

УДК 532:621.869.447.43

*В. И. Мрочек, Т. В. Мрочек, С. Ф. Шашенко, А. И. Пузиков*

## ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАБОЧИМ ОБОРУДОВАНИЕМ И НАПРАВЛЕНИЕМ ДВИЖЕНИЯ ФРОНТАЛЬНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ

UDC 532:621.869.447.43

*V. I. Mrochek, T. V. Mrochek, S. F. Shashenko, A. I. Puzikov*

## HYDRAULIC SYSTEMS TO CONTROL OPERATING EQUIPMENT AND DIRECTION OF MOTION IN FRONT-END LOADERS

### Аннотация

Разработаны функциональные схемы гидросистем с дроссельным и объемным принципами регулирования наиболее распространенных отечественных и иностранных фронтальных погрузчиков. Проведен их анализ, позволяющий определить направления технического совершенствования и повышения конкурентоспособности.

### Ключевые слова:

фронтальный погрузчик, функциональная схема, гидросистема, погрузочное оборудование, рулевое управление.

### Abstract

The paper presents functional schemes of hydraulic systems with throttle and volumetric principles of control used in the most common domestic and foreign front-end loaders. The analysis of these functional schemes has been accomplished which allows determining directions of their technical improvement and competitiveness increase.

### Key words:

front-end loader, functional scheme, hydraulic system, loading equipment, steering.

Фронтальные погрузчики относятся к числу наиболее распространенных строительно-дорожных машин. Широкое применение эти машины находят также в коммунальном, сельском, лесном и портовом хозяйствах, при добыче полезных ископаемых и др.

Важной составной частью, оказы-вающей влияние на технико-экономи-ческие показатели погрузчика, выступа-ет гидравлическая система управления рабочим оборудованием и направлени-ем движения. Далее указанную систему будем называть гидросистемой фрон-тального погрузчика и при этом подраз-умевать, что она содержит две подси-стемы: управления рабочим оборудова-

нием и рулевого управления.

Рассмотрим наиболее значимые отличительные особенности гидроси-стем фронтальных погрузчиков, широ-ко используемых в народном хозяй-стве РБ и РФ.

Самым известным производителем фронтальных погрузчиков в РБ и РФ является ОАО «Амкодор». В 2013 г. на долю этого предприятия приходилось около 17 % рынка фронтальных погруз-чиков в РФ [1]. В настоящее время ли-нейка погрузчиков, изготавливаемых ОАО «Амкодор», представлена семью базовыми моделями грузоподъемно-стью от 2,5 до 7 т.

На рис. 1 приведена функциональ-

ная схема гидросистемы широко известного фронтального погрузчика А-333 (ТО-18Б) [2]. В обеих подсистемах рассматриваемой гидросхемы используются два одинаковых нерегулируемых асиально-поршневых насоса (Н1 и Н2). В подсистеме рулевого управления установлен также реверсивный гидромотор М, имеющий постоянную кине-

матическую связь с колесами и применяемый при буксировке погрузчика. Подсистема управления погрузочным оборудованием 1 содержит два контура управления: стрелой (цилиндры Ц1 и Ц2) и ковшом (цилиндр Ц3). В обоих контурах реализован дроссельный принцип регулирования.

