

---

# Механізація сільськогосподарського виробництва

---

УДК 621.22

Г.А. Аврунин, канд. техн. наук  
Харьковский национальный автомобильнодорожный университет,  
Харьков, Украина,  
В.И. Аносов,  
В.Н. Рулёв  
ПАО «ХТЗ» им. С. Орджоникидзе,  
Харьков, Украина,  
В.Б. Самородов, д-р техн. наук  
Харьковский национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт», Харьков, Украина

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБЪЕМНЫХ ГИДРОПРИВОДОВ НАВЕСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ ПАО «ХТЗ ИМ. С. ОРДЖОНИКИДЗЕ»

## MODERNIZATION OF HYDRAULIC FLUID POWER TECHNOLOGICAL EQUIPMENT OF THE WHEELED TRACTORS OF PAO «S. ORDZHONIKIDZE KHTZ»

*Дан анализ использования объемных гидроприводов для навесного технологического оборудования колесных тракторов в зависимости от установочной мощности двигателей внутреннего сгорания. Показано, что современный уровень давлений находится в диапазоне от 12 до 21 МПа, а подача насосов от 18 до 280 л/мин. Рассмотрены номенклатура и основные принципиальные гидравлические схемы объемных гидроприводов навесного оборудования и рулевого управления семейства тракторов производства Харьковского тракторного завода им. С. Орджоникидзе, в том числе с использованием современных энергосберегающих систем. Статья представляет интерес для специалистов, занимающихся разработкой и эксплуатацией объемных гидроприводов для мобильных машин различного назначения, аспирантов, студентов и инженеров.*

*Ключевые слова: насос, гидрораспределитель, насос-дозатор, гидроцилиндр, энергосбережение, аксиально-поршневой насос с автоматическим регулятором «подача-давление».*

### Введение

Высокая энергонасыщенность сельскохозяйственных тракторов насосными установками высокого давления и расхода дают возможность подсоединения к ним технологического оборудования сельскохозяйственных посевных, уборочных и кормораздаточных, а также строительных и дорожных машин. В частности, в номенклатуре ХТЗ на базе колесных тракторов мощностью до 130–177 кВт [15] имеется машина АС2 для производства сварочных работ при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов, кусторез и снегоочиститель, универсальный бульдозер и погрузчик, бурильнокрановая машина типа БКМ2М.

В таблице 1 приведены обобщенные данные по ряду параметров объемных гидроприводов тракторов [6] и соотношение установочных мощностей объемных гидроприводов (насосных установок) и ДВС, на основании которых могут быть сделаны следующие выводы:

- давление рабочей жидкости в объемных гидроприводах для малых мощностей ДВС (17–51 кВт) находится в диапазоне 12–20 МПа, для более высоких значений (53–386 кВт) находится в узком диапазоне значений в 18–21 МПа;

- установочная мощность объемных гидроприводов в целом растет от 4 до 94 кВт пропорционально установочной мощности ДВС от 17 до 386 кВт;

- по развиваемому объемным гидроприводом усилию навесного оборудования наблюдается общая тенденция к его увеличению от 4 до 120 кН с ростом мощности тракторов, однако уже при достижении мощности ДВС в 90 кВт рост тягового усилия практически не повышается;

- в целом соотношение установочных мощностей объемных гидроприводов и ДВС находится в диапазоне 0,14–0,72, причем нижнее значение для всех групп тракторов составляет 0,14–0,31, а верхнее 0,24–0,72.

Таблица 1 — Соотношение установочных мощностей ОГП и двигателя тракторов

$P_{ДВС}$ , кВт (л.с)	$Q$ , л/мин	$p$ , МПа	$P_{ОГП}$ , кВт	$F_{ОГП}$ , кН	$P_{ОГП} / P_{ДВС}$
17...27	18...39	12...18	4...9,8	4...12	0,21...0,38
26*	28+11	15	9,8	12	0,38
35...51	33...84	14...20	7,7...23,4	19...37	0,22...0,72
44*	64+36	19	31,7	27	0,72
53...74	52...153	18...20	17...49	36...100	0,29...0,65
74*	113+40	19	48,5	100	0,65
92...123	110...186	19...20	35...58,9	85...100	0,31...0,48
123*	120+66	19	58,9	86	0,48
130 – ХТЗ 17221	95	20	32	47	0,25
161...184	104...210	20...21	36...94	80...110	0,22...0,4
191...227	150...282	20	49...94	80...120	0,26...0,47
287...386	166...208	20	55..69	89...90	0,14...0,24

Примечание: \*) – для двухпоточных насосов.

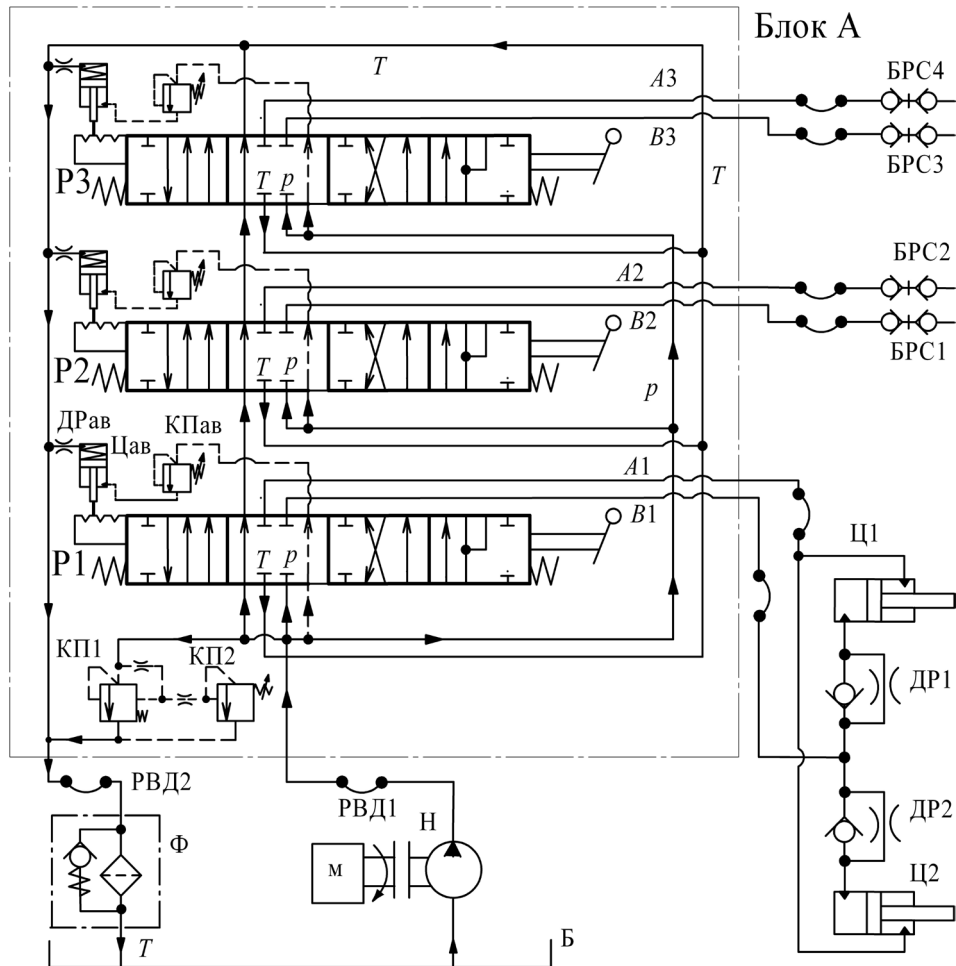


Рисунок 1 — Гидравлическая принципиальная схема объемного гидропривода навесного оборудования трактора ХТЗ17021 с гидрораспределителем Р803

