

СНИЖЕНИЕ МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ ДОРОЖНОГО ПОГРУЗЧИКА ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЕГО ГИДРООБЪЕМНОЙ ТРАНСМИССИИ

REDUCING THE MATERIALS INTENSITY OF THE ROAD LOADER DUE TO IMPROVING OF ITS HYDROSTATIC TRANSMISSION

А. В. Вавилов,

доктор технических наук,
профессор, заведующий
кафедрой «Строительные
и дорожные машины»

Белорусского национального
технического университета,
г. Минск, Беларусь

А. Я. Котлобай,

кандидат технических наук,
доцент, доцент кафедры
«Строительные и дорожные
машины» Белорусского
национального технического
университета,
г. Минск, Беларусь

А. А. Котлобай,

старший преподаватель
кафедры «Строительные
и дорожные машины»
Белорусского национального
технического университета,
г. Минск, Беларусь

Одной из тенденций усовершенствования дорожно-строительных машин под современные и перспективные технологии и материалы является создание многофункциональных высокопроизводительных машин большой единичной мощности, выполняющих за один проход комплекс технологических операций. Одной из широко применяемых в дорожной отрасли многофункциональных машин является одноковшовый фронтальный погрузчик.

Эффективность использования компактных универсальных фронтальных погрузчиков в дорожной отрасли повышается с увеличением номенклатуры сменного рабочего оборудования.

К сменным рабочим органам универсального одноковшового фронтального погрузчика, востребованным в дорожных организациях, следует отнести: бульдозерный отвал, вилы грузовые, стрелу крановую, щетку для уборки территории, бульдозерный отвал с изменяемой геометрией для снега, челюстной захват, фрезу дорожную и др. Однако многофункциональность погрузчика приводит к увеличению веса гидроемкости его трансмиссии.

В статье сформулированы принципы формирования структуры гидроемкой трансмиссии компактного универсального погрузчика на базе использования насосных моноагрегатов и разработаны варианты схем гидросистемы, расширяющие скоростной диапазон движения погрузчика при одновременном упрощении системы привода насосного моноагрегата, что обеспечивает в итоге снижение материалоемкости, то есть снижение веса трансмиссии и повышение производительности погрузчика. Реализация гидроемкой трансмиссии погрузчика на базе насосных моноагрегатов позволит уменьшить общее число насосов гидросистемы, отказаться от громоздкого редуктора привода насосов.

One of the tendencies of improvement of road-building machines for corresponding to modern and advanced technologies and materials is creation of multifunctional high-performance machines of large unit capacity that perform a complex of technological operations in a single pass. One of the widely used in the road industry multifunctional machines is a one-bucket front loader.

The efficiency of using the compact universal front loaders in the road building sector increases with the increase in the nomenclature of interchangeable operating equipment.

The interchangeable working bodies of the universal one-bucket front loader, required in the road organizations, are as follows: bulldozer blade, load forks, crane boom, brush for cleaning the territory, bulldozer blade with variable geometry for snow, open-side grapple, pavement profiler, etc. However, the multifunctionality of the front loader leads to increasing in the weight of the hydraulic capacity of its transmission.

The article outlines the principles for formation of structure of a hydrostatic transmission of a compact universal loader based on the use of pumping monoaggregates, and also describes developed variants of hydrosystem schemes that extend the speed range of the loader's movement while simplifying the drive system of the pump monoaggregate, which, as a result, reduces the material intensity, i. e., reduces the weight of transmission and increases the productivity of the loader. Implementation of hydrostatic transmission of the loader on the basis of pumping monoaggregates will reduce the total number of hydraulic pumps, abandon the cumbersome gearbox drive of the pumps.

