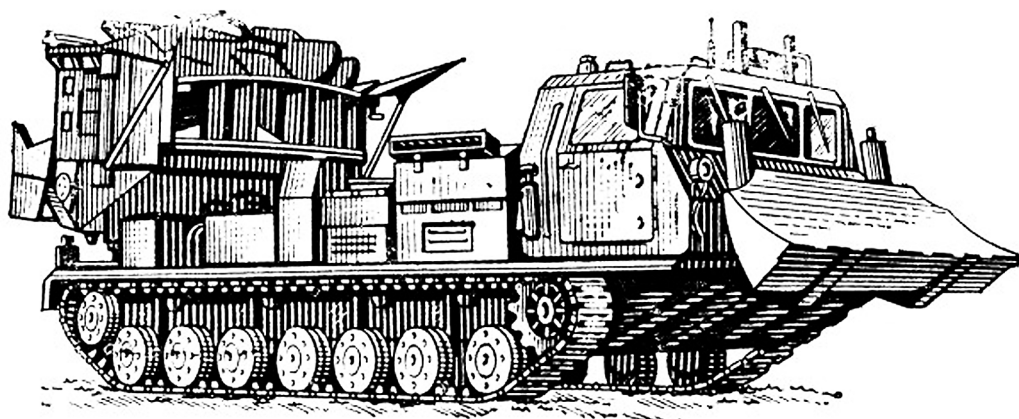


Рис. 3. Котлованная машина МДК-3

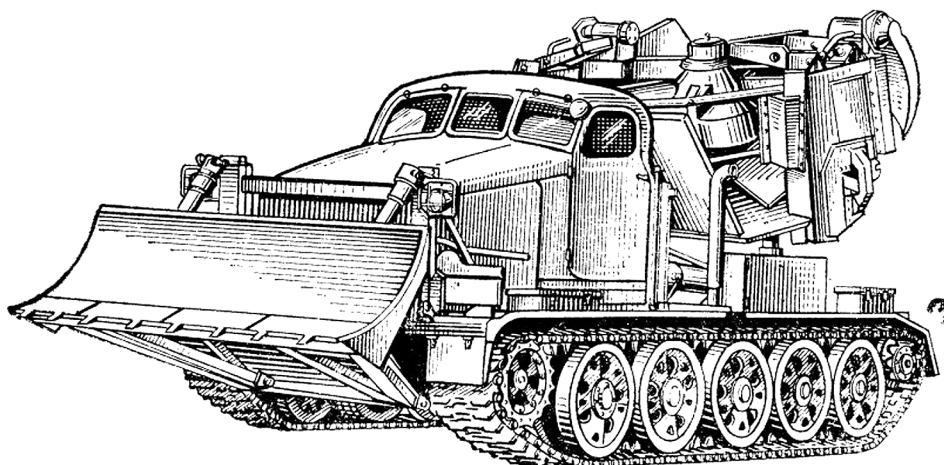


Рис. 4. Котлованная машина МДК-2М



Рис. 5. Универсальная инженерная землеройная машина МоА3-4082

Таблица 1

Технические характеристики базовых шасси землеройных машин

Техническая характеристика	Марка машины	
	КЗКТ-538ДП	МоА3-4082
Максимальная скорость, км/ч	45	40
Двигатель	Д-12А-375А	ЯМЗ-8481
Мощность двигателя, кВт	275	257
Трансмиссия	гидромеханическая	гидромеханическая

ных машин МДК-3 и МДК-2М, перспективным направлением является замена сложных и материалоемких механических приводов рабочего органа гидравлическими приводами, реализованными на современной элементной базе. Это позволит уменьшить массу рабочего оборудова-

ния и снизить стоимость изготовления, повысить надежность рабочего оборудования, исключить поломки элементов привода при динамическом увеличении нагрузки при выполнении земляных работ, упростить техническое обслуживание и ремонт траншейных и котлованных машин.