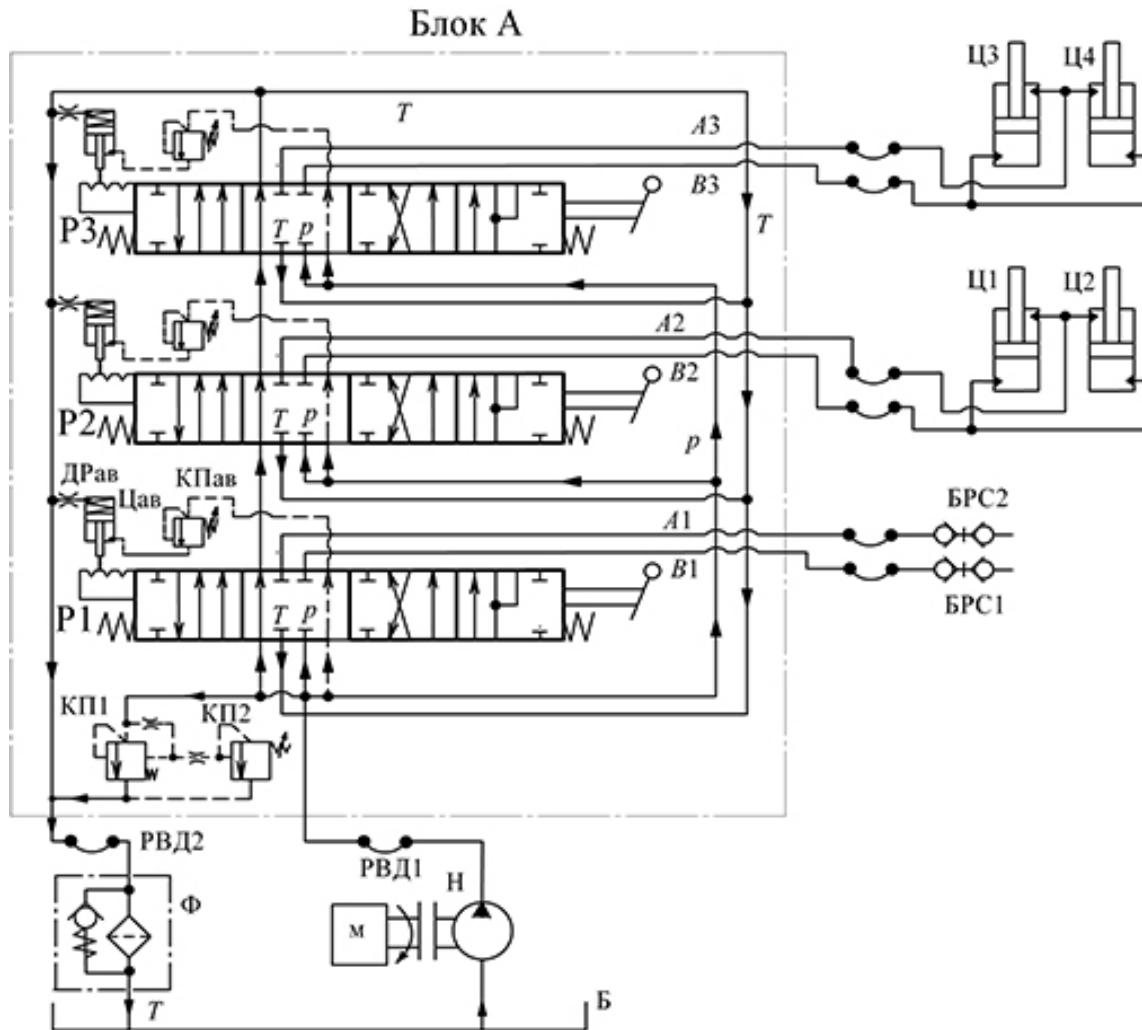


Рисунок 2 — Гидравлическая принципиальная схема объемного гидропривода технологического оборудования погрузчика ХТЗ-156Б с гидрораспределителем Р160

Представляет интерес на примере ПАО «ХТЗ» им. С. Орджоникидзе рассмотреть современные тенденции в развитии объемных гидроприводов навесного оборудования колесных тракторов.

### Основная часть

Рассмотрим ряд типовых гидросистем тракторов ХТЗ. На рисунке 1 приведена гидравлическая принципиальная схема колесного сельскохозяйственного трактора ХТЗ17021 тягового класса 3 (номинальное тяговое усилие 30 кН) с использованием гидрораспределителя Р80 [1]. Насос Н (шестеренный левого вращения НШ50А3Л) нагнетает рабочую жидкость через рукав РВД 1 к блоку А моноблочного гидрораспределителя Р803 с золотниками Р1–Р3. Каждый золотник имеет 4 рабочих позиции: подъем, опускание и плавающая, снабженных фиксатором, и нейтральную, в которой золотник удерживается в нейтральном положении (как показано на рисунке) с помощью пружин.

Гидрораспределитель снабжен предохранительными клапанами КП1 (основным) и КП2 (пилотным) в линии нагнетания рабочей жидкости (р) и устройствами автоматического возврата золотников в нейтральное положение при достижении поршнем гидроцилиндра конечного положения. Автоматический возврат обеспечивается с помощью гидроцилиндра Ц<sub>ав</sub>, к штоковой полости которого подводится давление при открытии предохранительного клапана КП<sub>ав</sub>. Дроссель ДР<sub>ав</sub> служит для плавной расфиксации золотника. Клапаны КП<sub>ав</sub> настроены на давление 16–18 МПа, что несколько ниже настройки пилотного клапана КП2 (18–20 МПа), обеспечивая перемещение золотников в нейтральное положение до срабатывания основного клапана КП1 и, тем самым, снижая потери мощности и нагрев рабочей жидкости в объемных гидроприводах. От золотника Р1 рабочая жидкость подается к гидроцилиндрам Ц1 и Ц2 заднего навесного устройства трактора (ЗНУ). Для быстрого выдвигания (при подаче рабочей жидкости в

поршневые полости) и медленного возврата (при подаче рабочей жидкости в штоковые полости) установлены дроссели ДР1 и ДР2 в комбинации с обратными клапанами. От золотников Р2 и Р3 рабочая жидкость подается к быстроразъемным соединениям БРС1–БРС4 прицепных устройств трактора. Слив рабочей жидкости из блока А осуществляется через фильтр Ф по линии в гидробак Б.

Аналогичную гидравлическую принципиальную схему имеют тракторы ХТ3150К09 и ХТ3150К12.

На тракторе-погрузчике ХТ3 156Б (рисунок 2) используется шестеренный насос НШ100А4, гидрораспределитель Р160 и две пары гидроцилиндров с диаметром поршня 125 мм — подъема стрелы Ц1 и Ц2 (ход 710 мм) и поворота ковша Ц2 и Ц3 (ход 400 мм).

В настоящее время ПАО «ХТЗ» провел модернизацию объемного гидропривода навесного оборудования путем замены моноблочных гидрораспределителей Р80 на секционные с пропорциональным ручным управлением и энергосберегающей системой LS типа 5РПС100 производства ОАО «Стройгидравлика» и LSC90 фирмы «Bondioli & Pavesi» и шестеренных насосов НШ50А3Л на насосы в чугунном корпусе НРГ356. Для рулевого управления применяют насос-дозатор SUB400S1 фирмы «LIFAM» (Сербия).

