

Г.А. Аврунин, канд. техн. наук,
В.А. Богомолов, д-р техн. наук,
В.И. Клименко, канд. техн. наук,
М.Ю. Залогин,
И.И. Мороз

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет,
И.В. Кабаненко
Харьковский национальный университет радиотехники

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ОБЪЕМНЫХ ГИДРОПРИВОДОВ ДЛЯ ПОДЪЕМА КАБИНЫ АВТОМОБИЛЯ

Наведено гідравлічні принципові схеми та технічні характеристики об'ємних гідроприводів для підйому кабін вантажних автомобілів.

Information about circuit diagrams and technical performance fluid power systems for tilt cabs truck manufacturers is given.

Введение

Преимущества объемного гидропривода (ОГП) в гибкой связи между насосом и гидроцилиндром с помощью рукавов высокого давления и возможность получения значительных тяговых усилий при малых габаритах гидроустройств позволяют достаточно просто и надежно реализовать режим опрокидывания (подъема-опускания) кабины (капота) и запасного колеса при техническом обслуживании грузовых автомобилей. В таких ОГП в качестве исполнительных гидродвигателей применяют гидроцилиндры, а для создания гидравлической мощности для их перемещения используют насосы с ручным, электрическим или пневматическим приводом. Последние существенно облегчают труд водителя, так как работа с ручным насосом требует до 100 и более возвратно-поступательных движений приводящей рукоятки с усилием до 350 Н.

Требования по обеспечению комфортных условий для водителя при движении и техническом обслуживании и ремонте автомобиля привели за рубежом к необходимости создания специальных ОГП для опрокидывания кабины, рассмотрение конструктивных особенностей которых представляет интерес.

Основная часть

Отдельные гидроустройства и комплектные ОГП для опрокидывания кабины производят ряд предприятий СНГ и западных фирм (таблица 1). Ведущие позиции по техническому уровню, номенклатуре и объему продукции занимает фирма «POWER-PACKER» (Нидерланды), входящая в компанию «Actuant Group» [1–3]. Основанная в 1970 г., фирма «POWER-PACKER» приступила к производству ОГП кабин с 1973 г., в том числе с дифференциальным подключением гидроцилиндра R-HLM в 1981 г., системами «HYCAB» с реверсивным насосом в 2002 г. и гидроавтоматики при недифференциальном подключе-

нии гидроцилиндра C-HLM в 2003 г. Финансовый оборот фирмы составляет порядка 240 млн. долларов США (2006 г.) при штате в 850 сотрудников.

Особенностью современных ОГП опрокидывания кабины является введение в конструкцию устройств обеспечения «плавания» подрессоренной кабины при движении автомобиля. Для реализации режима «плавания» необходимо, чтобы гидроцилиндр, жестко связанный с рамой автомобиля своим корпусом и штоком с кабиной, имел режим свободного хода штока в диапазоне хода подрессоривания. В настоящее время применяют три конструктивных схемы гидроцилиндров и гидрораспределителей, обеспечивающих свободный ход («плавание») кабины при движении автомобиля (рисунок 1 [1–4]):

- за счет люфта между проушиной штока гидроцилиндра Ц1 и пальцем кабины (например, в а/м МАЗ-64221, рисунок 1а);
- за счет перетекания рабочей жидкости (РЖ) из полости А в полость В1(В) в гидроцилиндре Ц2 при обычном (недифференциальном) подключении полостей (рисунок 1б). При этом свободный ход поршня обеспечивается с помощью блока гидроавтоматики БГА (С-HLM) или с помощью блока гидроавтоматики и дополнительной поршневой камеры (а/м МАЗ-6430 [4]);
- за счет перетекания РЖ из полости А в полость В1(В) в гидроцилиндрах Ц2 и Ц3 (рисунки 1в,г) при дифференциальном подключении полостей, т.е. при их постоянном соединении с линией нагнетания насоса при подъеме кабины (R-HLM). Для реализации дифференциального подключения полостей гидрораспределителя Р3 (на схеме показан в позиции опускания кабины) и Р4 (в позиции подъема) имеют соответствующую коммутацию каналов, отличную от схем в гидрораспределителях Р1 и Р2. Кроме того, различие заключается в том, что в гидроцилиндре Ц3 выполнена внешняя соединительная магистраль А-В1, а в гидро-

Таблиця 1

Технические характеристики насосов для ОГП опрокидывания кабины

Шифр насоса	Рабочий объем, см ³	Диаметр поршня, мм	Ход поршня, мм	Давление, МПа	Масса, кг
ШНКФ45 8662. 240 - КАМАЗ 182.5004010-МАЗ 9645-5004010-МАЗ POWER-PACKER – ручные насосы	8,0 - ручн.	16	39,81	18 – макс.	5,0
	8,0 - ручн.	16	39,81	25 – макс.	4,6
	6,9 - ручн.	-	-	21,5	3,9
	4,0	-	-	28/42	2,5
	4,03	14,27	25,3	22/34	-
6,08	17,45	25,5	22/34	-	
7,24	19,05	32,2	22/34	-	
TRSTENIK SRBIJA, 40506900	6,3 - ручн.	20	20,2		-
VEBER-HYDRA-ULIK, FHP 267A POWER-PACKER электропривод с ручным дублиром	5,3 - ручн.	18	20,9	25-ном., 36-макс.	3,3
	0,5 л/мин	-	-	24 – макс.	-
	НУСАВ * 0,3 л/мин	-	-	28– раб., 35 ⁺⁵ макс.	14*
POWER-PACKER пневмопривод с ручным дублиром	0,44–0,72 л/мин	-	-	34 – макс.	-
	6,1- ручн.	17,45	25,5	24 – макс.	-

Примечание: *) в состав моноблока «НУСАВ» входят гидроцилиндр, насос с электродвигателем, гидробак и гидроаппаратура управления.