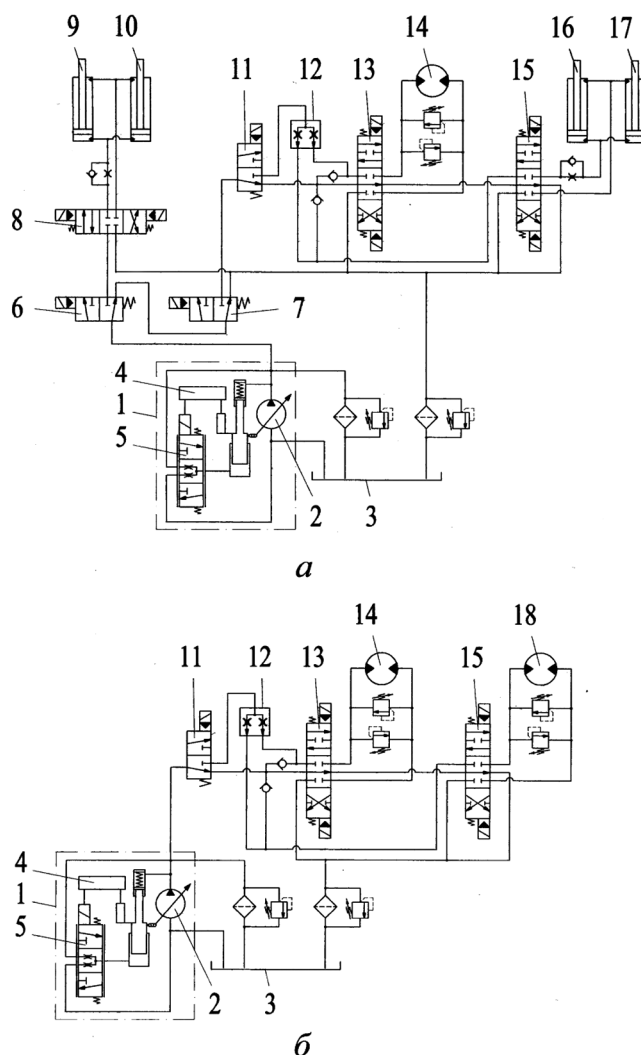


Рис. 6. Принципиальная схема модернизированного гидропривода рабочего оборудования траншейной машины: а — ТКМ-2; б — БТМ-3; 1 — насосный агрегат; 2 — насос; 3 — бак; 4 — электронный блок управления; 5, 8, 13, 15 — гидрораспределитель; 6, 7, 11 — электромагнитный кран; 12 — делитель потока; 14, 18 — гидромотор; 9, 10, 16, 17 — гидроцилиндр

В рамках совершенствования систем приводов рабочего оборудования траншейных машин ТКМ-2, БТМ-3, котлованных машин МДК-3 и МДК-2М, разработаны принципиальные схемы гидропривода рабочего оборудования (рис. 6, 7).

При разработке принципиальных схем гидропривода рабочего оборудования траншейных и котлованных машин использованы единые структурные решения, поскольку на машинах применено аналогичное оборудование: бульдозерное оборудование с системой позиционирования и оборудование экскаватора непрерывного действия с системой позиционирования. Оборудование обоих типов выполняет различные технологические операции.

Гидропривод рабочего оборудования траншейной машины ТКМ-2 (см. рис. 6, а) включает гидроцилиндры 9, 10 позиционирования бульдозерного оборудования, 16, 17 позиционирования роторного рабочего органа, управляемые гидрораспределителями 8, 15. В рамках совершенствования в состав гидропривода введен гидромотор 14 привода роторного рабочего органа, управляемый гидрораспределителем 13. В рамках совершенствования системы привода рабочего оборудования траншейной машины БТМ-3 вместо механических приводов роторного рабочего органа и лебедки механизма позиционирования роторного рабочего органа введены гидромоторы 14, 18 привода роторного рабочего органа и