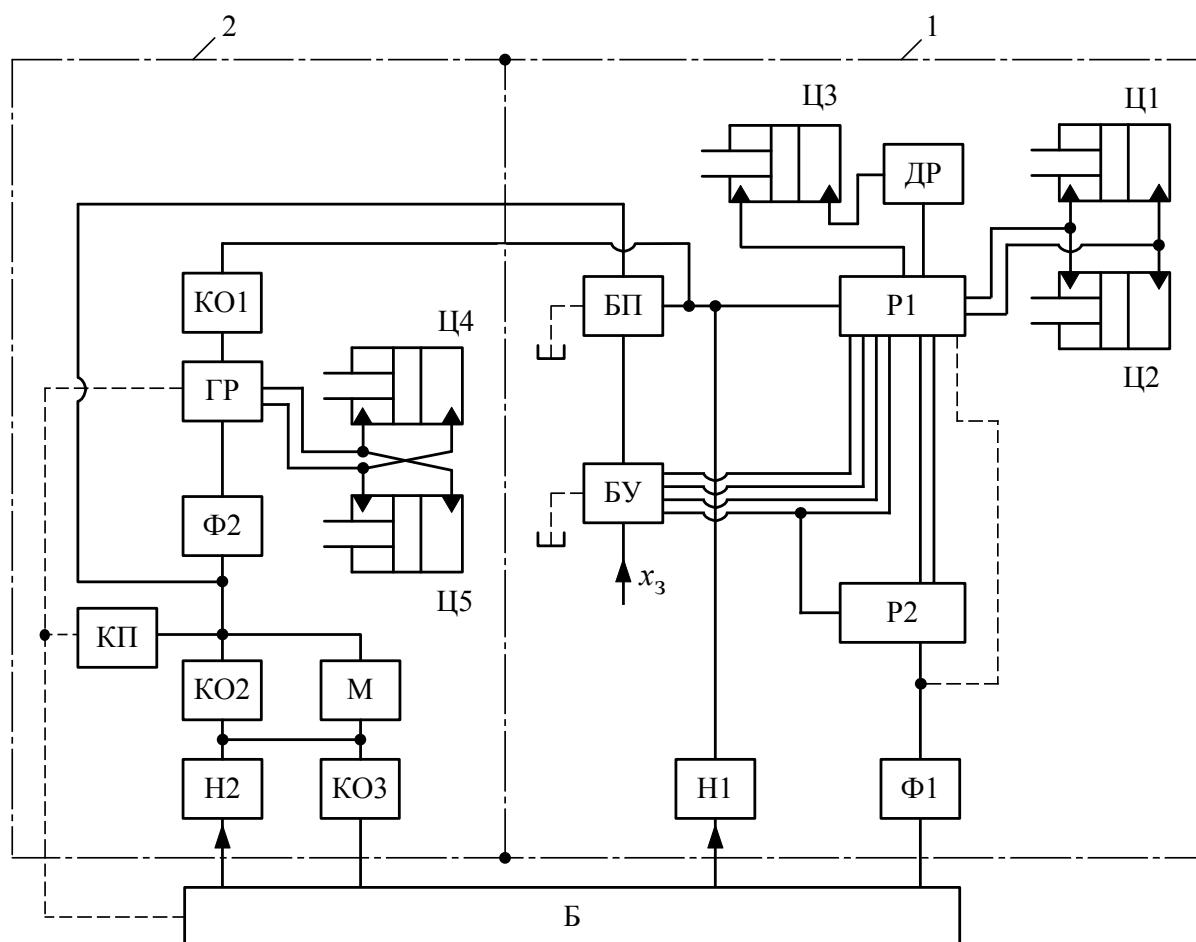


Рис. 1. Функциональная схема гидросистемы фронтального погрузчика А-333 (ТО-18Б): 1 – подсистема управления погрузочным оборудованием; 2 – подсистема рулевого управления; Н1, Н2 – насосы; М – гидромотор; Р1, Р2 – гидрораспределители; Ц1, Ц2 – гидроцилиндры управления стрелой; Ц3 – гидроцилиндр управления ковшом; Ц4, Ц5 – гидроцилиндры поворота; БП – блок питания; БУ – блок управления; ГР – гидроруль; КО1, КО2, КО3 – обратные клапаны; КП – предохранительный клапан; ДР – гидродроссель; Б – гидробак; Ф1, Ф2 – фильтры;  $x_3$  – задающее воздействие; --- – сливы трубопроводы

Регулирование скорости выполнения рабочих операций осуществляется за счет дросселирования с помощью золотников гидрораспределителя Р1 потоков рабочей жидкости. При этом гидрораспределитель Р1 содержит две рабочие секции, в каждой из которых уста-

новлены трехпозиционные золотники. Управление золотниками гидрораспределителя Р1 производится с помощью блока управления БУ. Задающее воздействие  $x_3$  подается оператором на одну из четырех рукояток БУ. Питание БУ осуществляется низким давлением

(3...4,5 МПа), создаваемым блоком питания БП. Блок питания содержит пневмогидроаккумулятор и четыре клапана: ИЛИ, редукционный, предохранительный, обратный. На вход БП рабочая жидкость поступает от насосов Н1 и Н2. Двухпозиционный гидрораспределитель Р2 предназначен для обеспечения в контуре управления стрелой (цилиндры Ц1 и Ц2) позиции «плавающая». Включение Р2 осуществляется давлением, формируемым БУ и имеющим более высокий уровень, чем тот, который требуется для управления золотником распределителя Р1. При включении гидрораспределителя Р2 два предохранительных клапана, установленные в Р1 на выходах к Ц1 и Ц2, настраиваются на низкие давления. Давление в напорной линии насоса Н1 ограничивается третьим предохранительным клапаном, установленным в Р1.

Разгрузка насоса Н1 обеспечивается путем перепуска рабочей жидкости на слив через распределитель Р1 (при нейтральных позициях обоих золотников Р1).

Разгрузка насоса Н2 осуществляется путем подключения его к сливу через подсистему управления погружочным оборудованием (через золотник ГР и два золотника Р1). При этом все золотники (ГР и Р1) должны находиться в нейтральных позициях. При включении рабочих позиций в распределителе ГР насос Н2 отключается от слива и работает только на рулевое управление. При нейтральной позиции распределителя ГР насос Н2 подключается к напорной линии насоса Н1. В этом случае при осуществлении управления погружочным оборудованием питание подсистемы 1 производится одновременно от обоих насосов (Н1 и Н2).

Клапан КП настроен на давление 15 МПа, а предохранительный клапан в напорной линии насоса Н1 (расположен в Р1) – на давление 20 МПа.

Для улучшения условий всасывания насосов, а также снижения возможности попадания в рабочую жидкость загрязнителей в рассматриваемой системе установлен гидробак Б закрытого типа, в котором поддерживается избыточное давление в пределах 20...75 кПа.

На рис. 2 представлена функциональная схема системы, разработанной на ОАО «Амкодор» сравнительно недавно [3]. Обозначения устройств на рис. 2 соответствуют принятым на рис. 1.