На рисунках 3–6 приведены гидравлические принципиальные схемы объемного гидропривода тракторов ХТЗ с двухнасосной и однонасосной системами питания рулевого управления и навесного и прицепного технологического оборудования. Общими компонентами обеих схем является напорная секция гидрораспределителя (Блок Б), содержащая основной КП2 и пилотный КП3 предохранительные клапаны. Пилотный клапан КП3 нормальнозакрытого типа настроен на давление 20 МПа. Следует отметить, что в процессе конструкторско-испытаний удалось снизить перепад давления холостого хода (в режиме разгрузки насоса) с 1,2 до 0,5 МПа. Распределительные секции Р1–Р5 содержат основные золотники четырехпозиционного типа в шестилинейном исполнении с механическим фиксатором рабочих положений (подъем–опускание–плавающая) и клапаны давления КДи1–КДи5 типа «или» системы энергосбережения LS.

Для обеспечения жесткости характеристик (постоянства расхода, протекающего через золотник, при его фиксированном открытии вне зависимости от изменения нагрузки на гидроцилиндре или гидромоторе) установлен регулятор расхода РП. При необходимости дозирования подаваемого расхода рабочей жидкости к конкретному гидродвигателю и отсутствию требований к жесткости выходных характеристик гидродвигателя в гидрораспределителе встроены регулируемые дроссели ДР. Настройка регулятора расхода и дросселей осуществляется предварительно перед выполнением заданной технологической операции (на 5РПС100

установлены регулировочные винты, на LSC50 — маховички).

Для обеспечения автовозврата золотника в нейтральное положение установлены клапаны давления КП<sub>а</sub> и КП<sub>б</sub>, сливные линии которых сообщены с торцевыми полостями золотника. При срабатывании одного из клапанов происходит расфиксация золотника и его возврат в нейтральное положение с помощью центрирующих пружин. В секциях Р1 и Р2, предназначенных для работы с гидромоторами, система автовозврата на одной из линий не устанавливается.

Система LS обеспечивает:

- запуск насоса Н при минимальном давлении нагнетания (давлении разгрузки) благодаря смещению основного клапана КП2 в крайнее правое положение, так как линия LS управления клапаном с правого торца сообщена со сливом и при этом происходит сообщение линии нагнетания насоса Н с гидробаком Б;

- автоматическую минимизацию настройки давления основного клапана КП3 до значения давления наибольшего потребителя путем подачи управляющего сигнала давления последовательно от линий или клапанов давления КДи1–КДи5 (типа «или») золотников Р1–Р5 к правому торцу клапана КП2. Наибольший эффект от системы LS достигается при работе объемного гидропривода на малых нагрузках (давлениях). В то же время следует отметить, что применение нерегулируемого насоса не в полной мере обеспечивает энергосбережение на тракторе, так как насос Н нагнетает рабочую жидкость с постоянной подачей и при частичном ее потреблении гидроцилиндрами или гидромоторами (например, возможное отношение потребляемого гидромотором расхода и подачи насоса может достигать менее 10%) приводит к значительным потерям мощности и перегреву объемного гидропривода.

Блок Б обеспечивает функционирование собственного заднего навесного устройства (ЗНУ) с помощью гидроцилиндров Ц3 и Ц4, снабженных дросселями с обратными клапанами ДР1 и ДР2, соответственно, для обеспечения быстрого выдвижения штока гидроцилиндра (рабочая жидкость поступает к поршневой полости через обратный клапан) и медленного возврата (рабочая жидкость вытесняется из поршневой полости через дроссель). Подсоединение к блоку Б внешних потребителей обеспечивается с помощью быстроразъемных комплектных соединений БРС1–БРС4. Кондиционирование рабочей жидкости в объемном гидроприводе обеспечивается фильтрами в линии слива рабочей жидкости (Ф1 и Ф2), сапуном С, заливным фильтром ФЗГ и маслоохладителем АТ в однонасосном объемном гидроприводе.

Предохранительный клапан КП1 устанавливается на насосе-дозаторе при использовании шестеренного насоса НШ50А3 (рисунок 4) или на насосе НРГ356 фирмы *Bondioli & Pavesi* с рабочим объемом 56 см<sup>3</sup> (рисунки 5 и 6).

При аварийном режиме работы, например, вследствие разгерметизации РВД, уровень рабочей жидкости в гидробаке Б снижается и всасывание через трубопровод

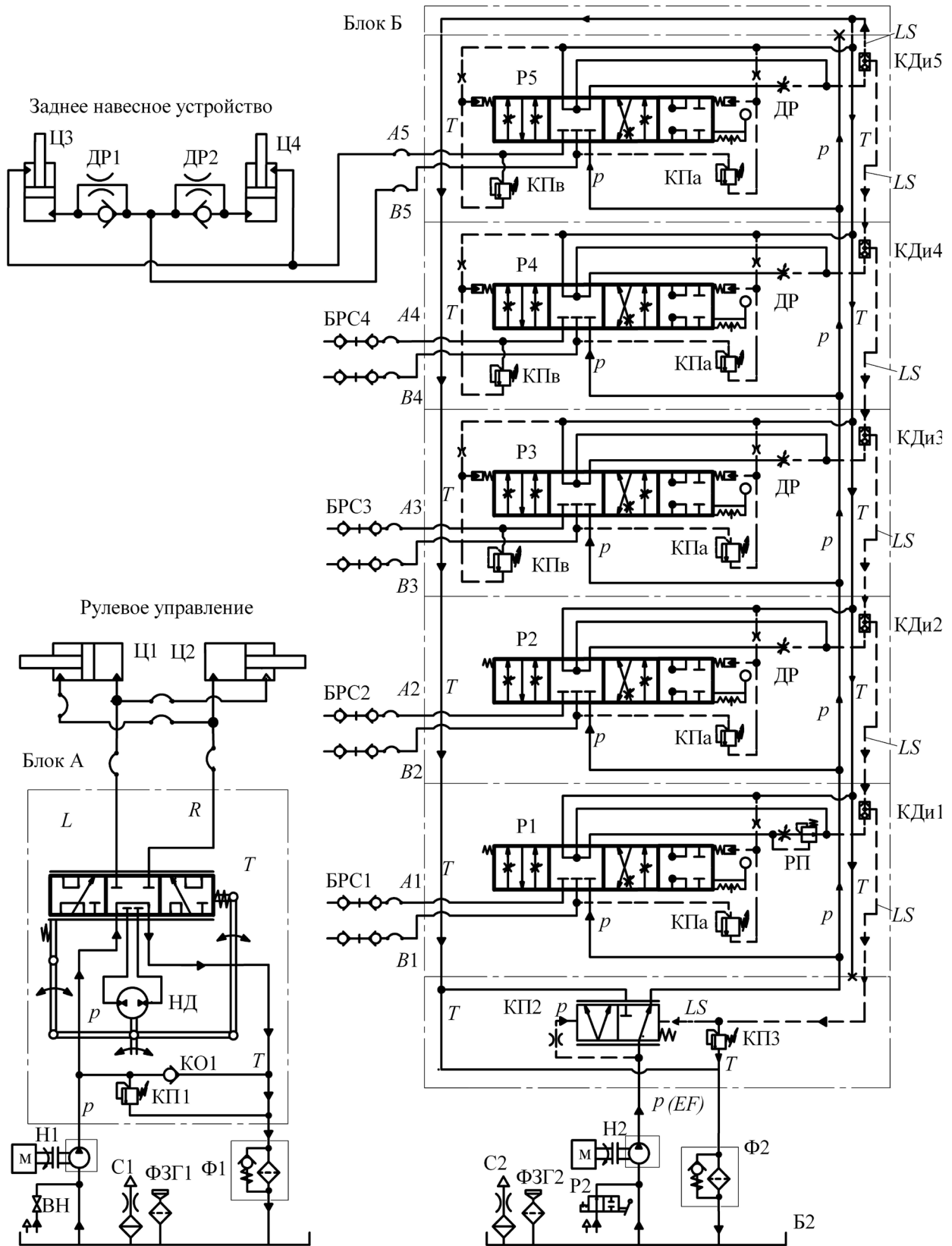


Рисунок 3 — Двухнасосная гидравлическая принципиальная схема рулевого управления и навесного оборудования колесного трактора ХТЗ с гидрораспределителем 5РПС100