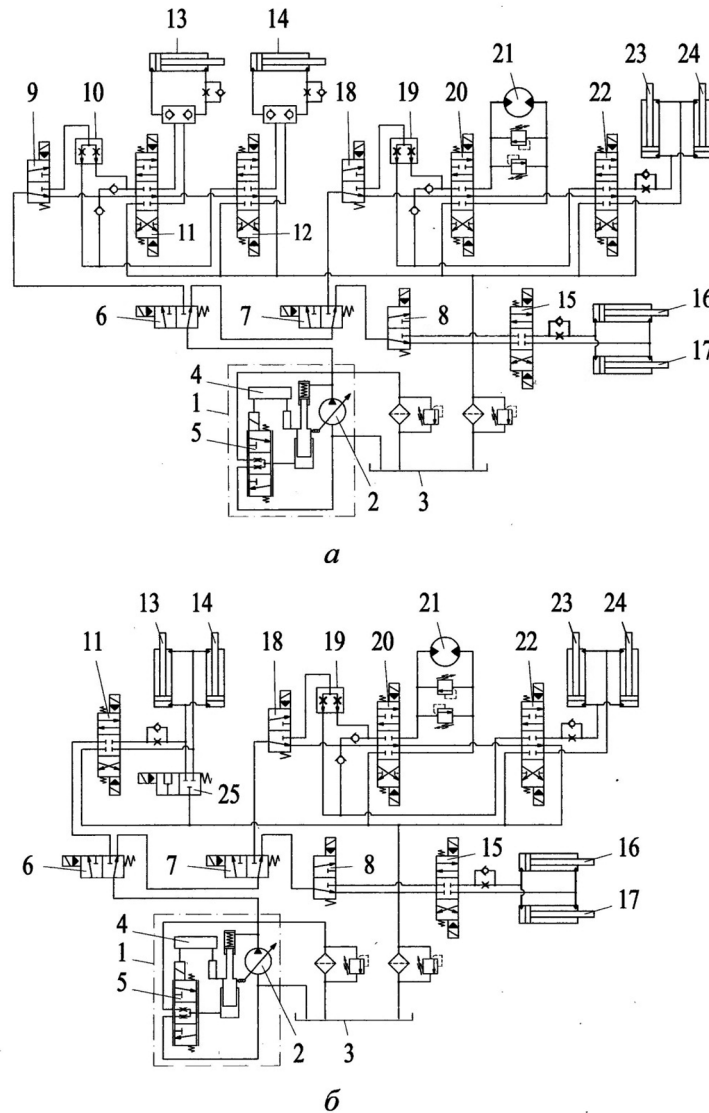


Рис. 7. Принципиальная схема модернизированного гидропривода рабочего оборудования котлованной машины:  
 а — МДК-3; б — МДК-2М; 1 — насосный агрегат; 2 — насос; 3 — бак; 5, 11, 12, 15, 20, 22 — гидрораспределитель; 6, 7, 8, 9, 18 — электромагнитный кран; 10, 19 — делитель потока; 13, 14, 16, 17, 23, 24 — гидроцилиндр; 21 — гидромотор

лебедки его позиционирования, управляемые гидрораспределителями 13, 15 (см. рис. 6, б).

Гидропривод рабочего оборудования котлованной машины МДК-3 включает гидроцилиндры 13, 14, позиционирования бульдозерного оборудования, 16, 17, перевода рабочего органа фрезерного типа из транспортного положения в рабочее положение, 23, 24 позиционирования рамы рабочего органа фрезерного типа, управляемые гидрораспределителями 11, 12, 15, 22 (см. рис. 7, а). Гидропривод рабочего оборудования котлованной машины МДК-2М включает гидроцилиндры 13, 14, позиционирования буль-

дозерного оборудования, 23, 24 позиционирования рабочего органа фрезерного типа, управляемые гидрораспределителями 11, 22 (см. рис. 7, б). В рамках модернизации в состав гидропривода котлованных машин МДК-3, МДК-2М введен гидромотор 21 привода рабочего органа фрезерного типа, управляемый гидрораспределителем 20.

При выборе типа насосной установки 1 (см. рис. 6, 7) для привода рабочих органов экскаваторов непрерывного действия роторного типа необходимо учитывать параметры рабочего оборудования модернизируемых траншейных и котлованных машин. Диаметр  $d_p$  и угло-

Основные параметры рабочих органов роторного типа

Марка машины	БТМ-3	ТМК-2	МДК-3	МДК-2М
$d_p$ , м	3,5	3,28	3,7	3,25
$n_p$ , мин <sup>-1</sup>	9,2–12,4	10,5–16,1	15,4–22,6	12,3–18,2

вая скорость вращения рабочих органов  $n_p$  приведены в табл. 2.

Гидравлический привод роторного рабочего органа траншейных машин ТМК-2 (см. рис. 6, а), БТМ-3 (см. рис. 6, б) оснащается насосной установкой 1, гидромотором 14 привода роторного рабочего органа, гидромотором 18 (см. рис. 6, б) привода лебедки механизма подъема и опускания роторного рабочего органа. Гидравлический привод рабочего органа фрезерного типа котлованных машин МДК-3 (см. рис. 7, а), МДК-2М (см. рис. 7, б) оснащается насосной установкой 1 и гидромотором 21 привода рабочего органа фрезерного типа.