Отличительные особенности отображенной на рис. 2 схемы (в сравнении с рис. 1) заключаются в следующем:

- подсистема управления погружочным оборудованием содержит только один распределитель Р. Обеспечение в контуре управления стрелой (цилиндры Ц1 и Ц2) позиции «плавающая» достигается путем установки в Р четырехпозиционного золотника;

- в блоке БУ вместо четырех предусмотрены две рукоятки;

- в подсистеме рулевого управления установлен приоритетный клапан КПР, обеспечивающий подключение насоса Н2 (при нейтральной позиции золотника ГР) к напорной линии насоса Н1. В системе (рис. 1) функции приоритетного клапана выполнял распределитель ГР. Также в подсистеме рулевого управления установлен клапан разгрузки насоса КРН (насоса Н2). Вместо гидромотора М в данной схеме установлен реверсивный насос Н3, имеющий постоянную кинематическую связь с колесами погрузчика.

На рис. 3 представлена функциональная схема подсистемы управления погружочным управлением машины МоАЗ-4055 [4].

Указанный фронтальный погрузчик называют погружечно-доставочной машиной (ПДМ). Предназначена ПДМ для работы в подземных условиях при добыче полезных ископаемых.

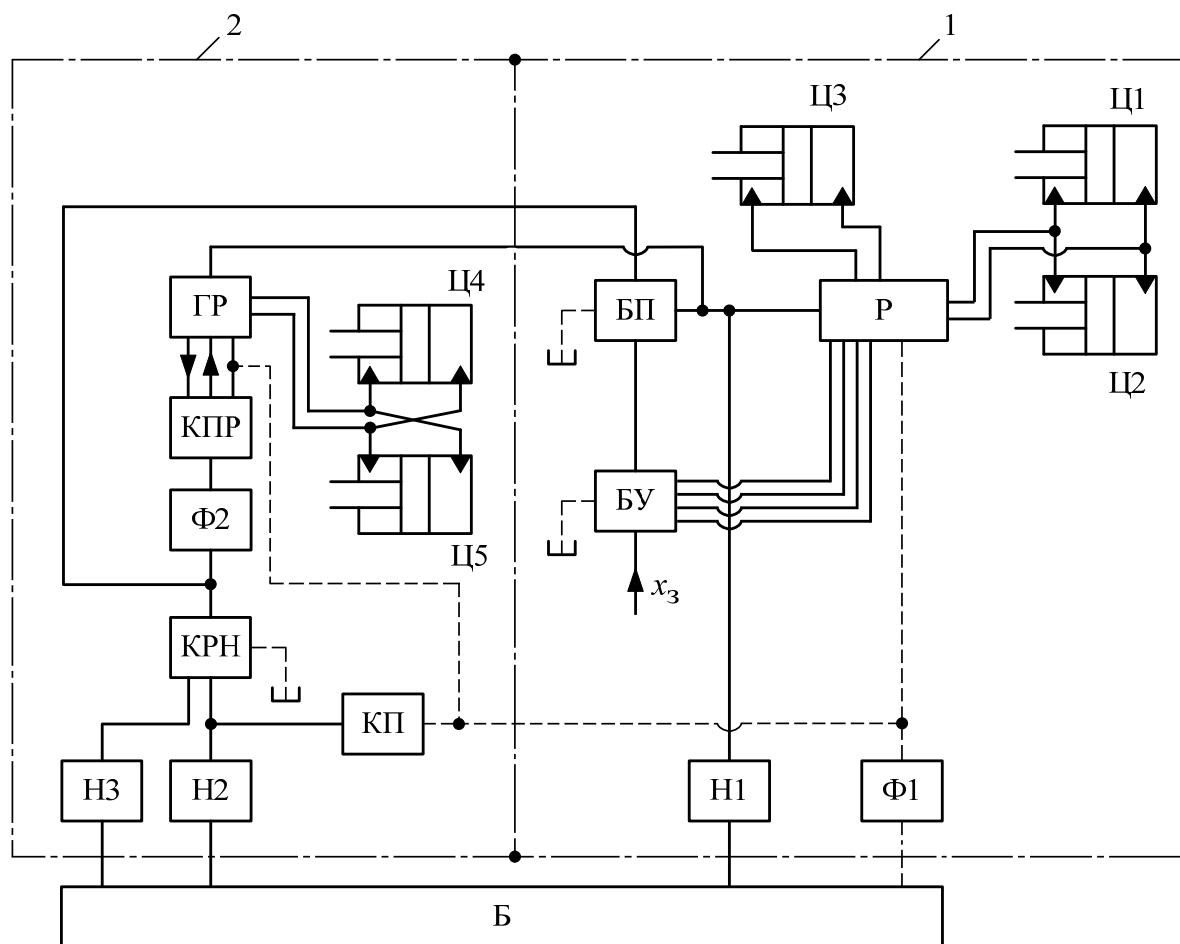


Рис. 2. Функциональная схема гидросистемы фронтальных погрузчиков Амкодор-333В, 333В-01

Гидросистема машины МоАЗ-4055 объединяет три подсистемы управления: погрузочным оборудованием, рулевым управлением и тормозами. В каждой из подсистем установлено по одному насосу (фирмы SAUER DANFOSS). Отличительная особенность подсистемы на рис. 3 заключается в том, что в ней предусмотрены три контура управления: стрелой, ковшом и выталкивателем. При этом для управления тремя контурами используется дросселирующий распределитель с двумя рабочими секциями, в каждой из которых установлен трехпозиционный золотник. В связи с этим возникла необходимость в установке дополнительных устройств: блока управления БУ2, блока логики БЛ и переключателя П. Блок логики содержит три логических клапана «ИЛИ», а рукоятка БУ2 имеет две фиксируемые позиции. В одной из них с

помощью БУ1 осуществляется управление ковшом (цилиндр Ц3) а во второй – выталкивателем (цилиндры Ц4 и Ц5). В блоке БУ1 для управления используется джойстик.