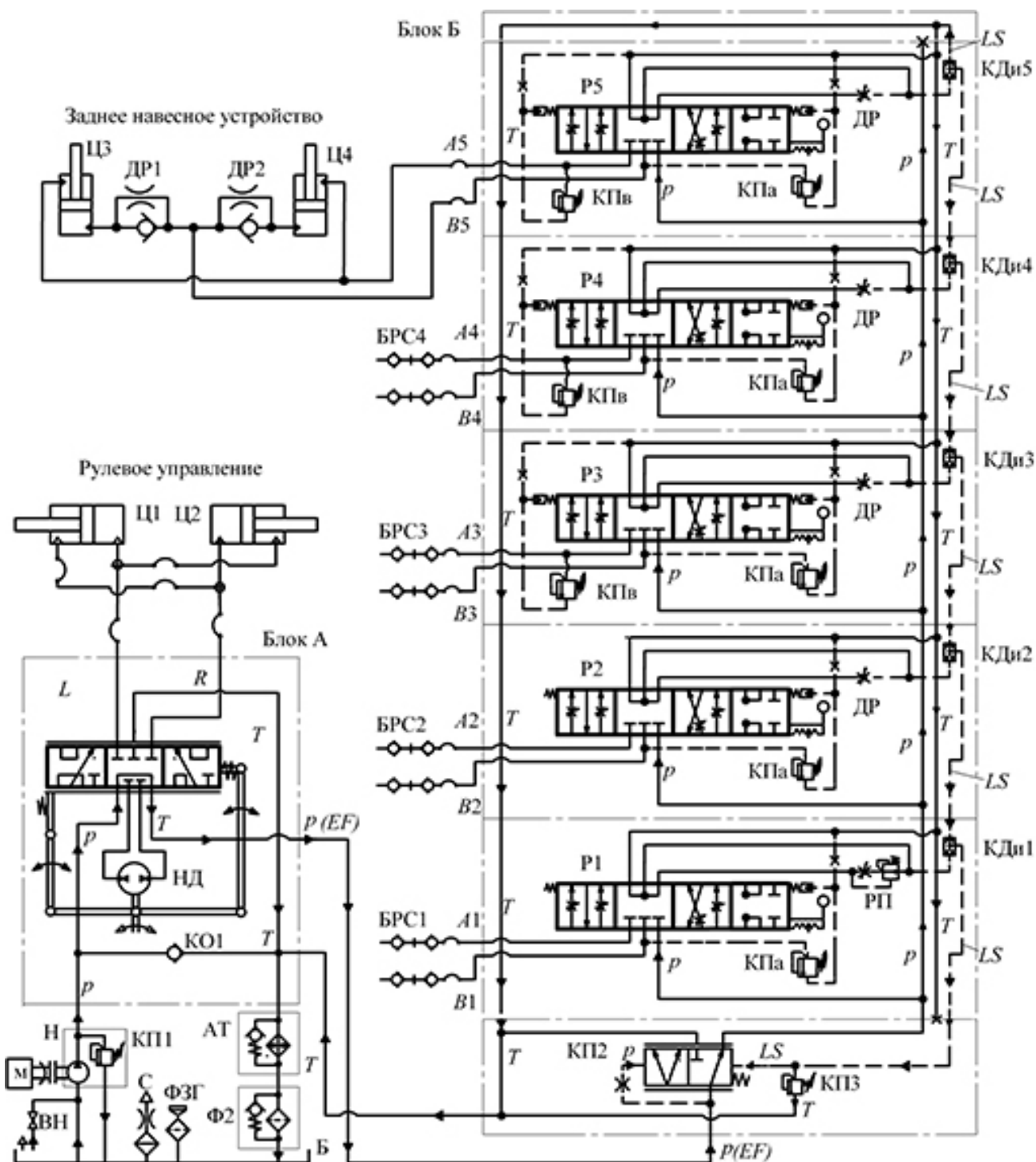


Рисунок 4 — Однонасосная гидравлическая принципиальная схема рулевого управления и навесного оборудования колесного трактора ХТЗ с гидрораспределителем 5 РПС100

с гидравликом ВН прекращается из-за попадания воздуха (показано незатушеванной стрелкой). Но так как всасывающая горловина трубопровода размещена существенно выше горловины параллельного всасывающего трубопровода, то в гидробаке сохраняется некоторое количество рабочей жидкости, которое будет всасываться после перекрытия гидравлика ВН и позволит завершить функционирование гидропривода.

В однонасосном объемном гидроприводе функционирование навесного оборудования блока Б (гидроцилиндров или гидромоторов) обеспечивается только при нейтральном положении рулевого механизма насоса-дозатора НД путем подвода к этому блоку рабочей жидкости по каналу. При отклонении рулевого колеса эта линия автоматически перекрывается насосом-дозатором, обеспечивая приоритет объемному гидроприводе рулевого