Рекомендована к использованию насосная установка 1, состоящая из регулируемого насоса 2 серии 313.3.107, 313.3.160, предназначенного для работы в открытом контуре с баком 3 гидросистемы, и системы автоматического поддержания параметров работы насоса, включающей электронный блок управления 4, гидрораспределитель 5. Номинальный объем насоса — 107, 160 см<sup>3</sup>, минимальный 0 см<sup>3</sup>. Производитель: ОАО «Пневмостроймашина» (Российская Федерация) [7]. В блоке управления 4 насоса 2 заложена информация о режиме работы насоса при использовании всех видов рабочего оборудования на всех грунтах, что обеспечивает оптимальный режим работы рабочего оборудования и двигателя машины. При включении необходимого гидравлического контура насос 2 посредством блока управления 4 и гидрораспределителя 5 выводится на заданный режим подачи рабочей жидкости. Насос обеспечивает работу при номинальной частоте вращения 1200 мин<sup>-1</sup>. Масса насоса 40, 55 кг, потребляемая номинальная мощность при номинальной частоте вращения 1200 мин<sup>-1</sup> — 44, 66 кВт.

Для привода роторного рабочего органа траншейных машин ТМК-2 (см. рис. 6, а), БТМ-3 (см. рис. 6, б) может быть использован радиально-поршневой гидромотор 14, устанавливаемый на редуктор бортовой правый роторного рабочего

органа, обеспечивающий деление потока мощности гидромотора 14 на привод ротора и метателя грунта. Трансмиссия привода роторного рабочего органа обеспечивает вращение его в диапазоне частот 9,15–2,35 мин<sup>-1</sup> и метателя грунта — 280–379 мин<sup>-1</sup>. Исходя из кинематической схемы привода роторного рабочего органа, гидромотор 14 должен обеспечивать частоту вращения метателя грунта. При номинальной подаче рабочей жидкости насоса 2 серии 313.3.107 в 122 л/мин необходимый объем гидромотора 14 составит (322–436) см<sup>3</sup>, при этом за основу следует брать нижние значения объемов. Этим параметрам может удовлетворять радиально-поршневой гидромотор серии MR размерной группы 300, 350 массой 50, 77 кг. Использование насосов с подачей рабочей жидкости 122 л/мин потребует увеличение на машине емкости баков 3 для гидравлической жидкости до 250–360 л. Повышение мощности гидравлического привода возможно увеличением объема насоса 2 при соответствующем увеличении объема гидромотора 12 и емкости бака 3 для гидравлической жидкости. Возможна установка систем охлаждения гидравлической жидкости, которая позволит уменьшить объем бака 3. Для привода лебедки подъема и опускания роторного рабочего органа траншейной машины БТМ-3 может быть применен радиально-поршневой гидромотор 16 (см. рис. 6, б) серии MR размерной группы 160, 190 массой 46 кг.

В котлованных машинах МДК-3, МДК-2М гидромотор 21 привода рабочего органа фрезерного типа устанавливается на редуктор рабочего органа. Трансмиссия привода рабочего органа обеспечивает вращение фрезы в диапазоне частот 15,4–22,6 мин<sup>-1</sup> у МДК-3 и 12,3–18,2 мин<sup>-1</sup> у МДК-2М, что при передаточном отношении редуктора рабочего оборудования фрезы равно соответственно 87,514 и 52 трансмиссий рабочих органов этих машин требует диапазона частот вращения 1348–1978 мин<sup>-1</sup> у МДК-3 и 640–950 мин<sup>-1</sup> у МДК-2М гидромотора 21. Этим параметрам от-

вечает аксиально-поршневой гидромотор серии 310.3.160, 310.3.250. Масса гидромотора — 45 и 65 кг, номинальная мощность при частоте вращения 1200, 960 мин<sup>-1</sup> — 60 и 75,0 кВт. Использование насосов с подачей рабочей жидкости 122 и 182 л/мин потребует увеличение на машине емкости баков 3 для гидравлической жидкости до 260–360 л. Возможна установка систем охлаждения гидравлической жидкости, которая позволит уменьшить объем бака 3.