Отличие блока питания БП от представленных на рис. 1 и 2 заключается в том, что в данном случае гидропневматический аккумулятор расположен не в блоке, а в подсистеме управления тормозами ПУТ. Причем в ПУТ установлены три аккумулятора. Гидравлический сигнал от аккумуляторов ПУТ подводится к БП. Кроме этого, БП соединен с насосом подсистемы рулевого управления ПРУ.

В рассматриваемой подсистеме также предусмотрено подключение через приоритетный клапан КПР насоса подсистемы рулевого управления к выходу насоса Н1.

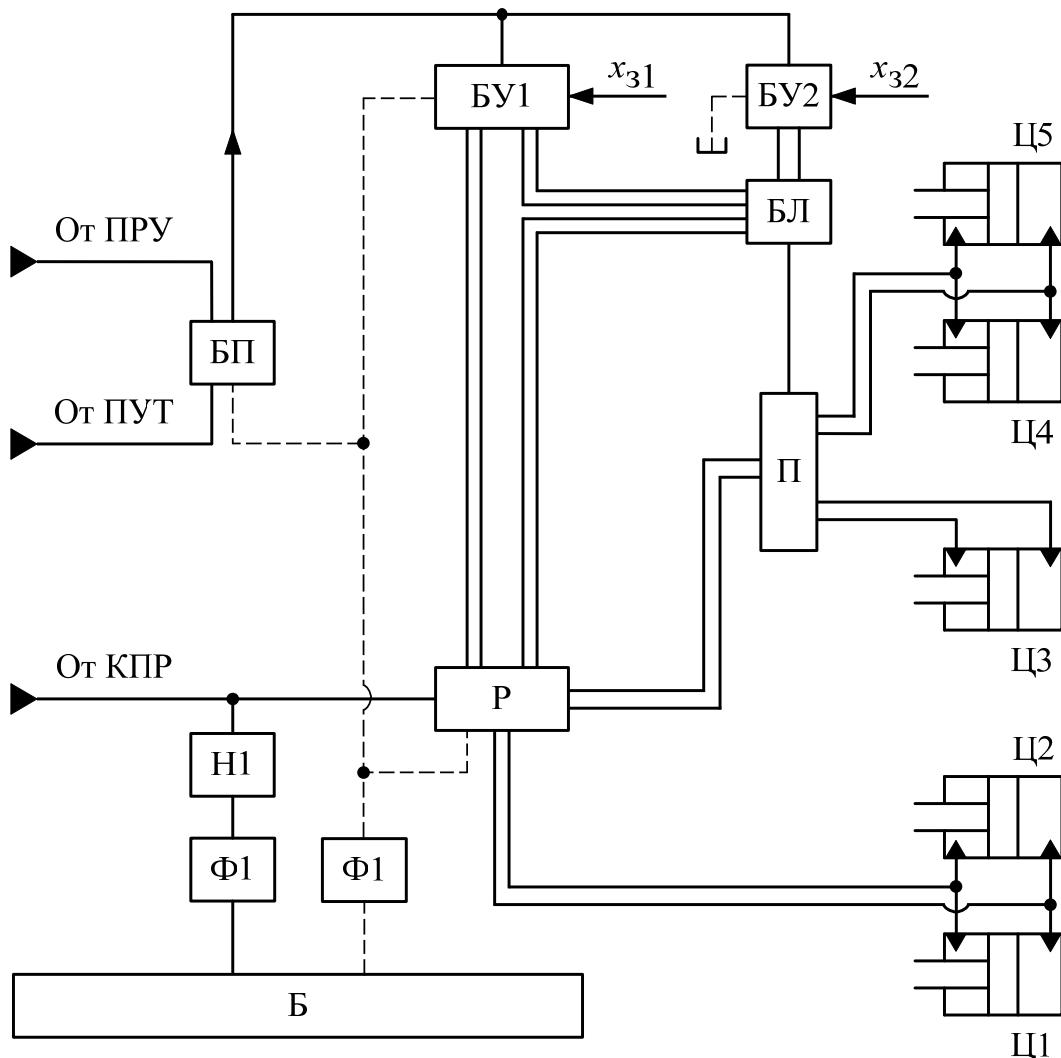


Рис. 3. Функциональная схема подсистемы управления погрузочным оборудованием погрузочно-доставочной машины MoA3-4055: Н1 – насос; Р – гидрораспределитель; П – переключатель; Ц1, Ц2 – цилиндры управления стрелой; Ц3 – цилиндр управления ковшом; Ц4, Ц5 – цилиндры управления выталкивателем; БП – блок питания; БУ1, БУ2 – блоки управления; БЛ – блок логики; Ф1, Ф2 – фильтры; Б – бак; ПРУ – подсистема рулевого управления; ПУТ – подсистема управления тормозами; КПР – приоритетный клапан;  $x_{31}$ ,  $x_{32}$  – задающие воздействия

На рис. 4 представлена функциональная схема гидросистемы фронтального погрузчика БелАЗ-7822 [5]. В данной системе установлены два регулируемых насоса Н1 и Н3 (фирмы Bosch Rexroth). Напорная линия насоса Н1 постоянно подключена к распределителю Р, а напорная линия насоса Н3 подключается к распределителю приоритетным клапаном, расположенным в РУ (при нейтральной позиции золотника распределителя рулевого управления).