ВВЕДЕНИЕ

Фронтальные одноковшовые погрузчики предназначены в дорожной отрасли для выполнения землеройно-транспортных операций с разработкой предварительно разрыхленных грунтов, для погрузки сыпучих и мелкокусковых материалов в транспортные средства или в отвал. Одним из направлений развития фронтальных одноковшовых погрузчиков является создание широкой гаммы фронтальных погрузчиков малой грузоподъемности. Малогабаритные универсальные погрузчики монтируются на самоходных шасси с бортовым поворотом и предназначены для выполнения в особо стесненных условиях трудоемких малообъемных земляных, погрузочно-разгрузочных, подготовительных, вспомогательных и специальных работ [1]. Кроме основного погрузочного ковша используют следующие виды быстросъемного сменного рабочего оборудования: экскаваторный ковш – обратная лопата, зачистной ковш, грузовые вилы, грузовая стрела, гидравлический молот, гидравлический бур, плужный и роторный снегоочистители, траншекопатель, дорожная щетка, пескоразбрасыватель, подметально-уборочное оборудование, бульдозерный отвал и т. д.

Погрузчики имеют четырехколесный движитель со всеми ведущими колесами и объемную гидравлическую трансмиссию, обеспечивающую независимый привод каждого борта машины и бесступенчатое регулирование скорости движения до 10–12,6 км/ч. Наиболее эффективно погрузчики применяются на рас-

доченных объектах для комплексной механизации работ небольших объемов. Многоцелевое сменное рабочее оборудование погрузчиков позволяет практически полностью механизировать ручной труд. Для быстрой смены одного вида оборудования на другой каждый погрузчик оборудован специальным устройством – гидроуправляемым суппортом, шарнирно соединенным со стрелой.

На рынке Республики Беларусь представлены компактные универсальные погрузчики производства ведущих предприятий: отечественных – ОАО «Амкордор» – Амкордор 211 грузоподъемностью 1200 кг; России – ОАО «Русич» – МКСМ-800 грузоподъемностью 800 кг, МКСМ-100 грузоподъемностью 1000 кг; стран дальнего зарубежья: США – компания «Bobcat Company» – S70 грузоподъемностью 329 кг, S300 грузоподъемностью 1400 кг; компания «Locust» – L453 грузоподъемностью 450 кг, L1203 грузоподъемностью 1200 кг; компания «Caterpillar»: на колесном ходу 216B2 грузоподъемностью 635 кг, 272C грузоподъемностью 1465 кг, на гусеничном ходу – 247B2 грузоподъемностью 885 кг, 297C грузоподъемностью 1920 кг и др. Эффективность использования компактных универсальных погрузчиков обеспечивается увеличением номенклатуры сменного рабочего оборудования.

Мини-погрузчик «Амкордор 211» создан для механизации погрузочно-разгрузочных и землеройно-транспортных работ на грунтах I–II категории; погрузки и разгрузки штучных грузов при производстве строительно-монтажных, ремонтных и других работ с помощью сменных рабочих органов, в том числе в стесненных условиях, требующих большой мобильности [2]. Установка активных рабочих органов превращает погрузчик в универсальную многофункциональную машину, позволяющую механизировать многие трудоемкие операции. Возможности наращивания числа активных и пассивных рабочих органов в одном погрузчике с целью повышения его производительности и расширения функциональных возможностей ограничиваются габаритами погрузчика, системой отбора мощности силовой установки на привод оборудования.

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одной из тенденций развития компактных универсальных погрузчиков строительной отрасли является использование гидрообъемных трансмиссий, обеспечивающих бесступенчатое регулирование скорости и плавность передачи крутящего момента к ведущим колесам; реверсирование движения; возможность автоматизации выбора оптимального режима работы трансмиссии; простоту конструкции и легкость обслуживания; свободу компоновки; облегчение управления и повышение маневренности. Основу современных гидрообъемных трансмиссий привода ходового оборудования составляют трансмиссии закрытого ти-

па на базе моноблочных или раздельно-агрегатных двухмашинных гидропередат.