При позиционировании отвала бульдозера траншейной машины ТМК-2 электромагнитный кран 6 (см. рис. 6, а) переводится во вторую позицию, и блок управления 4 насоса 2 выводит его на заданный режим. Позиционирование отвала бульдозера осуществляется гидроцилиндрами 9, 10 трехпозиционным гидрораспределителем 8. Перед работой роторного рабочего органа отвал бульдозера поднимается в верхнее положение и рабочие полости гидроцилиндров 9, 10 запираются гидрораспределителем 8.

При отрывке траншей и ходов сообщений роторным рабочим органом электромагнитный кран 6 возвращается в первую позицию, а электромагнитный кран 7 переводится во вторую позицию, соединяя гидрораспределители 13, 15 с напорной магистралью насоса 2. При переводе гидрораспределителя 13 в первую позицию рабочая жидкость насоса 2 поступает в напорную магистраль гидромотора 14 привода роторного рабочего органа. Реверсирование роторного рабочего органа обеспечивается переводом гидрораспределителя 13 в третью позицию. При вращении роторного рабочего органа гидромотором 14 и одновременном позиционировании его гидроцилиндрами 16, 17, управляемыми гидрораспределителем 15, электромагнитный кран 11 автоматически переводится во вторую позицию и рабочая жидкость насоса 2 поступает к гидрораспределителям 13, 15 через делитель потока 12.

Для привода лебедки подъема и опускания роторного рабочего органа траншейной машины БТМ-3 применен гидромотор 18 (см. рис. 6, б). При одновременной работе гидромоторов 14, 18 привода и позиционирования роторного рабочего органа электромагнитный кран 11 автоматически переводится во вторую позицию и рабочая жидкость насоса 2 поступает к гидрораспределителям 13, 15 через делитель потока 12, обеспечивающий независимую работу контуров гидромоторов 14, 18. При работе гидромотора 14 привода

роторного рабочего органа при неизменном его положении, либо позиционировании остановленного роторного рабочего органа гидромотором 18 привода лебедки, электромагнитный кран 11 автоматически переводится в первую позицию, и насос 2 работает с одним из этих контуров.

При увеличении динамической нагрузки роторного рабочего органа траншейных машин, при работе его и позиционировании, клапаны, установленные в напорных магистралях гидромоторов 14, 18, снижают динамическую нагрузку роторного рабочего органа и насоса 2.

При позиционировании отвала бульдозера котлованных машин МДК-3, МДК-2М электромагнитный кран 6 (см. рис. 7) переводится во вторую позицию, и блок управления 4 насоса 2 выводит его на заданный режим.

В котлованной машине МДК-3 при одновременной работе гидроцилиндров 13, 14 позиционирования отвала бульдозера, управляемых гидрораспределителями 11, 12, электромагнитный кран 9 переводится во вторую позицию, и рабочая жидкость насоса 2 поступает в рабочие полости гидроцилиндров 13, 14 через делитель потока 10. При работе одного из гидроцилиндров 13, 14 и запертых полостях второго рабочая жидкость насоса 2 поступает к гидрораспределителям 11, 12 через электромагнитный кран 9 в первой позиции его.

Позиционирование отвала бульдозера котлованной машины МДК-2М производится гидроцилиндрами 13, 14, управляемыми гидрораспределителем 11. Плавающее положение отвала бульдозера обеспечивается переводом гидрораспределителя 25 во вторую позицию.

Перевод рабочего органа фрезерного типа котлованной машины МДК-3 из транспортного положения в рабочее положение обеспечивается гидроцилиндрами 16, 17, управляемыми гидрораспределителем 15. Для выполнения этих операций электромагнитный кран 8 переводится во вторую позицию, соединяя гидрораспределитель 15 с напорной магистралью насоса 2. После перевода рабочего органа фрезерного типа в заданное положение гидрораспределитель 15 запирает рабочие полости гидроцилиндров 16, 17, электромагнитный кран 8 возвращается в первую позицию.