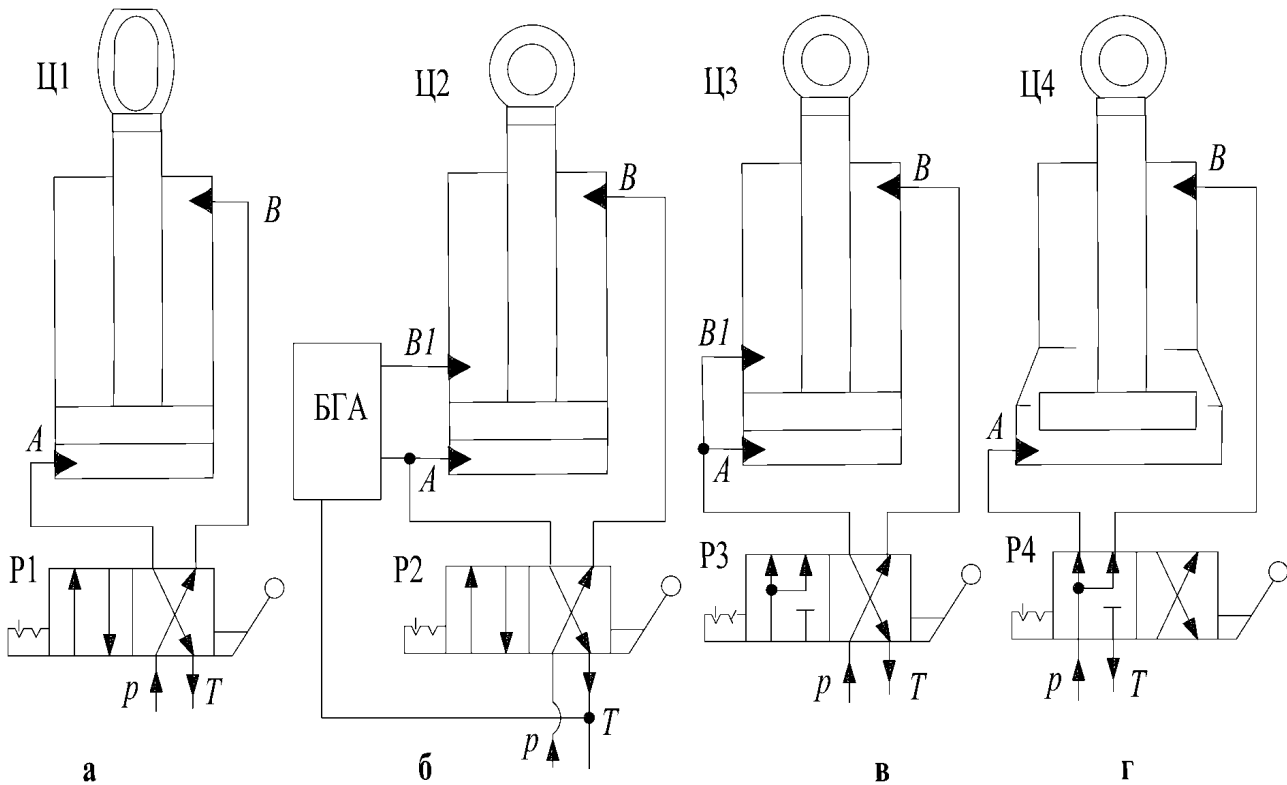


Рисунок 1. Конструктивные схемы гидроцилиндров, обеспечивающие режим «плавания» поддрессированной кабины автомобиля

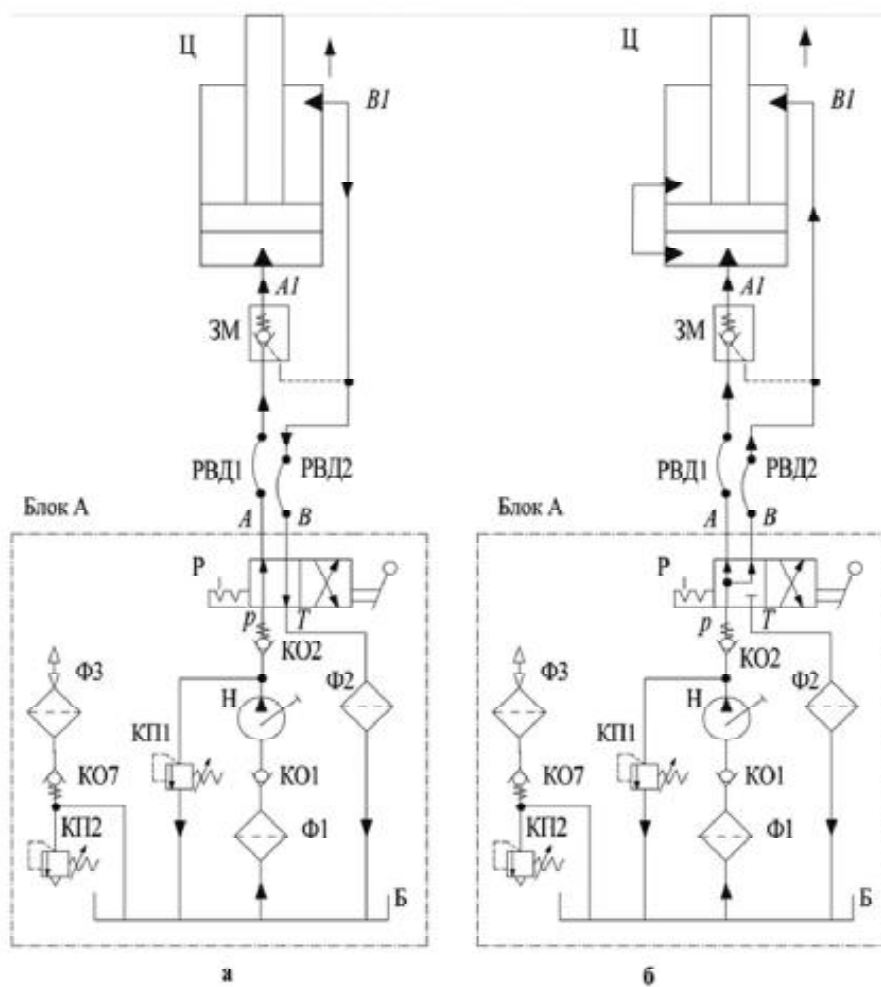


Рисунок 2. Гидравлические принципиальные схемы ОГП с подключением гидроцилиндра Ц по обычной (а) и дифференциальной (б) схеме

цилиндре Ц4 объединение бесштоковой и штоковой полостей осуществляется за счет изготовления гильзы гидроцилиндра конической формы у ее нижнего основания (разработка фирмы «POWER-PACKER» [1]).

Следует отметить, что схемы с обычным (недифференциальным) подключением позволяют реализовать максимальное усилие при подъеме кабины, соответствующее давлению только в поршневой полости А, а схемы с дифференциальным подключением имеют существенно сниженное толкающее усилие.