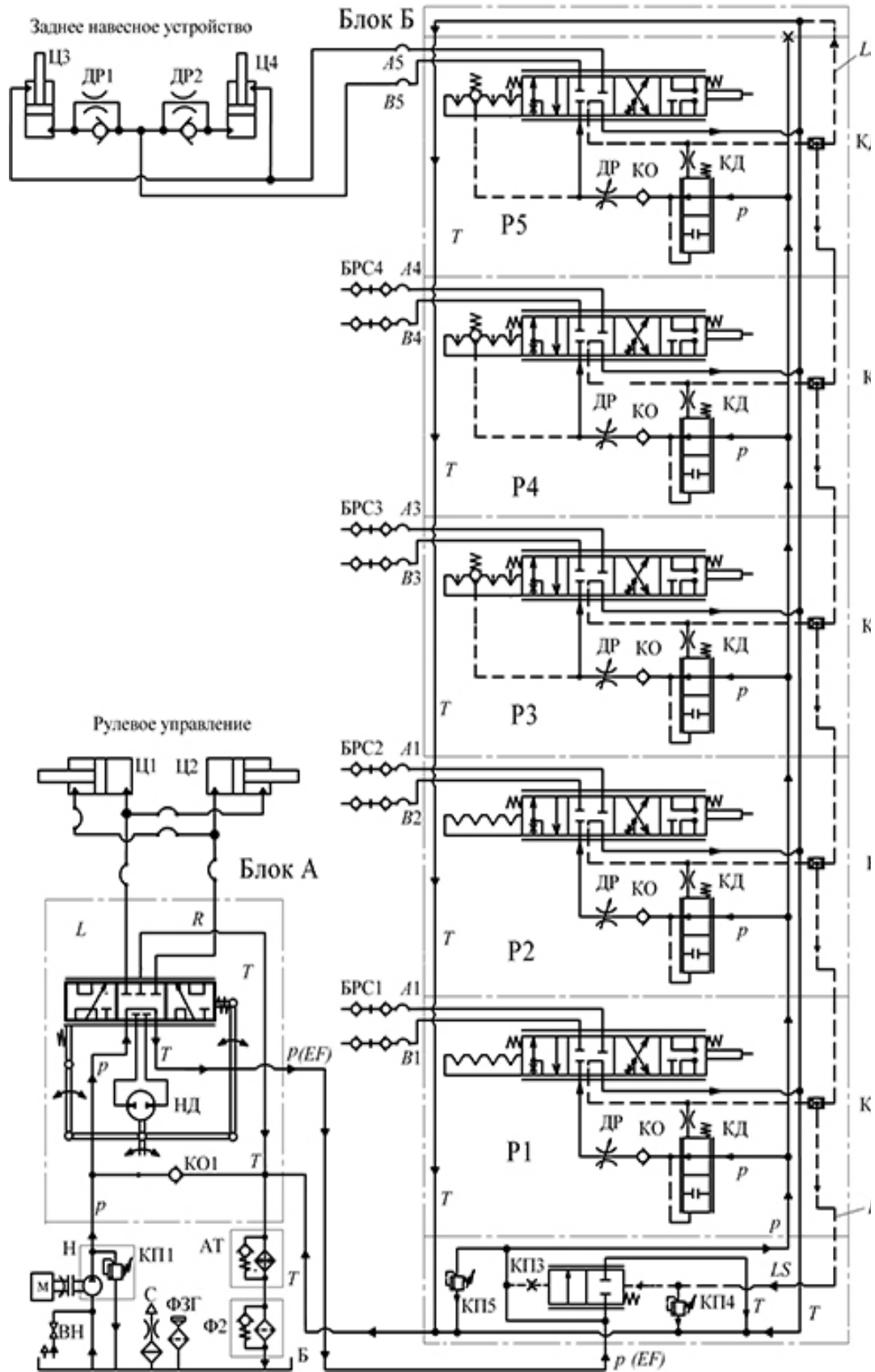


Рисунок 5 — Гидравлическая принципиальная схема объемного гидропривода трактора с гидрораспределителем LSC90 фирмы «Bondioli & Pavesi»

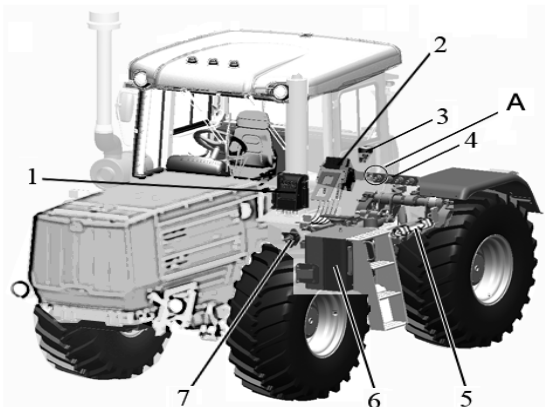


Рисунок 6 — Размещение узлов гидросистемы на тракторе

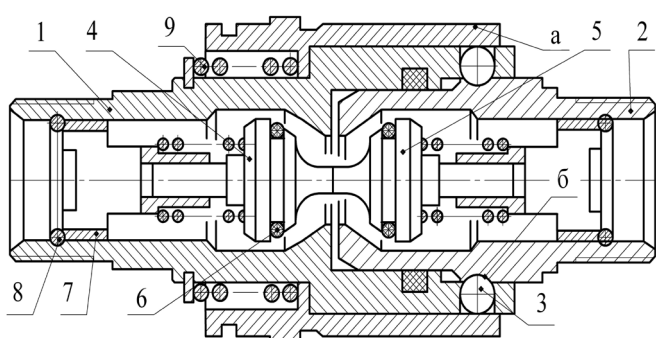


Рисунок 7 — Быстроразъемное соединение БРС (вид А на рисунок 6)

управления. Однонасосный объемный гидропривод позволяет снизить количество заправляемой рабочей жидкости и отказаться от изготовления второго привода насоса.

На рисунке 5 показана гидравлическая принципиальная схема объемного гидропривода трактора с гидрораспределителем LSC90 фирмы *Bonaldi & Pavesi*, особенностью которого является наличие дополнительного предохранительного клапана КП5, пятилинейное исполнение гидрораспределителей, система возврата золотников выполнена с помощью управляющих гидроцилиндров (по аналогии с Р80).

На рисунке 6 показаны места размещения элементов гидросистемы трактора: 1 — рычаги управления секционным гидрораспределителем 2; 3 — сапун; 4 — панель соединительных муфт; 5 — цилиндр силовой; 6 — гидробак; 7 — насос.

На рисунке 7 показан общий вид быстроразъемного соединения БРС, состоящего из охватывающей 1 (HP102X0041) и охватываемой 2 полумуфт с резьбой M20x1,5 на концах, наружной втулки с рифлением «а», шариков 3, устанавливающихся в канавке «б», обратных (запорных) клапанов 4 и 5 с уплотнительными кольцами 6, втулок 7 и замковых колец 8, возвратной пружины 9. Для разъединения муфты необходимо:

- сдвинуть рифленую втулку «а» фиксатора полумуфты 1 до выхода шариков фиксатора, при этом охватываемая полумуфта 2 выталкивается пружинами клапанов 4 и 5 полумуфт;

- закрыть полумуфты защитными пластмассовыми колпачками.

Для соединения полумуфт необходимо:

- сдвинуть рифленую втулку «а» фиксатора охватываемой полумуфты 1 до выхода шариков 3 фиксатора и вставить охватываемую полумуфту 2 до захода шариков фиксатора в канавку «б» корпуса охватываемой полумуфты 2. Отпустить рифленую втулку «а»;

- соединить между собой пластмассовые колпачки.

Наряду с охватываемой полумуфтой HP102X0041 для подсоединения гидросистем, агрегируемых с трактором машин, возможно применение охватываемых полумуфт HP102X0048 и HP102AGF08 с резьбой штуцера M27×1,5 и G 1/2", соответственно.

### Планируемые перспективные разработки ПАО «ХТЗ»

Традиционное для объемного гидропривода тракторов ручное (мускульное) управление гидрораспределителями требует, как правило, приложения значительных усилий от тракториста, вызывая быструю утомляемость, неэффективно реализует пропорциональный (бесступенчатый) режим работы, и поэтому вытесняется системами электрогидравлического управления. На рисунке 8 показаны схемы рабочей секции золотникового гидрораспределителя фирмы *Rexroth Bosch Group* с электромагнитным пропорциональным управлением (а — полуконструктивная, б — принципиальная).

Золотник гидрораспределителя Р1 перемещается с помощью гидроцилиндра Ц двухстороннего действия, к полостям которого подводится рабочая жидкость от пилотного управляющего гидрораспределителя Р2 (точнее, редукционного клапана с электромагнитом двухстороннего действия). Положение золотника гидрораспределителя Р1 контролируется индуктивным датчиком положения ИДП и поступает в качестве сигнала обратной связи в электронный блок. В электронном блоке формируются сигналы управления У1 и У2, поступающие на пропорциональный электромагнит гидрораспределителя Р2. Клапан давления КД обеспечивает жесткость расходной характеристики гидрораспределителя вне зависимости от нагрузки (давления) на гидроцилиндре или гидромоторе. В качестве примера изображены гидрозамки ЗМ1 и ЗМ2, устанавливаемые в одной или двух линиях.