В котлованной машине МДК-3 перед выполнением работ по отрывке котлована производится работа по рыхлению грунта. Рыхление производится рыхлительным оборудованием



при рабочем положении рабочего органа фрезерного типа. Для заглабления рыхлительного оборудования электромагнитный кран 7 переводится во вторую позицию, насос 2 автоматически выводится на заданный режим подачи рабочей жидкости и гидроцилиндры 23, 24, управляемые гидрораспределителем 22 опускают раму рабочего органа фрезерного типа. Рыхление производится при движении котлованной машины МДК-3 прямым ходом.

При отрывке котлована рабочим органом фрезерного типа электромагнитный кран 7 переводится во вторую позицию, соединя гидрораспределители 20, 22 с напорной магистралью насоса 2. При переводе гидрораспределителя 20 в первую позицию рабочая жидкость насоса 2 поступает в напорную магистраль гидромотора 21, приводящий рабочий орган фрезерного типа с фрезой и метателем грунта центробежного типа. При встрече рабочего органа фрезерного типа с препятствием клапаны снижают динамическую нагрузку насоса 2. Реверсирование рабочего органа фрезерного типа обеспечивается переводом гидрораспределителя 20 в третью позицию. При вращении рабочего органа фрезерного типа гидромотором 21 и одновременном позиционировании его гидроцилиндрами, управляемыми гидрораспределителем 22, электромагнитный кран 18 автоматически переводится во вторую позицию и рабочая жидкость насоса 2 поступает к гидрораспределителям 20, 22 через делитель потока 19.

При увеличении динамической нагрузки рабочего органа фрезерного типа котлованных машин клапаны, установленные в напорных магистральных гидромотора 21 снижают динамическую нагрузку рабочего органа фрезерного типа и насоса 2.

#### *Выводы.*

1. Разработаны основные направления модернизации инженерной землеройной техники, стоящей на вооружении инженерных войск Республики Беларусь.

2. Разработанные принципиальные гидравлические схемы отбора мощности на привод рабочего оборудования траншейных и котлованных машин на базе современной гидравлической аппаратуры позволят снизить сложность и материалоемкость систем приводов рабочего оборудования.

3. Применение гидравлических приводов рабочих органов инженерных машин позволит улучшить показатели надежности работы траншейных и котлованных машин и исключить поломки приводов при перегрузке рабочего органа, возникающей при взаимодействии режущей кромки рабочего органа с препятствием.

4. Улучшение ремонтпригодности и надежности инженерной землеройной техники обеспечит повышение боеспособности инженерных войск Республики Беларусь.

#### **Литература:**

1. Машины инженерного вооружения: учебное пособие для студентов и курсантов учреждений высшего образования по направлениям специальности 1-36 11 01-04 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование (управление подразделениями инженерных войск)»: в 3 ч. / С. В. Кондратьев, А. Я. Котлобай, А. М. Витковский, А. Ю. Рогов; под общ. ред. Ю. Ш. Юнусова. — Минск: БНТУ, 2015. — Ч. 1: Общая характеристика машин инженерного вооружения, средства инженерной разведки, устройства минно-взрывных заграждений и преодоление заграждений. — 2015. — 376 с.
2. Леонович, И. И. Машины для строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог: учебник / И. И. Леонович, А. Я. Котлобай. — Минск: БНТУ, 2005. — 552 с.
3. Строительные машины: Справочник: В 2 т. Т. 1: машины для строительства промышленных, гражданских сооружений и дорог / А. В. Раннев, В. Ф. Корелин, А. В. Жаворонков и др.; под общ. ред. Э. Н. Кузина. — 5-е изд., перераб. — М.: Машиностроение, 1991. — 496 с.
4. Котлобай, А. Я. Формирование направлений модернизации землеройных машин / А. Я. Котлобай, А. А. Котлобай, В. Ф. Тамело // Наука и техника. — 2013. — № 5. — С. 54–59.
5. Котлобай, А. Я. Анализ направлений и возможностей модернизации инженерной техники Вооруженных Сил / А. Я. Котлобай, А. А. Котлобай, В. Ю. Шляхтун, В. Ф. Тамело // Наука и военная безопасность. — 2014. — № 1. — С. 27–30.
6. 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, А. И. Гельфарб, В. А. Ржевский, П. А. Потапов, А. Н. Караваенко; под ред. А. В. Ольшанского. — М.: Военное издательство, 1986 — 422 с.
7. Каталог гидравлики. ОАО «Пневмостроймашина». Издание № 2. — Екатеринбург, 2005. — 134 с.