В ОГП по обычной (недифференциальной) схеме подключения гидроцилиндра Ц (рисунок 2а) применяют реверсивный гидрораспределитель Р по 574-й схеме подключения, благодаря чему при выдвигании штока РЖ движется по следующим направлениям:

- нагнетание от насоса Н под давлением p через выходное отверстие А гидрораспределителя Р и далее через рукав высокого давления РВД1, гидрозамок ЗМ и в отверстие А1 гидроцилиндра Ц, создавая усилие на поршень и выдвигая шток;
- слив из штоковой полости через отверстие В1, рукав РВД2 к отверстию В гидрораспределителя Р и далее через отверстие Т в гидробак Б.

При дифференциальном подключении гидроцилиндра Ц (рисунок 2б) применяют гидрораспределитель Р по схеме 24-В, благодаря которому РЖ от линии нагнетания насоса Н под давлением p пост-тупает одновременно через отверстия А и В, рукава РВД1 и РВД2, гидрозамок ЗМ и отверстия А1 и В1 к поршневой и штоковой полостям гидроцилиндра, соответственно.

При движении штока в гидроцилиндр вне зависимости от схемы подключения гидроцилиндра Ц гидрораспределитель Р перемещают влево и РЖ поступает от насоса Н под давлением p к отверстию В1 штоковой полости и воздействует на поршень со стороны штока. Вытесняемая из под поршня РЖ сливается через гидрозамок ЗМ (открытие клапана гидрозамка обеспечивается повышенным давлением p в линии В1-В), через рукав РВД2 и отверстия В и Т гидрораспределителя Р в гидробак Б.

Дифференциальная схема подключения гидроцилиндра обеспечивает «плавание» подрессоренной кабины за счет перетекания РЖ между сообщающимися полостями гидроцилиндра и гидробаком, однако снижает развиваемое на штоке усилие.

ОГП кабины с реверсивным по направлению вращения и подачи РЖ насосом модели «НУСАВ» фирмы «POWER-PACKER» (рисунок 3) имеет моноблочную кон-

струкцию, включающую гидроцилиндр Ц с односторонним штоком, насос Н с приводящим реверсивным электродвигателем «М», гидрозамок ЗМ, двухпозиционный двухлинейный гидрораспределитель Р с двухсторонним гидравлическим управлением, предохранительный клапан КП, блок А обратных клапанов КО1 и КО2, клапан давления КДи типа «кили», линейные фильтры Ф1...Ф3 и воздушный (сапун) Ф4, гидродроссели ДР1 и ДР2, и гидробак Б. Реверсивное вращение насоса Н обеспечивает изменение направления подачи РЖ по линии А или В. Выход А насоса Н сообщен с отверстием в бесштоковой (поршневой) полости А1 гидроцилиндра Ц последовательной цепью гидроустройств Ф1, ДР1 и ЗМ. Выход насоса Н сообщен с отверстием штоковой полости гидроцилиндра Ц последовательной цепью Ф2, КДи, и ДР2. Предохранительный клапан КП установлен параллельно линии В-В1. Для сообщения линии А-А1 с предохранительным клапаном служит клапан давления КДи, благодаря которому в ОГП устанавливаются только один предохранительный клапан КП вместо двух в каждой линии А-А1 и В-В1. Трубопроводом между отверстиями А1 и В1 объединены штоковая и бесштоковая полости гидроцилиндра на участке свободного хода поршня (штока) для обеспечения «плавания» подпрессоренной кабины. Гидрораспределитель Р подсоединен к гидросистеме параллельно линии А-А1 с управляющими линиями в камерах под торцами золотника до и после дросселя ДР1. Слив РЖ из гидрораспределителя Р осуществляется в гидробак Б. Блок А обратных клапанов имеет трехлинейное исполнение, обеспечивающее автоматически постоянное сообщение с гидробаком Б (через фильтр Ф3) и с одной из линий А-А1 или В-В1 в зависимости от направления подачи потока РЖ к гидроцилиндру от насоса Н: при нагнетании РЖ по линии А-А1 клапан КО1 в этой линии перекрывается, а всасывание РЖ происходит со стороны линии А-А1 через всасывающий клапан КО2; при нагнетании по линии В-В1 клапан КО2 закрывается, а всасывающий КО1 открывается. Гидрозамок ЗМ одностороннего типа служит для фиксации кабины и имеет трехлинейную схему (две линии в последовательной цепи А-А1 на входе и выходе из гидрозамка, а линия управления p_y сообщена с линией В-В1).

При подъеме кабины насос Н нагнетает РЖ по цепи А, Ф1, ДР1 и ЗМ в бесштоковую полость А1 гидроцилиндра Ц и посредством клапана КДи через дроссель ДР2 в штоковую полость В1 гидроцилиндра (шарик в клапане КДи перемещается при этом вправо). Обе полости гидроцилиндра А1 и В1 сообщаются между собой при одинаковом давлении благодаря тому, что гидроцилиндр имеет дифференциальную схему подключения. В связи с разностью площадей полостей поршень начинает перемещаться вверх.

Течение РЖ через дроссель ДР1 приводит к созданию на нем перепада давлений и разности сил, действующих на золотник гидрораспределителя Р, благодаря чему золотник смещается вправо и перекрывает проход РЖ в гидробак Б. При достижении верхнего положения кабины отключают электродвигатель «М» и благодаря гидрозамку ЗМ шток гидроцилиндра вместе с кабиной фиксируются в заданном положении. Для опускания кабины ре-