В колесных погрузчиках с бортовым поворотом за двигателем устанавливается раздаточный редуктор, приводящий два (и более) гидронасоса [1–4]. Каждый из насосов приводит во вращение гидромотор борта, связанный через редуктор с колесом (звездочкой) борта. Маневрирование машины осуществляется рассогласованием частот вращения гидромоторов бортов. Изменение скорости движения достигается за счет использования насосов с регулируемой производительностью. Для увеличения диапазона изменения частоты вращения гидромоторов иногда используются гидромоторы с регулируемой частотой вращения.

При создании гаммы компактных универсальных погрузчиков различной грузоподъемности, мощности и массово-габаритных параметров производители сталкиваются с необходимостью освоения производства типоразмерного ряда оригинальных механических раздаточных редукторов приводов насосов, выпускаемых малыми сериями и требующих наличия на предприятии механосборочного производства высокого технологического уровня. Раздаточный редуктор усложняет трансмиссию, увеличивает габариты и массу погрузчика. Это повышает стоимость погрузчика, уменьшает возможности по установке навесного оборудования. Существенным резервом рационализации массово-габаритных параметров может быть упрощение механической части трансмиссии и отказ от использования громоздкого редуктора привода насосов [5]. Это достигается применением одного насоса привода ходового оборудования вместо двух и делением потока рабочей жидкости по напорным магистралям гидромоторов привода колес бортов. Построение гидрообъемной трансмиссии с одним насосом и делением потока рабочей жидкости по напорным магистралям гидромоторов привода колес бортов может оказаться более предпочтительным с точки зрения обеспечения курсовой устойчивости машины, чем использование двух насосов бортов, управляемых оператором, исходя из внешней обстановки. Сложность поддержания прямолинейного движения машины с двумя насосами проявляется при работе машины в зоне технологических скоростей при неустойчивой работе насосов с малым расходом рабочей жидкости.

Задача деления потока рабочей жидкости насоса по напорным магистралям двух гидромоторов колес бортов может решаться двумя методами:

- применением двухпоточного насоса привода ходового оборудования;

- применением насосного моноагрегата на базе однопоточного насоса привода ходового оборудования и дискретного гидрораспределителя (ДГ).

На мировом рынке, рынке стран СНГ, и в частности Республики Беларусь, наряду с некоторыми отечественными производителями [6], роли основных

поставщиков агрегатов для объемных гидравлических приводов прочно удерживают несколько ведущих производителей. Концерны «BOSCH-Rexroth», «Sauer-Danfoss» (Германия), ОАО «Пневмостроймашина» (Оренбург, Россия), «Гидросила» (Кировоград, Украина) предлагают достаточно широкий ассортимент гидравлических насосов, моторов, распределительных и регулирующих устройств [7]. Как правило, конструкция насосов всех производителей предусматривает возможности тандемирования.

Применяемое в ряде случаев тандемирование насосов предполагает передачу всей мощности, реализуемой двумя насосами привода ходового и одним насосом привода рабочего оборудования погрузчика, валом одного из насосов, и различие режимов нагружения насосов при одинаковом уровне нагружения колес бортов. Это приводит к снижению надежности работы гидропривода. Кроме того, использование тандемирования двух насосов ходового оборудования имеет существенные ограничения из-за увеличения продольного габарита насосной установки.

В рамках реализации первого метода основу насосного моноагрегата [8] гидрообъемной трансмиссии составляет комбинированный насосный моноагрегат, состоящий из двухпоточного регулируемого аксиально-поршневого насоса хода (НХ), шестеренного нерегулируемого насоса подпитки контуров привода хода (НП), нерегулируемого аксиально-поршневого либо шестеренного насосов привода рабочего оборудования (НО), установленных на одном валу (рис. 1). Гидроприводы колес погрузчика выполнены по замкнутой схеме и состоят из насоса хода, контуров подпитки КПП1, КПП2, клапана давления подпитки (КД) и гидромоторов колес М1, М2. Давление подпитки задается клапаном давления и не превышает 1 МПа.