Дросселирующий распределитель Р имеет четыре рабочие секции, в каждой

из которых установлен трехпозиционный золотник. Применение четырех секций для управления двумя контурами обусловлено большими расходами рабочей жидкости в гидросистеме и стремлением уменьшить потери энергии. При этом первая и вторая секции Р питаны от Н1, а третья и четвертая – от Н3. Большие расходы в гидросистеме вызваны тем, что погрузчик БелАЗ-7822 (из всех рассмотренных в данной статье) имеет наибольшую грузоподъемность – 12 т, а увеличение грузоподъемности, как известно, сопровождается и ростом

расходов. Кроме этого, в распределителе установлено шесть предохранительных клапанов: два – в линиях питания,

четыре – в линиях управления цилиндрами.

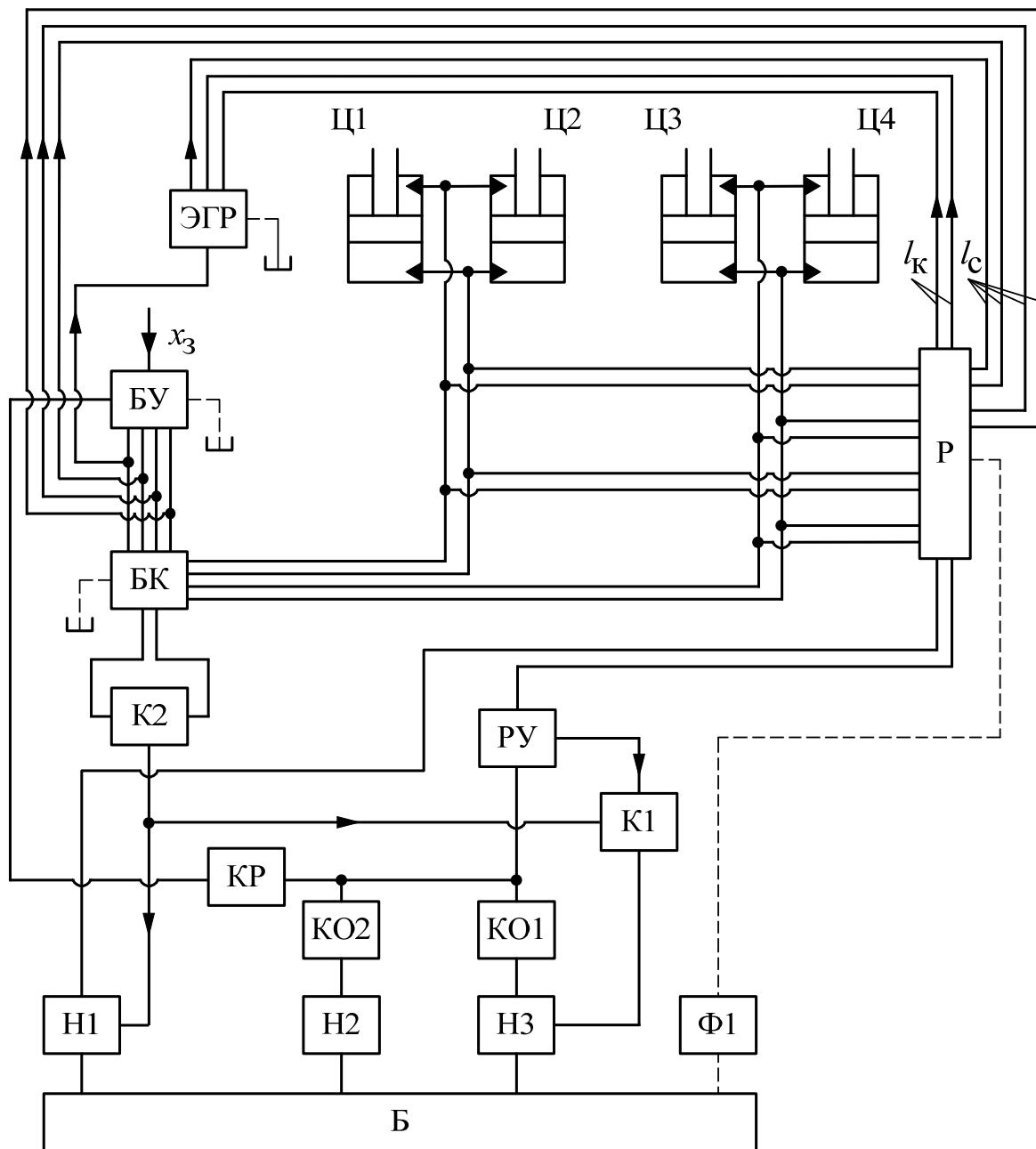


Рис. 4. Функциональная схема гидросистемы фронтального погрузчика БелАЗ-7822: Н1 – насос подсистемы управления погрузочным оборудованием; Н2 – аварийный насос; Н3 – насос подсистемы рулевого управления; РУ – рулевое управление; Ц1, Ц2 – цилиндры управления стрелой; Ц3, Ц4 – цилиндры управления ковшом; Р – гидрораспределитель; ЭГР – электрогидравлический распределитель; БУ – блок управления; БК – блок клапанов; К1, К2 – логические клапаны «ИЛИ»; КР – редукционный клапан; КО1, КО2 – обратные клапаны; Ф – фильтр; Б – бак;  $x_3$  – задающее воздействие;  $l_k$  – линии управления предохранительными клапанами;  $l_c$  – линии управления золотниками рабочих секций