Гидравлическая принципиальная схема объемного гидропривода управления задним валом отбора мощности (ВОМ) двигателя трактора представлена на рисунке 9, в которой основными исполнительными элементами объемного гидропривода являются гидроцилиндры Ц<sub>т</sub> приводов тормоза Т<sub>ВОМ</sub> и Ц<sub>ВОМ</sub> блокирования ВОМ. Гидроцилиндры возвращаются в исходное положение при размыкании муфт тормоза и ВОМ с помощью



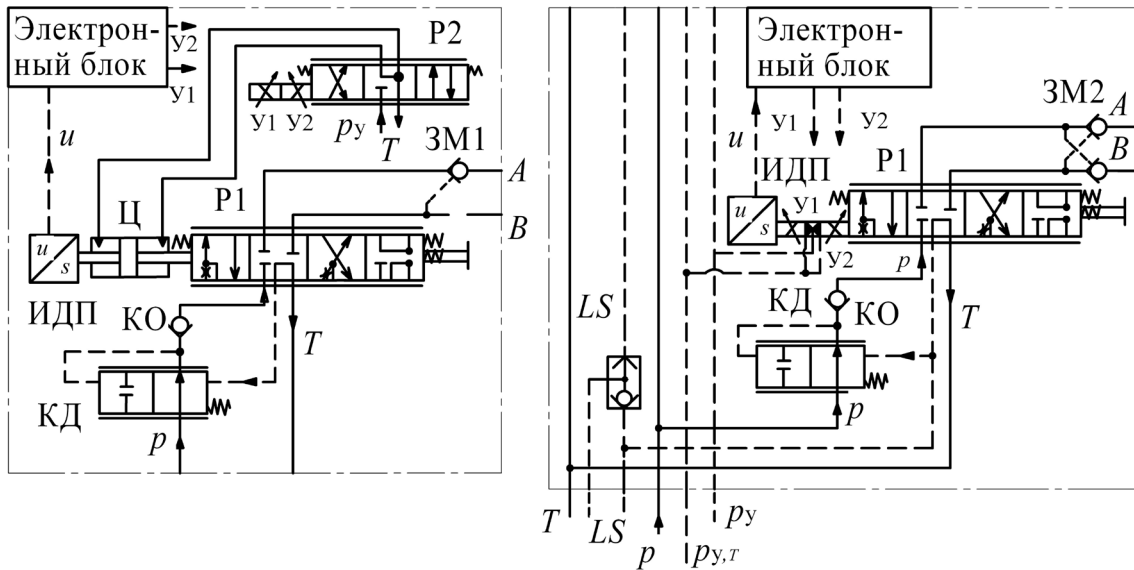


Рисунок 8 — Рабочая секция гидрораспределителя с электрогидравлическим пропорциональным управлением модели SB23LS-EHS фирмы Rexroth Bosch Group [7]

пружин. Управление гидроцилиндрами обеспечивается двумя трехлинейными гидрораспределителями  $P_T$  и  $P_{\text{ВОМ}}$ , к которым постоянно подводится давление от насоса гидросистемы трактора:

$P_{\text{ВОМ}}$  — с электромагнитным пропорциональным управлением и пружинным возвратом в исходную позицию (как показано на схеме). Рабочая жидкость поступает от гидрораспределителя  $P_{\text{ВОМ}}$  к гидроцилиндру  $\text{Ц}_{\text{ВОМ}}$  по линии при подаче питания на электромагнит;

$P_T$  — с гидравлическим управлением от гидрораспределителя  $P_{\text{ВОМ}}$  и пружинным возвратом в исходную позицию (как показано на схеме). Рабочая жидкость к гидроцилиндру  $\text{Ц}_T$  поступает по линии B.

В исходном положении, когда питание на пропорциональный электромагнит гидрораспределителя  $P_{\text{ВОМ}}$  не подается, к поршню гидроцилиндра  $\text{Ц}_T$  тормоза  $T_{\text{ВОМ}}$  подводится давление и тормоз  $T_{\text{ВОМ}}$  находится в замкнутом положении. При подаче электропитания на магнит гидрораспределителя  $P_{\text{ВОМ}}$  золотник последнего смещается вправо и рабочая жидкость под давлением подается к гидроцилиндру  $\text{Ц}_{\text{ВОМ}}$  по линии и ВОМ приводится во вращение. Одновременно под действием этого же давления золотник гидрораспределителя  $P_T$  смещается влево и полость гидроцилиндра  $\text{Ц}_T$  сообщается с линией слива рабочей жидкости в гидробак. Под действием усилия пружины поршень гидроцилиндра  $\text{Ц}_T$  обеспечивает растормаживание ВОМ. Благодаря пропорциональному гидрораспределителю  $P_{\text{ВОМ}}$  обеспечивается достаточно плавное включение вала ВОМ (дозируется расход рабочей жидкости и ограничивается скорость перемещения поршня гидроцилиндра  $\text{Ц}_{\text{ВОМ}}$ ). Реле РД настроено на значение давления 0,6–0,8 МПа.

С целью энергосбережения в объемных гидроприводах мобильных машин разработана система LS с машинно-дрессельным регулированием (рисунок

10, а), в которой регулятор рабочего объема насоса Н обеспечивает автоматическое изменение подачи и давления в соответствии с потребностями гидромотора М по расходу рабочей жидкости и давлению [8].

Объемный гидропривод содержит регулируемый насос Н с приводящим двигателем «М», неререверсивный гидромотор М вращения шнека горизонтальной буровой установки, регулируемый дроссель ДР, фильтр Ф и гидробак Б. В насос Н встроены гидроцилиндры Ц1 и Ц2, воздействующие на узел изменения рабочего объема (наклонный диск аксиальнопоршневого насоса) и два контура регулирования давления управления

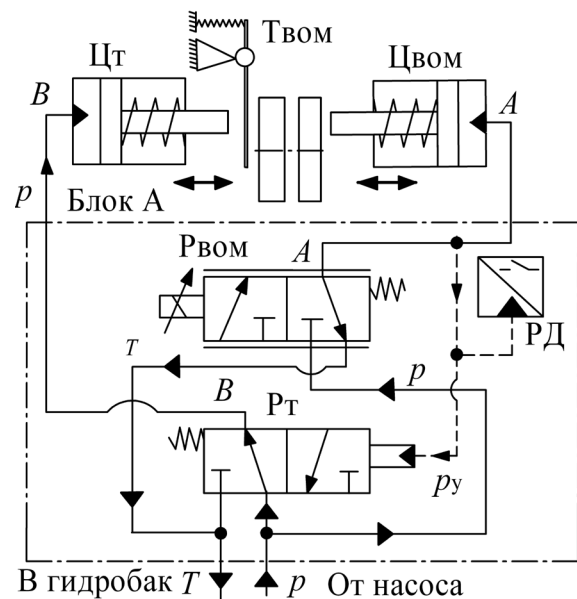


Рисунок 9 — Гидравлическая принципиальная схема управления задним валом отбора мощности (ВОМ) трактора «Беларус – 2522.1» [7]