В предлагаемой конструктивной схеме подача обоих контуров двухпоточного насоса одинаковая. Изменение производительности может быть обеспечено изменением положения шайбы насоса. Маневрирование погрузчика достигается рассогласованием скоростей вращения колес бортов. Для маневрирования машины гидросистема оснащена золотниковыми распределителями поворота РП1, РП2, переводящими колеса борта в ведомый режим во второй позиции и тормозящими их – в третьей.

Управление ходом погрузчика осуществляется посредством двух двухконтурных дифференциальных распределителей управления РУ1 и РУ2, конструктивно выполненных в виде 4-направленного джойстика. Две диаметрально противоположные секции джойстика РУ1 соединены с полостями гидроцилиндра управления наклонной шайбой насоса хода (рис. 1). Две другие секции джойстика РУ2 соединены с полостями управления золотниковыми распределителями поворота (РП1, РП2). Питание джойстиков осуществляется от шестеренного насоса управления (НУ), установленного на двигателе погрузчика.

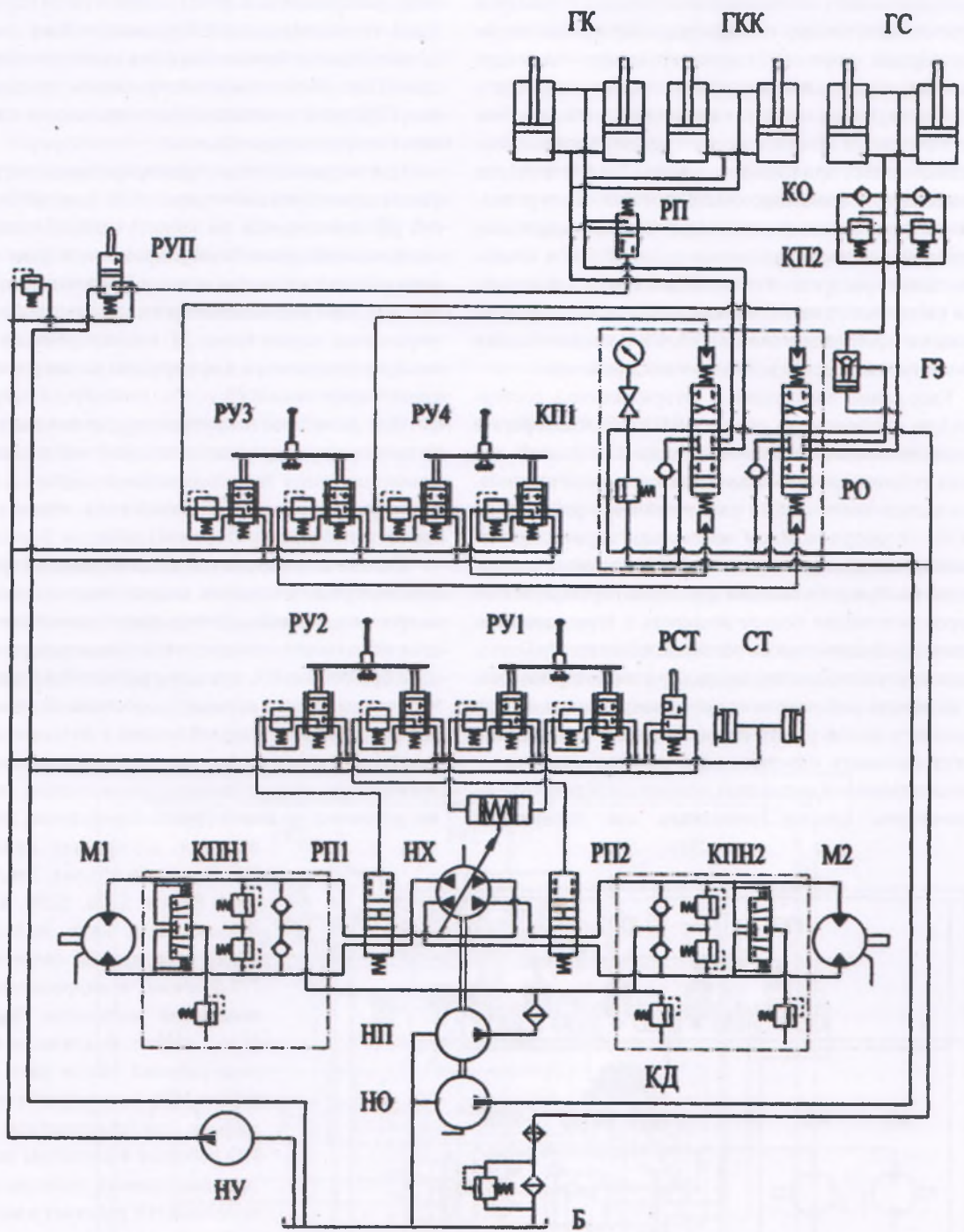


Рисунок 1 – Гидросистема погрузчика на базе двухпоточного насоса привода ходового оборудования

Гидросистема рабочего оборудования погрузчика (рис. 1) состоит из насоса рабочего оборудования, управляемого 2-секционным золотниковым распределителем рабочего оборудования (РО) и гидроцилиндров – подъема стрелы (ГС), опрокидывания ковша (ГК) и корректирующих положение ковша (ГКК). Для защиты системы от перегрузок при выполнении рабочих операций в РО встроены предохранительный клапан

(КП1). Для предотвращения динамических перегрузок в линии управления гидроцилиндрами подъема стрелы установлены предохранительные клапаны (КП2). Сброс жидкости в случае срабатывания предохранительных клапанов происходит через обратные клапаны (КО) в соответствующую сливную линию. Поршневые полости гидроцилиндров подъема стрелы оснащены гидрозамком (ГЗ). Корректирующие гидро-