Для изменения скоростей выполнения рабочих операций регулируемые насосы Н1 и Н3 содержат регуляторы,

изменяющие подачу в зависимости от разности давлений  $\Delta p$  на выходе насоса и в полостях цилиндров (тех, к которым

в данном движении подключен насос). При этом, чем выше  $\Delta p$ , тем меньше рабочий объем и подача насоса, а следовательно, и скорость выполнения рабочей операции.

Основной вклад в сопротивление линий, соединяющих насосы с цилиндрами, вносит распределитель Р. Сопротивление распределителя зависит от положений золотников, определяемых уровнями давлений в торцевых полостях, задаваемых с помощью блока управления БУ. Блок управления содержит четыре пары устройств, каждая из которых состоит из двухпозиционного трехлинейного распределителя с ручным управлением и редукционного клапана. Питание БУ осуществляется низким давлением (с выхода редукционного клапана КР). Сигналы управления, формируемые БУ, подводятся одновременно к торцевым полостям золотников Р и к блоку клапанов БК. Блок клапанов предназначен для соединения выходов рабочих секций распределителя Р (линий управления цилиндрами) с линиями управления регуляторов насосов Н1 и Н3.

Электрогидравлический распределитель ЭГР содержит три двухпозиционных золотника, управляемые электромагнитами. При этом два золотника используются для управления двумя предохранительными клапанами Р и обеспечения в контуре управления стрелой позиции «плавающая». Третий золотник с электромагнитом предназначен для ограничения верхнего положения стрелы. Через этот золотник ЭГР проходит сигнал управления от БУ к Р. При срабатывании золотника линия управления подключается к сливу, что приводит к выключению рабочих секций распределителя Р.

На рис. 5 отображена функциональная схема гидросистемы фронтального погрузчика польского производства Dresssta 534E грузоподъемностью 5 т [6]. Отличительной особенностью данного погрузчика является то, что его создатели при проектировании ориентировались на использование узлов и агрегатов польского производства. Для питания гидросистемы применяются шестеренные насосы Н1...Н3. Насос Н3 реверсивный. Подключается этот насос блоком клапанов аварийной системы поворота БКАС к РУ и БП при неработающем насосе Н2.

Дросселирующий распределитель Р содержит две рабочие секции: управления стрелой и ковшом. В секции управления стрелой установлен четырехпозиционный золотник, а в секции управления ковшом – трехпозиционный. В принципе, схемы распределителя Р и блока питания БП не отличаются от рассмотренных ранее.

Важным отличием схемы, представленной на рис. 5, является наличие в ней более совершенной системы охлаждения рабочей жидкости и клапана аварийного опускания стрелы КАО, имеющего ручное управление.

Система охлаждения содержит регулируемый аксиально-поршневой насос Н4, гидромотор М привода вентилятора и теплообменник Т. Использование приведенной системы охлаждения позволяет обеспечивать требуемые температурные режимы в гидравлической части при работе погрузчика в технологических циклах большой напряженности.

На рис. 6 представлена функциональная схема гидросистемы фронтального погрузчика ZL50G производства КНР (фирма XCMG) [7]. Доля фирмы XCMG в импорте погрузчиков в 2013 г. в РФ составляла 21 % [1].