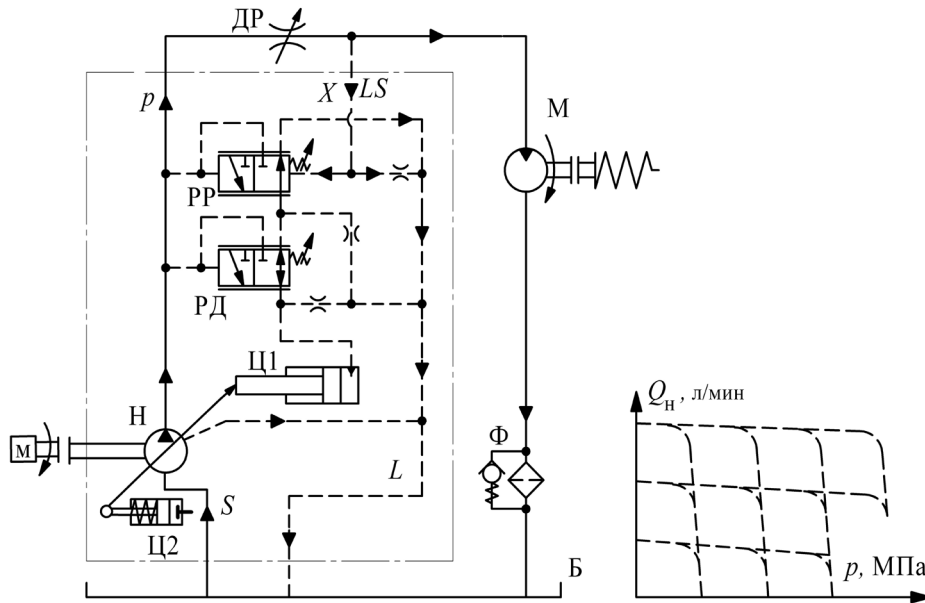


Рисунок 10 — Гидравлическая принципиальная схема аксиальнопоршневого насоса серии С ОАО «Гидросила» с системой автоматического регулирования «подача–давление»

гидроцилиндром Ц1 — регулятор расхода РР и регулятор давления РД. Каждый из регуляторов представляет собой золотник с пропорциональным гидравлическим управлением, на один из торцов которого действует давление нагнетания насоса (до дросселя ДР), а с другой стороны усилие пружины. Кроме того, на регулятор расхода РР действует дополнительно давление из линии нагнетания гидромотора М (после дросселя ДР), которое является управляющим, обеспечивая давление в гидроцилиндре Ц, соответствующее потребляемому гидромотором расходу. При достижении максимального давления, соответствующего предварительной настройке регулятора давления РД (по манометру МН при полностью закрытом дросселе ДР), золотник последнего смещается вправо и направляет рабочую жидкость в гидроцилиндр Ц. Смещение штока гидроцилиндра Ц влево приводит к снижению подачи насоса Н до минимального значения, обеспечивающего поддержание давления настройки регулятора РД. Горизонтальные линии на рисунке 10, б соответствуют режимам работы регулятора расхода РР (снижение подачи вызвано утечками рабочей жидкости в насосе при росте давления нагнетания), а вертикальные линии — срабатываниям регулятора давления. Перепад давлений на дросселе ДР поддерживается в пределах 1,5 МПа, что не приводит к существенным потерям мощности.

В качестве примера приведем результаты расчета потребляемой мощности при  $p_{const} = 20 \text{ МПа}$ ,  $p_{min} = 12 \text{ МПа}$ ,  $Q_{const} = 100 \text{ л/мин}$  и  $Q_{min} = 25 \text{ л/мин}$  [8], определяемой по формулам

$$P_{потр.1} = \frac{Q_{const} \cdot p_{const}}{60} ;$$

$$P_{потр.2} = \frac{Q_{min} \cdot p_{min}}{60} ; P_{потр.3} = \frac{Q_{const} \cdot p_{min}}{60} , \text{ кВт},$$

где  $P_{потр.1}$ ,  $P_{потр.2}$  и  $P_{потр.3}$  — потребляемая мощность для насоса с постоянным рабочим объемом и без системы LS, для насоса с постоянным рабочим объемом и системой LS и для насоса с переменным рабочим объемом и системой LS, соответственно, кВт;  $Q_{const}$  — максимальная подача нерегулируемого насоса;  $Q_{min}$  — минимальная подача насоса, соответствующая действительной потребности гидромотора на конкретном режиме работы;  $p_{const}$  — давление настройки предохранительного клапана, работающего в режиме переливного в объемных гидроприводах с дроссельным управлением;  $p_{min}$  — минимальное давление в линии нагнетания насоса (давление, соответствующее каждому значению конкретной внешней наибольшей нагрузке на один из гидродвигателей плюс постоянное управляющее давление на регуляторе насоса), которое автоматически устанавливается благодаря системе LS.

Таким образом, потребляемая мощность для каждого из объемных гидроприводов

$$P_{потр.1} = 33,3 \text{ кВт} > P_{потр.2} = 20 \text{ кВт} > P_{потр.3} = 5 \text{ кВт}.$$

С точки зрения энергосбережения, первая схема является неэффективной, потребляя постоянно максимальную мощность, вторая схема минимизирует давление при максимальном расходе, а третья схема минимизирует оба параметра гидравлической мощности — расход и давление. Таким образом, для конкретного режима работы объемного гидропривода, потребляющего расход, значение которого менее максимального, и при давлении, соответствующем неполной нагрузке, энергосбережение при использовании системы LS с регулируемым насосом достигает 28,3 кВт по сравнению с традиционной системой дроссельного управления и 13,3 кВт по

сравнению с системой *LS* с нерегулируемым насосом.

Регулятор давления обеспечивает минимизацию рабочего объема насоса при превышении давления в линии нагнетания насоса более настройки пружины регулятора. Регулятор подачи *PP* автоматически настраивает насос *H1* на требуемое значение рабочего объема благодаря воздействию на золотник регулятора давления нагнетания насоса (слева) и пружины и давления в линии нагнетания насоса за дросселем (устанавливается разработчиком объемных гидроприводов). Утечки рабочей жидкости из корпуса насоса *H1* и регуляторов сливаются в гидробак по линии. При запуске насоса благодаря пружине, встроенной в гидроцилиндр *Ц2*, насос автоматически устанавливается на максимальный рабочий объем, обеспечивая высокую всасывающую способность и снижая риск возникновения кавитации. В гидроцилиндр *Ц2* встроен механический ограничитель максимального рабочего объема насоса, настройка которого позволяет снизить максимальный (избыточный для конкретного объемного гидропривода) расход и потери мощности.

На рисунке 11 изображена гидравлическая принципиальная схема насоса типа *PVN45* серии *C2* с автоматическим регулятором рабочего объема типа «давление (*PD*)–расход (*PP*)» и системой энергосбережения *LS*, которая отличается от вышерассмотренной тем, что дополнительно к основному насосу *H1* встроен насос подпитки *H2* с фильтром *F*. Всасывание рабочей жидкости из гидробака *Б* в насос *H2* осуществляется по трубопроводу *S*, из насоса *H2* рабочая жидкость поступает через входное отверстие *F1* фильтра *F* и после очистки рабочей жидкости поступает через отверстие в линию всасывания основного насоса *H1*. Избыток подачи насоса *H2* сливается через обратный клапан *KO1* в его всасывающую линию *S*. Обратный клапан *KO2* перепускает рабочую жидкость из канала *F1* в канал *F0* при засорении фильтроэлемента, предохраняя его от разрыва. Предохранительный клапан *KП* защищает магистраль всасывания насоса *H1* от превышения давления сверх допустимого. Насос подпитки снижает риск возникновения кавитации, например, при эксплуатации мобильных машин на низких температурах окружающего воздуха.

По аналогичной гидравлической схеме выпускается насос *A10C* с рабочим объемом  $57 \text{ см}^3$  фирмы *Rexroth Bosch Group* и дополнительным выходом из насоса подпитки для обеспечения рабочей жидкости для смазки и управления коробкой передач трактора.