цилиндры ковша установлены на стреле. Геометрия их установки такова, что при подъеме стрелы гидроцилиндрами поршень корректирующего цилиндра приходит в движение и вытесняет часть жидкости в соответствующую полость гидроцилиндра ковша, чем обеспечивается неизменность положения ковша относительно земли при подъеме стрелы. Для обеспечения плавающего положения ковша имеется контур плавающего положения, состоящий из распределителя управления плавающим положением (РУП) и исполнительного распределителя (РП). Управление секциями распределителя РО осуществляется дифференциальными распределителями РУ3, РУ4, соединенными в 4-контурный распределитель типа джойстик.

Удержание погрузчика в заторможенном состоянии при отключенном сцеплении насосом агрегата осуществляется стояночной тормозной системой, которая состоит из тормозных многодисковых механизмов задних колес (СТ) и распределителя управления (РСТ). В заторможенном положении тормозные механизмы соединены со сливом РСТ, пружины сжимают диски. При работающем двигателе перевод РСТ во второе положение подает жидкость в тормозные механизмы, обеспечивая их растормаживание. При остановке двигателя машина автоматически затормозится.

В рамках реализации второго направления основу насосного моноагрегата гидрообъемной трансмиссии могут составить однопоточный регулируемый аксиально-поршневой насос хода, оснащенный делителем – сумматором потока, решенным как дискретный

гидрораспределитель [9–11], (НХ + ДГ) [12] (рис. 2). Здесь технологическое оборудование погрузчика показано условно блоком технологического оборудования (ТО). Положительным фактором предлагаемой гидросистемы является оснащение насоса хода одним контуром подпитки.

Для осуществления маневрирования погрузчика рассогласованием частот вращения гидромоторов М1, М2 ДГ выполняется по конструктивной схеме, обеспечивающей плавное регулирование параметров подачи рабочей жидкости по магистралям гидромоторов М1, М2. При использовании гидравлической системы управления параметрами ДГ маневрирование погрузчика осуществляется дифференциальным распределителем управления РУ2.

При движении погрузчика прямым ходом ДГ работает в режиме деления потока рабочей жидкости насоса хода, а при движении задним ходом – в режиме суммирования потоков рабочей жидкости из сливных магистралей гидромоторов М1, М2.