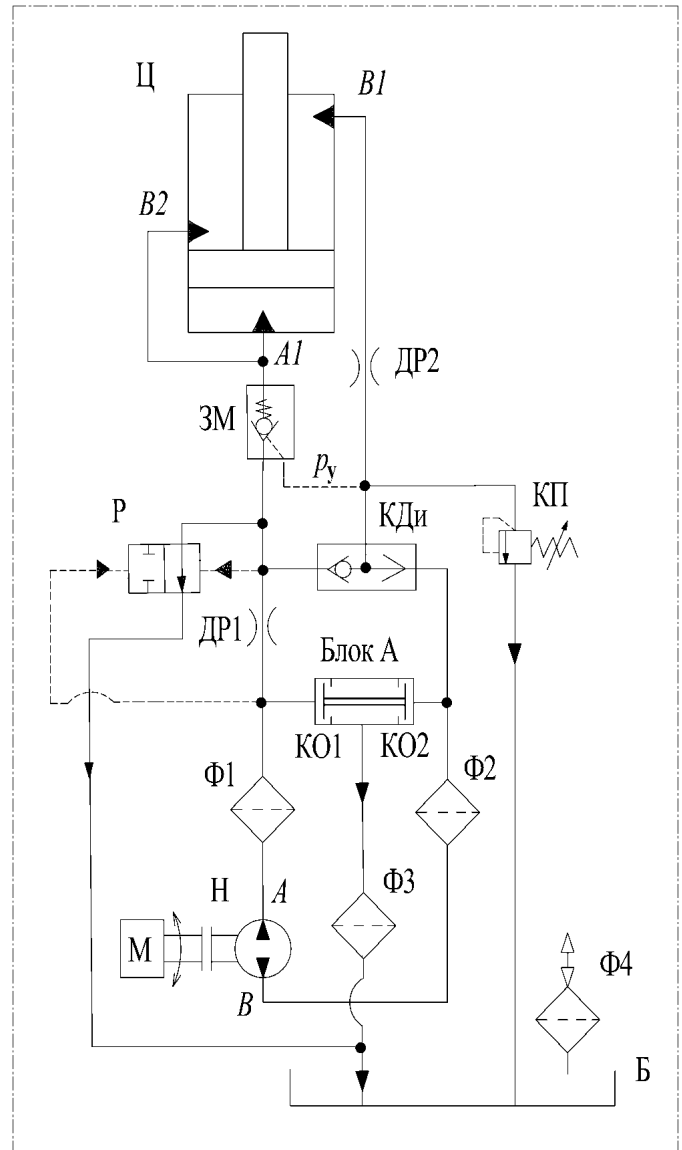


Рисунок 3 — Гидравлическая принципиальная схема моноблочного ОГП кабины с реверсивным электродвигателем вращения насоса модели «НУСАВ» фирмы «POWER-PACKER».

версируют подачу насоса Н путем изменения направления его вращения электродвигателем «М». При этом РЖ поступает из отверстия В через фильтр Ф2, клапан КДи и дроссель ДР2 в штоковую полость гидроцилиндра, а по каналу управления p_y в гидрозамок ЗМ, открывая его запорный элемент. Из бесштоковой полости А1 происходит вытеснение РЖ через гидрозамок ЗМ, дроссель ДР1, открытый клапан КО1 и фильтр Ф2 в магистраль А всасывания насоса. Избыток сливаемой из-под поршня РЖ (из-за разности вытесняемых объемов РЖ между штоковой и бесштоковыми полостями) сливается через гидрораспределитель Р в гидробак Б. Золотник гидрораспределителя Р при этом смещен влево (как показано на гидросхеме) благодаря перепаду давлений на дросселе ДР1 (давление перед дросселем выше, чем за дросселем). При достижении кабиной нижнего положения, соответствующего объединению полостей гидроцилиндра с помощью отвер-

стей $A1$ и $B2$, реализуется «плавающий» режим работы ОГП. Например, при движении поршня вверх РЖ из штоковой полости вытесняется по каналу $B2-A1$ в бесштоковую (поршневую) полость, кроме того, ее недостаток в этой полости компенсируется за счет всасывания из гидробака Б через гидрозамок ЗМ, дроссель ДР1, клапан КО1 и фильтр Ф3. При движении поршня вниз РЖ перетекает по линии $A1 \rightarrow B2 \rightarrow B1$ и повышение давления в линии управления p_y вызывает открытие гидрозамка ЗМ и слив РЖ через дроссель ДР1, обратный клапан КО1 и фильтр Ф3 в гидробак Б. Кроме того, перепад давления на дросселе ДР1 приводит к смещению золотника гидрораспределителя Р влево (как показано на схеме) и часть потока РЖ сливается в гидробак Б.

Для данного электропривода насоса напряжением 24 В значения тока составляют: постоянное 20 А; максимальное 40 А; пиковое 60 А (продолжительностью не более 100 мс). Максимальное число непрерывных циклов «подъема — опускания» кабины — 2.

Основные технические характеристики ОГП:

- диаметры поршня, штока и ход поршня составляют 50; 35 и 484 мм, соответственно;
- свободный ход поршня в режиме «плавания» кабины до 90 мм;
- развиваемое усилие при подъеме и опускании кабины 27 и 30 кН, соответственно (при давлении 28 МПа);
- рабочее давление нагнетания насоса 28 МПа, значение настройки предохранительного клапана — 40 МПа;
- подача насоса до 0,3 л/мин;
- потребляемая электродвигателем мощность составляет порядка 0,5 кВт при напряжении 24В и значении тока в 22 А;
- тип насоса — радиальнопоршневой эксцентриковый с клапанным распределением РЖ, пятипоршневой, с точечным контактом головок поршней на эксцентриковый вал.

Таким образом, реверсивность подачи насоса позволяет отказаться от установки реверсивного гидрораспределителя и устройств для его переключения (ручного или электромагнитного типов). Дифференциальная схема подключения гидроцилиндра обеспечивает режим «плавания» подрессоренной кабины, однако существенно снижает эффективное усилие (в реальных конструкциях до 4 раз). Приведенные фирмой «POWER-PACKER» сведения об используемых комплектующих гидроустройствах на расход до 0,5 л/мин и давлении до 40 МПа (радиальнопоршневой насос, предохранительный клапан, гидрозамок и гидрораспределитель) свидетельствуют об их эксклюзивности, исходя из анализа продукции ведущих мировых фирм по производству гидрооборудования для мобильного и стационарного секторов общепромышленного применения. Вероятно, продукция фирмы «POWER-PACKER» берет начало от авиационных агрегатированных (моноблочных) гидроприводов, отличающихся высоким уровнем компактности.

На автомобилях семейства МАЗ применяют два типа ОГП для опрокидывания кабины [4]:

- с обеспечением «плавания» подрессоренной кабины а/м МАЗ-64221 за счет отсутствия жесткой связи между штоком и кабиной (искусственно созданного люфта в проушине штока гидроцилиндра относительно пальца крепления к кабине);
- с обеспечением «плавания» подрессоренной кабины а/м МАЗ-6430 с помощью системы гидроавтоматики.

На рисунке 4а представлена гидравлическая принципиальная схема ОГП кабины а/м МАЗ-64221, в состав ОГП которого входят блоки А и Б, сообщенные между собой рукавами высокого давления РВД1 и РВД2. Блок А насоса содержит ручной поршневой насос Н, гидробак Б, гидрораспределитель Р1, всасывающий фильтр Ф1 и гидроклапаны давления:

- предохранительный КП1 защиты основных магистралей А и В;
- предохранительный КП2 защиты корпуса насоса Н;
- тормозной КТ для предотвращения самопроизвольного опускания кабины при попутной нагрузке;
- всасывающий КО1 и нагнетательный КО2 клапаны насоса Н.

Блок Б включает гидроцилиндр Ц, гидрозамок ЗМ, нерегулируемые дроссели ДР1 и ДР2, фильтры Ф2–Ф5.