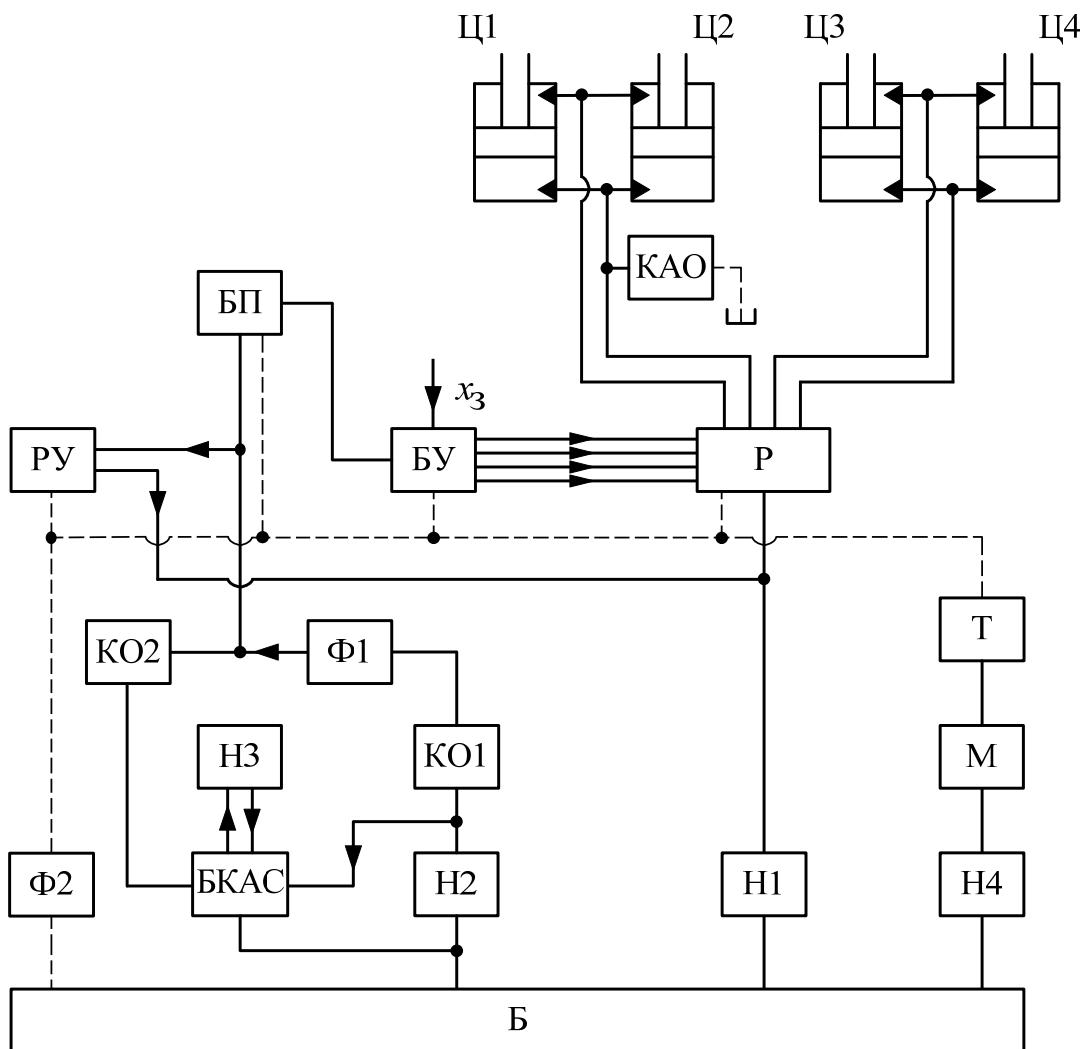


Рис. 5. Функциональная схема гидросистемы фронтального погрузчика Dressta 534Е: Н1 – насос подсистемы управления погрузочным оборудованием; Н2 – насос рулевого управления; Н3 – насос аварийной системы поворота; Н4 – насос системы охлаждения; М – мотор привода вентилятора; Т – теплообменник; Ц1, Ц2 – цилиндры управления стрелой; Ц3, Ц4 – цилиндры управления ковшом; БП, БУ – блоки питания и управления; Р – распределитель; РУ – рулевое управление; КАО – клапан аварийного опускания стрелы; БКАС – блок клапанов аварийной системы поворота; КО1, КО2 – обратные клапаны; Ф1, Ф2 – фильтры; Б – бак;  $x$  – задающее воздействие

В рассматриваемой схеме используются два нерегулируемых насоса Н1 и Н2. Дросселирующий распределитель Р содержит две рабочие секции, в каждой из которых установлен трехпозиционный золотник. Предусмотрено также подключение насоса Н2 (при выключенном распределителе РУ) к напорной линии насоса Н1.

Отличительной особенностью вышеприведенной схемы является то, что в ней отсутствует блок питания, предназначенный для формирования давления низкого уровня, подводимого к блоку

управления БУ и используемого для управления распределителем Р. Для получения давления низкого уровня в схеме (см. рис. 6) установлен двухпоточный насос Н1, одна секция которого (с небольшой подачей) подключена к БУ и РУ. Давление на выходе этой секции поддерживается переливным клапаном и составляет 2,5 МПа. Основная секция (вторая) насоса Н1 с большой подачей используется для питания распределителя Р. Подвод низкого уровня давления к РУ (чего не было у всех рассмотренных ранее схем) обусловлен тем, что

рулевое управление погрузчика ZL50G принципиально отличается от других,

имея при этом более простое устройство и низкую себестоимость.