Одним из недостатков гидрообъемной трансмиссии погрузчика является малый диапазон изменения скоростей движения. Для расширения его увеличивается объем насоса хода, что оказывается нерациональным при работе НХ в режиме выполнения технологических операций с малыми скоростями. В этом случае НХ работает в зоне малой подачи с низкими значениями КПД. Работа погрузчика со стационарным технологическим оборудованием, оснащенным активными рабочими органами (фрезы барабанные, дисковые,

бур и т. д.) требует применения НО большого объема. Так, погрузчики Bobcat S220, S250, S300 выпускаются в двух модификациях: со стандартной гидросистемой (78,4 л/мин) и гидросистемой повышенной мощности High Flow (116,2 л/мин). Фактически суммарный рабочий объем двух насосов (НХ и НО) используется нерационально: при транспортном режиме НО работает в холостом режиме, а при выполнении технологических операций НХ работает в частичном либо в холостом режиме.

Существенным резервом повышения технического уровня трансмиссии погрузчика является полное использование рабочих объемов НХ и НО. Так, при выполнении транспортных операций насос оборудования может быть включен в напорные магистрали гидромоторов М1, М2, что обеспечит увеличение диапазона изменения скоростей погрузчика. При стационарной работе погрузчика

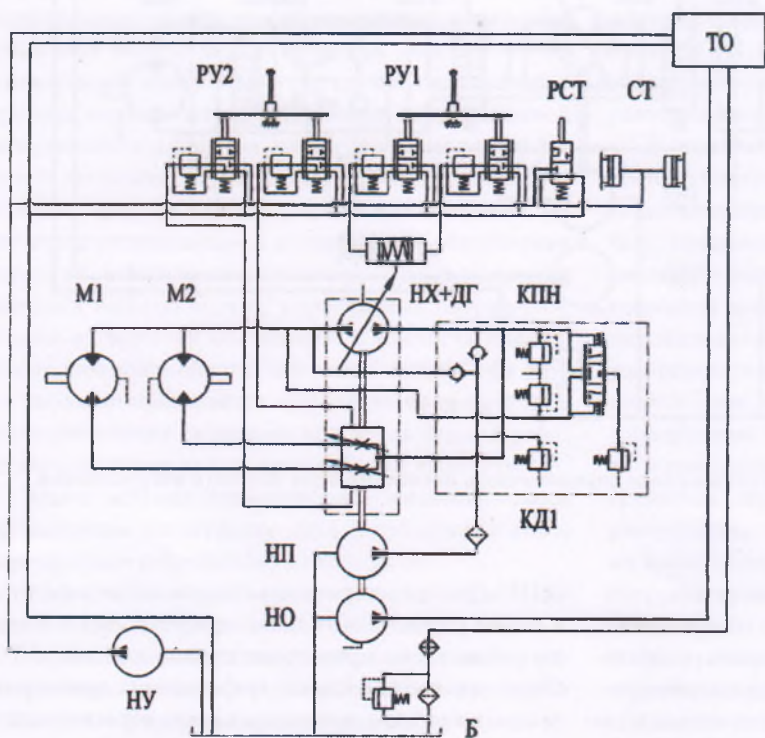


Рисунок 2 – Гидросистема погрузчика на базе однопоточного насоса привода ходового оборудования с ДГ

насос хода может быть использован для питания энергоемкого технологического оборудования.

Для реализации режимов совместной работы НХ и НО гидрообъемная трансмиссия оснащается трехпозиционным гидрораспределителем режима (РР), торцевые управляющие полости которого соединены через трехпозиционный гидрораспределитель управления (УР) (рис. 3) с напорной магистралью насоса управления (НУ) и баком (Б). Для расширения диапазона транспортных скоростей погрузчика напорная магистраль насоса оборудования соединяется с напорными магистралями гидромоторов М1, М2 при движении прямым ходом.