Основным узлом управления гидроцилиндром является многофункциональный золотниковый гидрораспределитель Р1 поворотного-возвратно-поступательного перемещения, реализующий следующие функции:

1. Реверсирования гидроцилиндра Ц для подъема-опускания кабины, в связи с чем поворотный золотник гидрораспределителя Р1 содержит две кольцевые проточки, постоянно сообщенные с линией нагнетания насоса и слива Т в гидробак (корпус насоса). На поверхности золотника выполнены радиальные пазы, сообщенные с указанными кольцевыми проточками высокого (нагнетания) и низкого (слива в гидробак) давлений. В корпусе выполнены два радиальных отверстия, сообщенные с бесштоковой (поршневой) и штоковой полостями гидроцилиндра Ц и предназначенные для сообщения с вышеуказанными пазами на поверхности золотника. Путем поворота золотника обеспечивается сообщение радиальных отверстий в корпусе с линиями высокого и низкого давления в зависимости от режима работы гидропривода — подъема или опускания кабины;

2. Защиты от превышения давления, создаваемого насосом, для чего в осевой расточке золотника выполнено седло и установлен предохранительный клапан КП1 высокого давления (шарик с пружиной, замкнутые внутренними силами в расточке золотника);

3. Тормозного клапана, ограничивающего скорость опускания кабины. Для обеспечения режима торможения золотник гидрораспределителя Р1 имеет возможность осевого перемещения за счет создаваемого в сливной полости повышенного давления в корпусе насоса Н на обгонном режиме движения кабины при ее опускании вниз, когда масса кабины создает попутную нагрузку длядвигающегося штока под подаваемой РЖ в штоковую полость гидроцилиндра. Для этого на торец золотника воздействует пружина, которая при нормальной работе смещает золотник в положение, соответствующее сообщению

проточки низкого давления с РЖ в гидробаке (корпусе насоса). Повышение давления в полости низкого давления (слива в гидробак) вызывает перемещение золотника влево и разъединение полости низкого давления (бесштоковой полости гидроцилиндра Ц) от гидробака Б.

В состав ОГП подъема кабины а/м МАЗ-6430 также входят блоки А и Б (рисунок 4б), сообщенные между собой рукавами высокого давления РВД1 и РВД2, причем блок А имеет аналогичную с а/м МАЗ-64221 принципиальную гидравлическую схему (см. выше). Блок Б содержит гидроцилиндр Ц двухстороннего действия с односторонним штоком, гидрозамок ЗМ одностороннего действия, дроссели ДР1 и ДР2 в линиях А и В для ограничения скорости движения кабины и ее колебаний при переходе положения неустойчивого равновесия, гидрораспределитель Р2 с гидравлическим управлением и фильтры Ф2–Ф5. В штоке гидроцилиндра Ц установлены плавающий (компенсирующий) поршень 1 с пружиной 2 и обратный клапан 3 с пружиной 4, причем выходное отверстие клапана сообщено с атмосферой. Система каналов связывает гидрораспределитель Р2 с магистралью А-А1 поршне-

вой и В-В1 штоковой полостей гидроцилиндра Ц. Плавающий поршень 1 является компенсатором для выравнивания объемов, перетекающих между полостями А и В при вертикальных перемещениях кабины движущегося автомобиля.

Для подъема кабины гидрораспределитель Р1 устанавливается в крайнее левое положение. При нагнетании РЖ насосом Н гидрораспределитель Р2 автоматически занимает крайнее левое положение, соответствующее разъединению отверстий А1 и В2 за счет разности давлений на сопротивлениях между дросселем ДР1 и фильтром Ф4 (давление до дросселя ДР1 выше, чем в точке А1). По мере выдвигания штока гидроцилиндра Ц его поршень сначала перекрывает отверстие В2, а затем отверстия А1 и В2 сообщаются между собой в поршневой полости гидроцилиндра. При подъеме поршня вверх РЖ вытесняется из штоковой полости в гидробак Б по магистрали В1→Ф5→ДР2→Ф3→РВД2→В→Т→КТ, а занимаемое гидрораспределителем Р2 произвольное положение не оказывает влияния на функционирования ОГП. Для опускания кабины смещают гидрораспределитель Р1 вле-