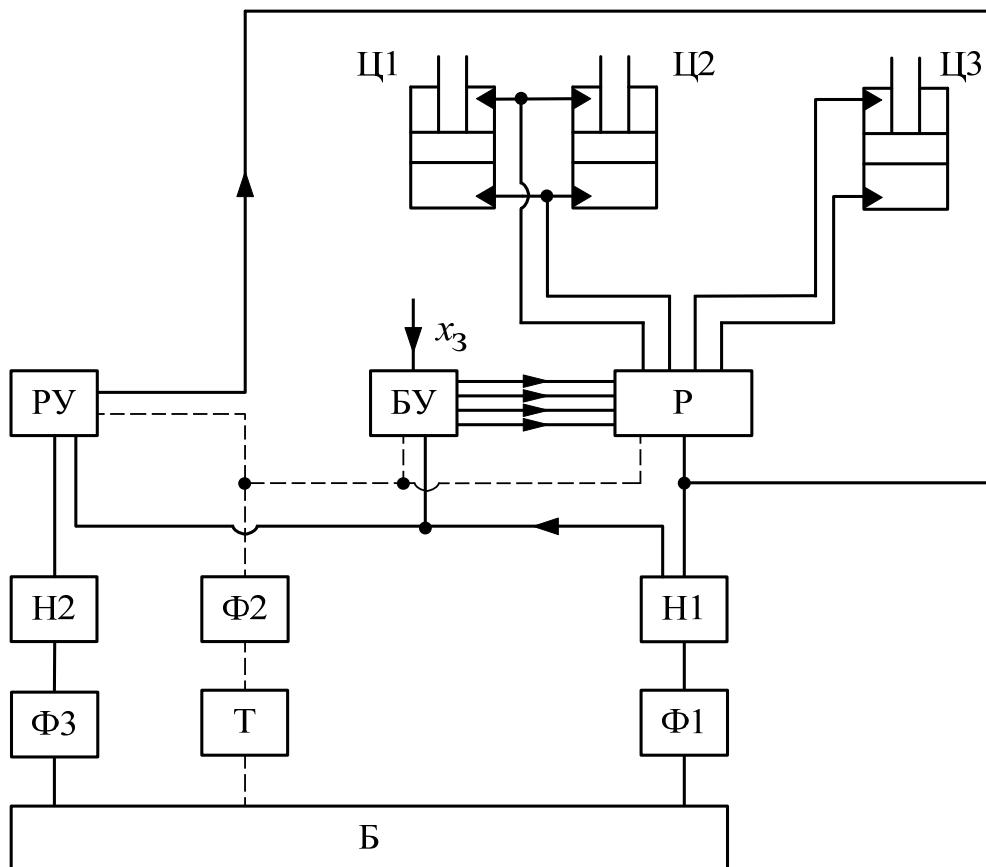


Рис. 6. Функциональная схема гидросистемы фронтального погрузчика ZL50G: H1 – насос управления подсистемой погрузочного оборудования; H2 – насос подсистемы рулевого управления; Ц1, Ц2 – цилиндры управления стрелой; Ц3 – цилиндр управления ковшом; Р – распределитель; БУ – блок управления; РУ – рулевое управление; Ф1...Ф3 – фильтры; Т – теплообменник; Б – бак;  $x_3$  – задающее воздействие

### Выходы

Разработаны функциональные схемы гидросистем управления погрузочным оборудованием и направлением движения наиболее известных погрузчиков.

В результате выполненного структурного анализа установлено, что:

– в подсистеме управления погрузочным оборудованием во всех рассмотренных схемах применяются в основном гидроприводы с дроссельным принципом регулирования, содержащие нерегулируемые насосы. Объемный принцип регулирования реализован

только у погрузчика БелАЗ-7822, при этом предусмотрено использование регулируемых насосов;

– во всех схемах предусмотрено подключение насоса рулевого управления через приоритетный клапан к напорной линии насоса управления погрузочным оборудованием;

– управление погрузочным оборудованием осуществляется с помощью гидравлического блока, содержащего джойстик;

– во всех схемах при нейтральных позициях золотников распределителей обеспечивается разгрузка насосов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Новоселов, В.** Пациент скорее жив? Российский рынок фронтальных погрузчиков / В. Новоселов / Строительная техника и технологии. – 2014. – № 6. – С. 64–72.
2. Погрузчик фронтальный одноковшовый Амкодор-333 (ТО-18Б). Руководство по эксплуатации / М. С. Войчинский [и др.] / ОАО «Амкодор-Ударник». – Минск, 2002. – 180 с.
3. Погрузчик фронтальный одноковшовый Амкодор-333В, 333В-01. Руководство по эксплуатации 333В.00.00.000 РЭ / М. С. Войчинский [и др.] / ОАО «Амкодор-Ударник». – Минск, 2015. – 180 с.
4. Руководство по эксплуатации МоАЗ-4055-3902002-34 РЭ. – Могилев, 2002. – 190 с.
5. Фронтальные погрузчики БЕЛАЗ-7822, БЕЛАЗ-78221 и их модификации. Руководство по эксплуатации 7822-3902015 РЭ / ОАО «БЕЛАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ», Минск, 2015. – 226 с.
6. Инструкция по обслуживанию фронтального погрузчика 534Е от серийного номера 87501 и выше DRESSSTA Co. Ltd. OM534E07/1R. – 273 с. [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://L-34.ru> Инструкция по обслуживанию погрузчика Dresssta 534. – Дата доступа: 20.12.2016.
7. Фронтальный погрузчик ZL50G. Руководство оператора / Xuzhou Construction Machinery Group Inc.(XCMG), Xuzhou City, Jiangsu Province, PRC. – 74 с. [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://www.sts-amur.ru/documents/xcmg/>. – Дата доступа: 18.12.2016.

*Статья сдана в редакцию 28 февраля 2017 года*

**Владимир Иванович Мрочек**, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет. E-mail: mrovlad@mail.ru.

**Татьяна Владимировна Мрочек**, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет.

**Сергей Федорович Шашенко**, ассистент, Белорусско-Российский университет. E-mail: shashenko\_sergey@mail.ru.

**Алексей Игоревич Пузиков**, студент, Белорусско-Российский университет.

**Vladimir Ivanovich Mrochek**, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University. E-mail: mrovlad@mail.ru.

**Tatiana Vladimirovna Mrochek**, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University.

**Sergey Fedorovich Shashenko**, assistant lecturer, Belarusian-Russian University. E-mail: shashenko\_sergey@mail.ru.

**Alexey Igorevich Puzikov**, student, Belarusian-Russian University.