При стационарной работе погрузчика с энергоемким технологическим оборудованием всасывающая магистраль насоса хода соединяется с баком. В напорную магистраль технологического оборудования подается суммарный поток рабочей жидкости насоса оборудования постоянной производительности и поток рабочей жидкости насоса хода переменной производительности, что обеспечивает возможность существенного увеличения мощности применяемого технологического оборудования. При этом насос подпитки не изменяет своего режима работы, обеспечивая подачу рабочей жидкости во всасывающую магистраль насоса хода.

Одновременное использование двух насосов при выполнении транспортных и энергоемких технологических операций повысит эффективность работы погрузчика, позволит использовать насосы меньшего объема для достижения заданных эксплуатационных показателей погрузчика.

Для реализации возможности оснащения погрузчика технологическим оборудованием, требующим, наряду с системой позиционирования технологического оборудования, привода ряда активных рабочих органов с различными нагрузками в напорных магистралях, насос оборудования может оснащаться ДГ и обеспечивать питание нескольких контуров технологического оборудования [13], [14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализация гидрообъемной трансмиссии погрузчика на базе насосных моноагрегатов позволит уменьшить общее число насосов гидросистемы, отказаться от громоздкого редуктора привода насосов, что приведет к снижению веса погрузчика, повышению его производительности, а в итоге – к снижению материалоемкости.

Совместная работа насосов привода ходового и технологического оборудования обеспечит расширение диапазона изменения скоростей погрузчика при

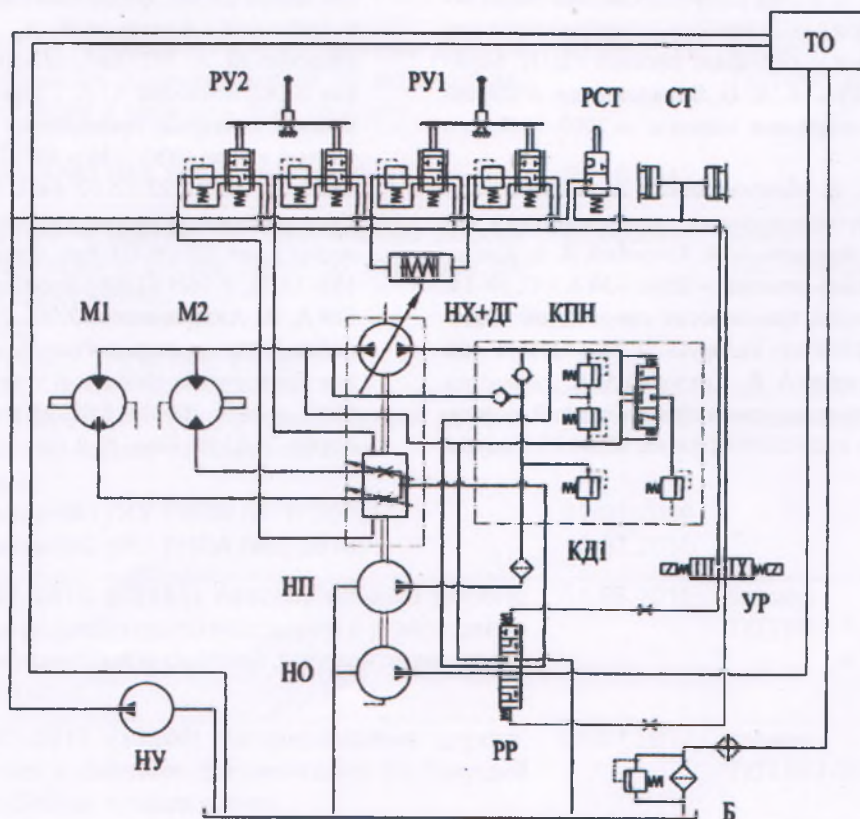


Рисунок 3 – Гидросистема погрузчика с двумя режимами включения насосов ходового и технологического оборудования