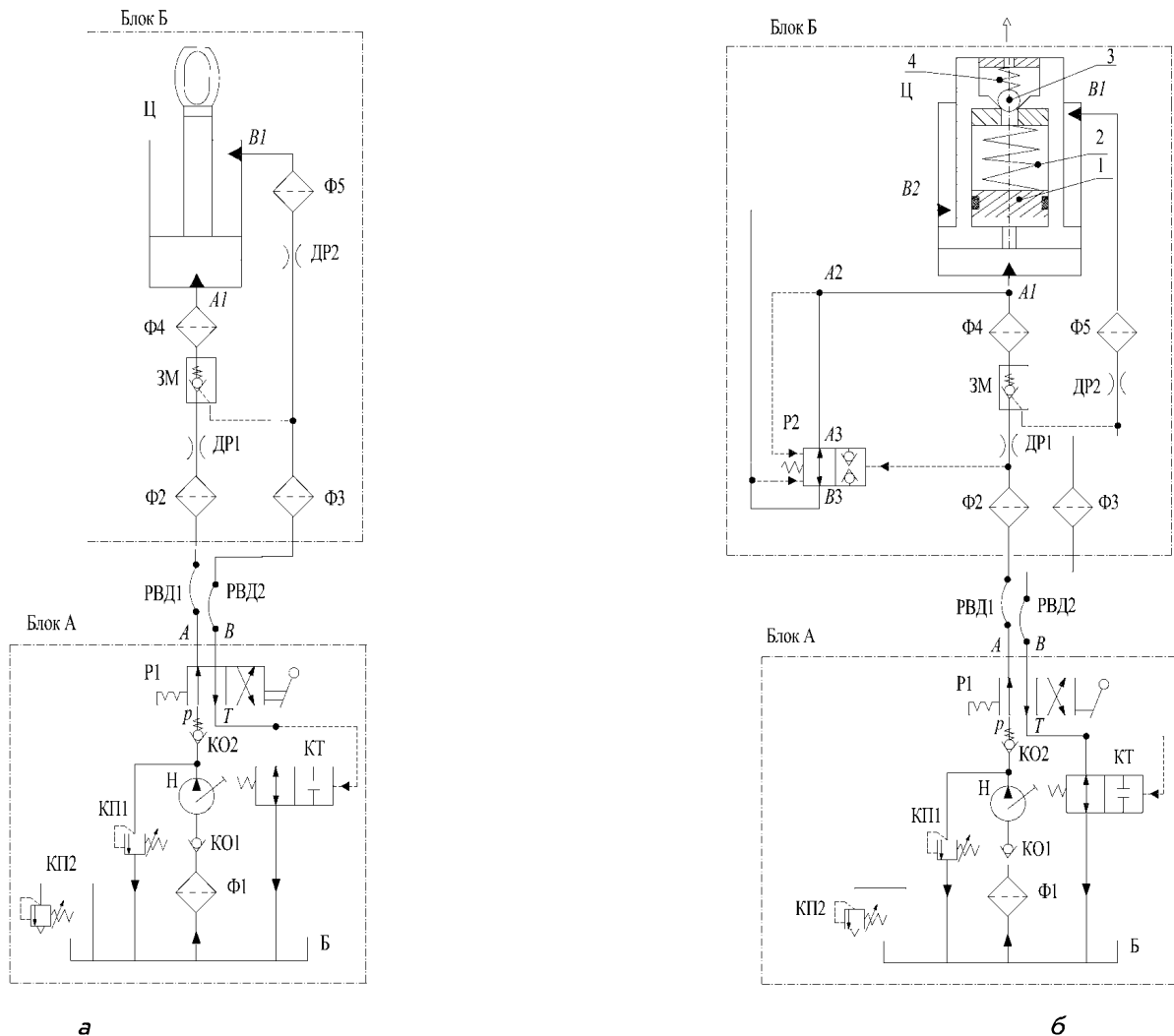


Рисунок 4. Гидравлические принципиальные схемы ОГП подъема кабины автомобилей МАЗ-64221 (а) и МАЗ-6430 (б) с обеспечением «плавания» подрессоренной кабины с помощью системы гидроавтоматики.

во, что обеспечивает подачу РЖ от насоса Н в штоковую полость через отверстие и слив из поршневой полости через отверстие А1 в гидробак Б по аналогии с ОГП а/м МАЗ-64221.

При движении автомобиля, например, при просадке кабины и штока гидроцилиндра Ц вниз, из поршневой полости РЖ через гидрораспределитель Р2 вытесняется в штоковую полость по линии $A1 \rightarrow A2 \rightarrow A3 \rightarrow B3 \rightarrow B2$. Так как вытесняемый объем РЖ в поршневой полости больше освобожденного объема в штоковой полости, то плавающий поршень 1 поднимается вверх, сжимая пружину 2 и увеличивая объем поршневой полости без увеличения давления, что снижает нагрузки на детали крепления гидроцилиндра к кабине и раме автомобиля. При движении кабины и штока вверх гидрораспределитель Р2 под действием давления РЖ перемещается в крайнее правое положение, что обеспечивает объединение полостей А1 и В2 (течение РЖ по линии $B2 \rightarrow B3 \rightarrow A3 \rightarrow A2 \rightarrow A1$) и соответствующий переток РЖ между ними. Так как объем РЖ, вытесняемый из штоковой полости, меньше освобожденного объема в поршневой полости, то плавающий поршень 1 компенсатора под действием усилия пружины 2 перемещается вниз, вытесняя необходимый объем РЖ для предотвращения создания разрежения в поршневой полости.

На рисунке 5 представлена гидравлическая принципиальная схема ОГП кабины согласно патенту США № 44446939, особенностью которой является реализация режима «плавания» поддрессоренной кабины с помощью специального устройства гидроавтоматики, созданного путем доработки гидрозамка. Гидрозамок 3М содержит корпус 1, конический клапан 2 для перекрытия каналов А1 и А2 между подклапанной и надклапанной полостями, соответственно, пружину 3, управляющий поршень 4 с толкателем 5 и пружину 6. В управляющем поршне выполнена кольцевая проточка для сообщения каналов В3 и В4 в корпусе гидрозамка. Таким образом, управляющий поршень 4 гидрозамка совмещает функции открытия клапана 2 гидрозамка и золотника, обеспечивая сообщение или разобщение каналов В3 и В4 в гидрозамке с каналами гидроцилиндра В2 и В3, соответственно.

При подъеме кабины (рисунок 5а) гидрораспределитель Р обеспечивает подвод РЖ к поршневой (бесштоковой) полости гидроцилиндра Ц по магистрали p (от насоса) $\rightarrow A \rightarrow ДР1 \rightarrow A1 \rightarrow A2$ (открывая клапан 3М) $\rightarrow A3$ и под действием давления РЖ поршень перемещается вверх. Слив РЖ из штоковой полости осуществляется по магистрали $B1 \rightarrow ДР2 \rightarrow B \rightarrow T$ и далее в гидробак. Управляющий поршень 4 под действием давления в поршневой магистрали опускается вниз и перекрывает каналы В3 и В4.

Для опускания кабины гидрораспределитель Р переводят в положение реверса (рисунок 5б) и РЖ поступает по магистрали $p \rightarrow B \rightarrow ДР2 \rightarrow B1$ в штоковую полость гидроцилиндра Ц. Вытеснение РЖ из поршневой полости А3 в гидробак обеспечивается по магистрали $A2 \rightarrow A1 \rightarrow ДР1 \rightarrow A \rightarrow T$ благодаря воздействию управляющего давления на нижний торец поршня 4 гидрозамка, который при движении вверх своим толкателем 5 открывает клапан 2.