## Выводы

Принята к реализации программа повышения технического уровня объемных гидроприводов навесного оборудования путем перехода на первом этапе на секционные гидрораспределители с пропорциональным управлением, и в перспективе — на насосы с регулируемым рабочим объемом, оснащенные системами энергосбережения.

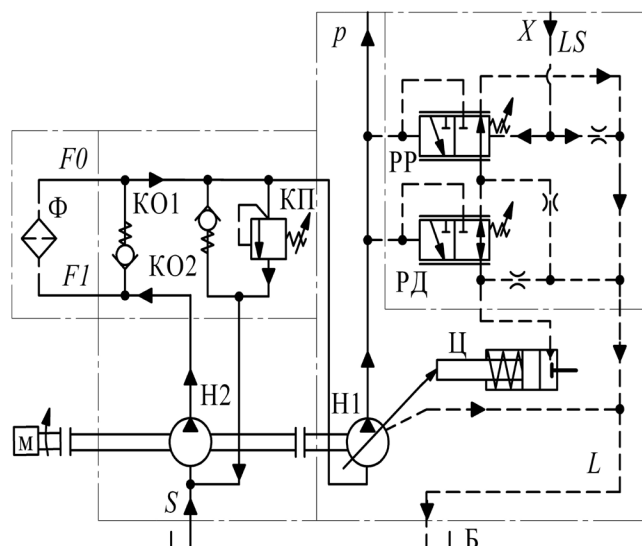


Рисунок 11— Гидравлическая принципиальная схема аксиальнопоршневого насоса серии *C2* производства ОАО «Гидросила» с встроенным насосом подпитки и системой автоматического регулирования «подача–давление»

## Литература

1. Трактор ХТ317021. Инструкция по эксплуатации. 170.00.000 ИЭ. — ОАО «Харьковский тракторный завод». — Харьков. — 1999. — 178 с.
2. Трактор ХТ317021. Инструкция по эксплуатации. 170.00.000 ИЭ. Дополнение к руководству по эксплуатации. — ПАО «Харьковский тракторный завод». — Харьков. — 2013. — 13 с.
3. Трактор ХТ3150K09 и ХТ3150K12. Руководство по эксплуатации. 151.00.000 РЭ. ОАО «Харьковский тракторный завод им. С.Орджоникидзе». — Харьков. — 2007. — 133 с.
4. Т156Б Погрузчик. Руководство по эксплуатации. 156.00.000 РЭ. ОАО «Харьковский тракторный завод». — Харьков. — 2000. — 200 с.
5. Тракторы ХТ31500509 и ХТ3181. Руководство по эксплуатации. 150.00.000 РЭ. ПАО «Харьковский тракторный завод им. С.Орджоникидзе». — Харьков. — 2011. — 204 с.
6. Каталог тракторов 20082009. Стандартная и специальная техника. Информацийний щомісячник «Пропозиція». Український журнал з питань агробізнесу. — 2009. — 258 с.
7. Трактор Беларус 2522.1/2822.1/3022.1. Руководство по эксплуатации. 2е издание, переработанное и дополненное 3022.1 0000010 РЭ (дополнение к Руководству по эксплуатации трактора Беларус 2522В/2522ДВ/2822ДЦ/3022В/3022ДВ). — ГСКБМТЗ. — 2008. — 47 с.
8. Бондарь, В.А. Система Load Sensing в сельскохозяйственной технике / В.А. Бондарь // Вибрации в технике и технологиях. — 2003. — № 4(30). — С. 19–26.

## References

1. Traktor XTZ17021. Instruktsiya po eksploatatsii. 170.00.000 IE. — OAO Kharkov traktor plant. — Kharkov. — 1999. — 178 p.
2. Traktor XTZ17021. Instruktsiya po eksploatatsii. 170.00.000 IE. — Dopolnenie k instruktsii po eksploatatsii. — OAO Kharkov traktor plant. — Kharkov. — 2013. — 13 p.
3. Traktor XTZ 150K09 i XTZ 150K12. Rukovodstvo po eksploatatsii. 151.00.000 RE. — OAO Kharkov traktor plant. — Kharkov. — 2007. — 133 p.
4. T156B Pogruzchik. Rukovodstvo po eksploatatsii. 156.00.000 RE. — OAO Kharkov traktor plant. — Kharkov. — 2000. — 200 p.
5. Traktory XTZ1500509 i XTZ181. Pogruzchik. Rukovodstvo po eksploatatsii 150.00.000 RE. — OAO Kharkov traktor plant. — Kharkov. — 2011. — 204 p.
6. Katalog traktorov 20082009. Standartnaya i spetsialnaya tekhnika. Informatsiynny shchomisyachnyk «Propozitsiya». Ukrainskiy zhurnal z pytan agrobiznesu. — 2009. — 258 p.
7. Traktory Belarus 2522.1/2822.1/3022.1. Rukovodstvo po eksploatatsii 2e izdanie, pererabotannoe i dopolnennoe 3022.1000010 RE (dopolnenie k Rukovodstvo po eksploatatsii Traktory Belarus 2522B/2522DV/ 2822 DTS/3022V/ 3022DV). — GSKB — MTZ. — 2008. — 47 p.
8. Bondar, V.A. Systema Load Sensing v selskokhozyaystvennoy tekhnike / V. A. Bondar // Vibratsii v tekhnike i tekhnologiyah. — 2003. — № 4(30). — P. 19—26.

Стаття надійшла 23.06.2014 року

## УДК 621.22

### Модернізація об'ємних гідроприводів навісного устаткування колісних тракторів ПАО «ХТЗ ім. С. Орджонікідзе»

Г.О. Аврунін, В.І.Аносов,  
В.М. Рулев, В.Б. Самородов

Надано аналіз використання об'ємних гідроприводів для навісного технологічного устаткування колісних тракторів залежно від настановної потужності двигунів внутрішнього згорання. Показано, що сучасний рівень тисків знаходиться в діапазоні від 12 до 21 МПа, а витрати насосів від 18 до 280 л/хв. Розглянуто номенклатуру та основні принципові гідравлічні схеми об'ємних гідроприводів навісного устаткування і рульового управління сімейства тракторів виробництва Харківського тракторного заводу ім. С. Орджонікідзе, зокрема з використанням сучасних енергозберігаючих систем. Стаття може зацікавити фахівців, що займаються розробкою і експлуатацією об'ємних гідроприводів для мобільних машин різного призначення, аспірантів, студентів і інженерів.

*Ключові слова:* насос, гідророзподільник, насос-дозатор, гідроциліндр, енергозбереження, аксіально-поршневий насос з автоматичним регулятором «витрата-тиск».

## UDC 621.22

### Modernization of hydraulic fluid power technological equipment of the wheeled tractors of PAO «S. Ordzhonikidze KHTZ»

G.A. Avrunin, V.I. Anosov,  
V.N. Ruliov, V.B. Samorodov

In the article the analysis of the use of hydraulic fluid power is given for the technological equipment of the wheeled tractors depending on adjusting power of combustion engines. It is shown that a modern level of pressures is in a range from 12 to 21 MPa, and serve of pumps from 18 to 280 l/min. To consider nomenclature and basic fundamental hydraulic charts of hydraulic fluid power equipment and steering management of family of tractors of production of the Kharkov S. Ordzhonikidze traktor plant the name of S. Ordzhonikidze, in that with the use of the modern energysaving systems. The article is of interest for specialists, engaging in development and exploitation of hydraulic fluid power the mobile machines of the different setting, graduate students, students and engineers.

*Key words:* pump, valve, metering pump-device, hydro-cylinder, energy-savings, axial piston pump with automatic regulator «flow-pressure»