работе в транспортном режиме и повысит энерговооруженность погрузчика при работе со стационарным технологическим оборудованием.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добронравов, С. С. Строительные машины и основы автоматизации : учебник для строительных вузов / С. С. Добронравов, В. Г. Дронов. – М. : Высшая школа, 2001. – 575 с.
2. Мезин, В. Г. Амкодор 211 – новая модель погрузчика / В. Г. Мезин // Строительные и дорожные машины. – 2007. – № 8. – С. 1–3.
3. Петров, В. А. Гидрообъемные трансмиссии самоходных машин / В. А. Петров. – М. : Машиностроение, 1988. – 248 с.
4. Раннев, А. В. 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. – М. : Машиностроение, 1991. – 496 с.
5. Вавилов, А. В. Формирование структуры гидрообъемной трансмиссии компактного универсального погрузчика / А. В. Вавилов, А. Я. Котлобай, А. А. Котлобай // Строительная наука и техника. – 2007. – № 4. – С. 58–66.
6. Борисов, Е. П. Новая унифицированная гамма аксиально-поршневых насосов и гидромоторов для строительной и дорожной техники / Е. П. Борисов, В. А. Бутько, А. В. Вавилов и др. // Строительные и дорожные машины. – 2003. – № 5. – С. 8–10.
7. Вавилов, А. В. Многопоточные насосные агрегаты многофункциональных технологических машин / А. В. Вавилов, А. Я. Котлобай, А. А. Котлобай // Инженер-механик. – 2006. – № 4. – С. 10–14.
8. Гидрообъемная трансмиссия самоходной машины : пат. 2253 Респ. Беларусь : F 15H 61/44, F 15B 11/22 / Котлобай А. Я., Котлобай А. А. ; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № u 20050197 ; заявл. 07.04.05 ; опубл. 30.12.05 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлекту-ал. уласнасці. – 2005. – № 4.
9. Коробкин, В. А. Обоснование параметров агрегата дозирования строительных и дорожных машин / В. А. Коробкин, А. Я. Котлобай, А. А. Котлобай, Ю. А. Андрияненко // Строительная наука и техника. – 2007. – № 4. – С. 51–57.
10. Коробкин, В. А. Агрегаты дискретного действия гидроприводов строительных и дорожных машин / В. А. Коробкин, А. Я. Котлобай, А. А. Котлобай // Строительные и дорожные машины. – 2010. – № 5. – С. 43–46.
11. Коробкин, В. А. Модернизация строительных и дорожных машин на основе создания гидравлических агрегатов нового поколения / В. А. Коробкин, А. Я. Котлобай, А. А. Котлобай, В. Ф. Тамело // Новости науки и технологий. – 2012. – № 1. – С. 20–27.
12. Гидрообъемная трансмиссия технологической машины : пат. 91396 U1 Рос. Федерация : МПК F 15H 61/44, F 15B 11/22 / Коробкин В. А., Котлобай А. Я., Юруц Н. И., Андрияненко Ю. А., Луцков Б. А., Котлобай А. А. ; заявитель Республиканское унитарное предприятие «Минский тракторный завод» (ВУ). – № u 2009116180/22 ; заявл. 28.04.09 ; опубл. 10.02.10, Бюл. № 4.
13. Гидронавесная система технологической машины : пат. 69592 U1 Рос. Федерация : МПК F 15B 11/22, F 16H 61/44 / Коробкин В. А., Котлобай А. Я., Ивановский А. Н., Андрияненко Ю. А., Луцков Б. А., Котлобай А. А. ; заявитель Республиканское унитарное предприятие «Минский тракторный завод» (ВУ). – № u 2007131063/22 ; заявл. 14.08.07 ; опубл. 27.12.07, Бюл. № 36.
14. Гидронавесная система технологической машины : пат. 72029 U1 Рос. Федерация : МПК F 15B 11/22, F 16H 61/44 / Коробкин В. А., Котлобай А. Я., Андрияненко Ю. А., Луцков Б. А., Котлобай А. А. ; заявитель Республиканское унитарное предприятие «Минский тракторный завод» – (ВУ). – № u 20071422825/22 ; заявл. 19.11.07 ; опубл. 27.03.08, Бюл. № 9.

Статья поступила в редакцию 03.05.2017.