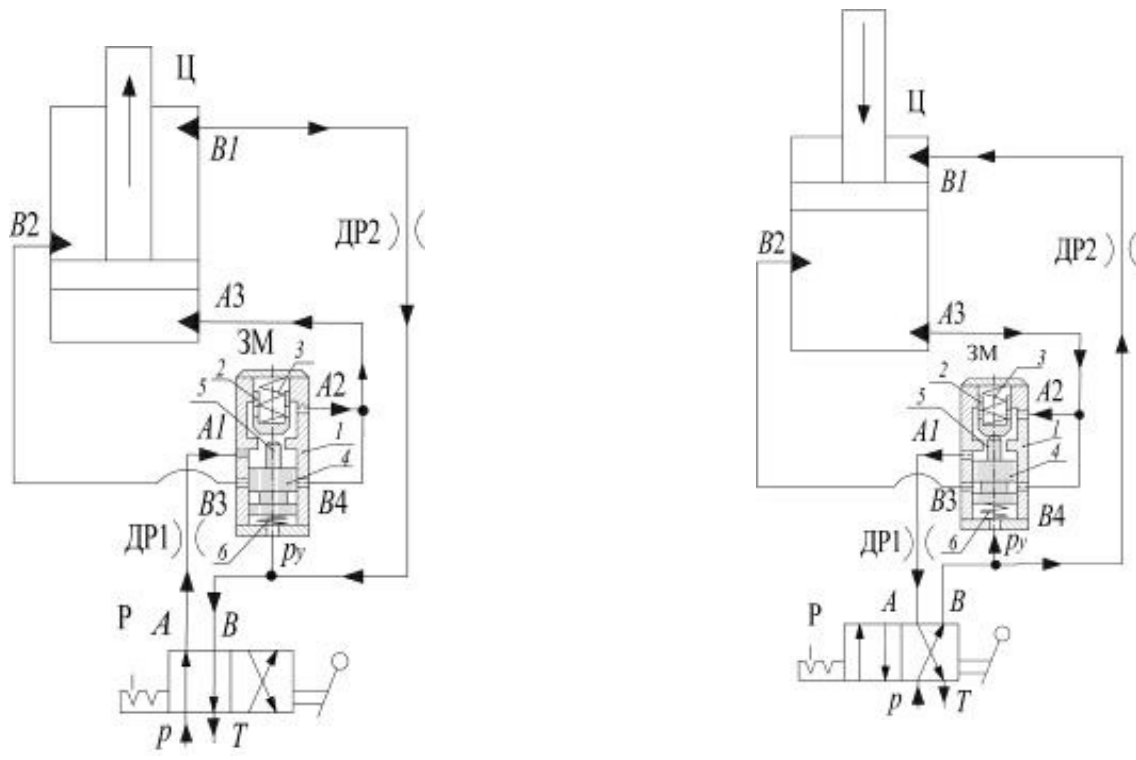
В режиме поддрессоривания кабины управляющий поршень 4 совместно с пружиной 6 обеспечивают необходимый переток РЖ из поршневой полости гидроцилиндра в штоковую. При движении кабины вверх (рисунок 5в) управляющий поршень 4 пружиной 6 удерживается в верхнем положении, благодаря чему каналы В3 и В4 сообщены и РЖ перетекает из штоковой полости в поршневую по магистрали $B2 \rightarrow B3 \rightarrow B4 \rightarrow A3$ и дополнительно в поршневую полость из гидробака по магистрали $T \rightarrow A \rightarrow ДР1 \rightarrow A1 \rightarrow A2 \rightarrow A3$.

При опускании кабины (рисунок 5г) РЖ из поршневой полости вытесняется по магистрали $A3 \rightarrow A2 \rightarrow A1 \rightarrow A \rightarrow T$ в бак и по магистрали $A3 \rightarrow B4 \rightarrow B3 \rightarrow B2$ в штоковую полость гидроцилиндра.

К недостатку ОГП следует отнести его негерметичность из-за применения золотникового гидрораспределителя для разъединения полостей и в связи с этим повышенных перетечек РЖ между полостями гидроцилиндра. Кроме того, управляющий поршень с функцией золотника должен иметь существенно большую длину, чем обычно применяемый в стандартном гидрозамке поршень.

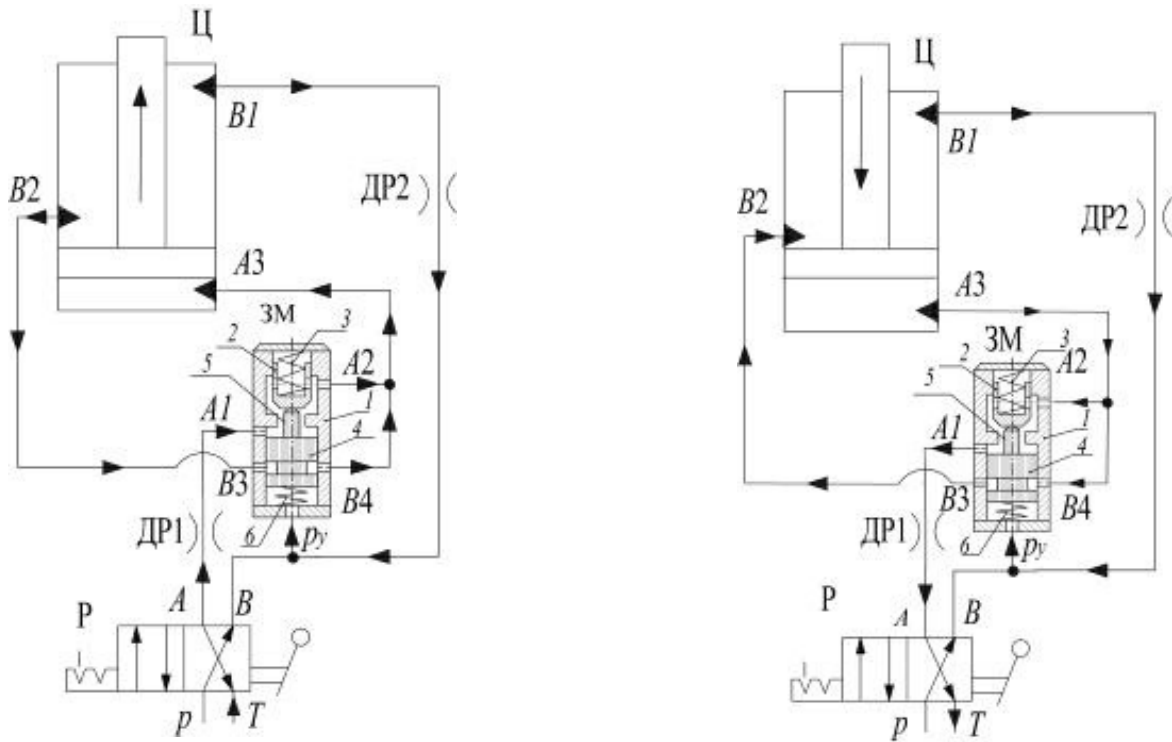
Конструктивная реализация ОГП для обеспечения подъема-опускания кабины и колеса может быть осуществлена путем установки в блоке насоса четырехпозиционного шестилинейного гидрораспределителя или при использовании серийного насоса для привода кабины, на корпусе которого смонтирован дополнительный гидрораспределитель (рисунок 6). При этом двухпозиционный четырехлинейный гидрораспределитель Р1 обеспечивает подключение к насосу гидроцилиндра кабины Ц1 или колеса Ц2, а двухпозиционный восьмиллинейный гидрораспределитель Р2 обеспечивает режимы подъема-опускания кабины или колеса. Здесь же показан насос Н2 с приводящим двигателем «М» (электродвигателем или пневмомотором), применение которого позволяет механизировать работу привода, сохранив ручной насос только в качестве резервного.

На рисунке 7 представлен радиально-поршневой насос конструкции ОАО НИИ гидропривод, который содержит три цилиндра 1, размещенные вокруг эксцентрикового вала 2, установленного в подшипниках 3 и 4 передней 5 и задней крышек 6, соответственно. Крышки 5 и 6 размещены в осевых расточках корпуса 7. В корпусе выполнены три радиальные расточки, в которых установлены корпуса клапанов 20, проставки 21 и резьбовые пробки 9 для фиксации упоров в корпусе 7. В каждом цилиндре 1 размещен поршень 10, который своей верхней сферической головкой постоянно прижимается к корпусу клапанов 20 посредством пружины 11, размещенной между верхним 12 и нижним 13 упорами. Два кольца 14, охватывающие цилиндры 1, обеспечивают постоянное прилегание цилиндров к поверхности эксцентрикового вала 2. В корпусах клапанов 20 размещены нагнетательные клапаны 15 с пружинами 16. Уплотнение вала 2 обеспечивается манжетой 17, размещенной в передней крышке 5, уплотнение корпусов клапанов 20 в цилиндрических расточках корпуса 7 осуществляется уплотнительными кольцами круглого сечения 18. Всасывание насоса осуществляется через прямоугольный паз 19 на эксцентриковом



а

б



в

г

Рисунок 5. Гидравлическая принципиальная схема ОГП кабины согласно пат. США № 4446939 на режимах: а — подъема; б — опускания; в - подъема кабины в плавающем режиме; г — опускания кабины в плавающем режиме.

вала 2 насоса. В корпусе насоса выполнены отверстия для всасывания и нагнетания РЖ.

При вращении насоса благодаря эксцентриситету e вала 2, на который постоянно опираются цилиндры 1, поршни 10 совершают возвратно-поступательное перемещение. При этом выдвижение поршня соответствует такту всасывания РЖ через прямоугольный паз 19, а при движении поршня к оси вала такту нагнетания из цилиндра 1 через отверстие в поршне 10 и далее через нагнетательный клапан 15 в корпусе клапанов 20 через коллектор в корпусе 7 и далее в магистраль высокого давления.

При диаметре поршня в 5 мм и эксцентриситете $e = 1,2$ мм рабочий объем трехпоршневого насоса равен $0,14 \text{ см}^3$, подача достигает $0,2 \text{ л/мин}$ при частоте вращения 1500 мин^{-1} .

Основные параметры, размеры, технические требования, правила приемки и методы испытаний ручных насосов и других гидроустройств опрокидывания кабин грузовых автомобилей регламентируются соответствующими стандартами (таблица 2) [5–7]. В стандартах регламентируются также требования к безопасности механизмов с ОГП, которые сводятся к обеспечению гидроцилиндром

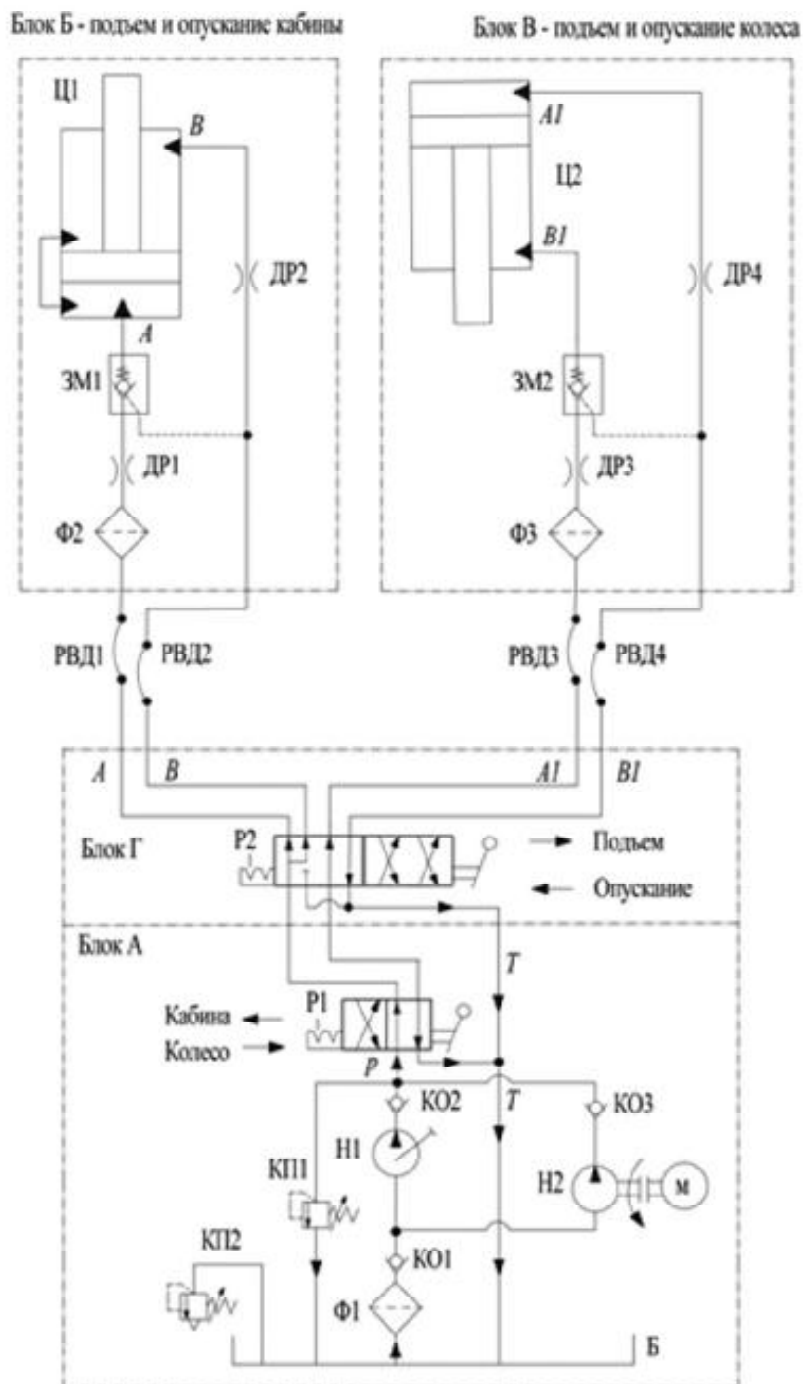


Рисунок 6 — Гидравлическая принципиальная схема ОГП кабины и колеса разработки ХНАДУ, включающая ручной и электроприводной насосы.

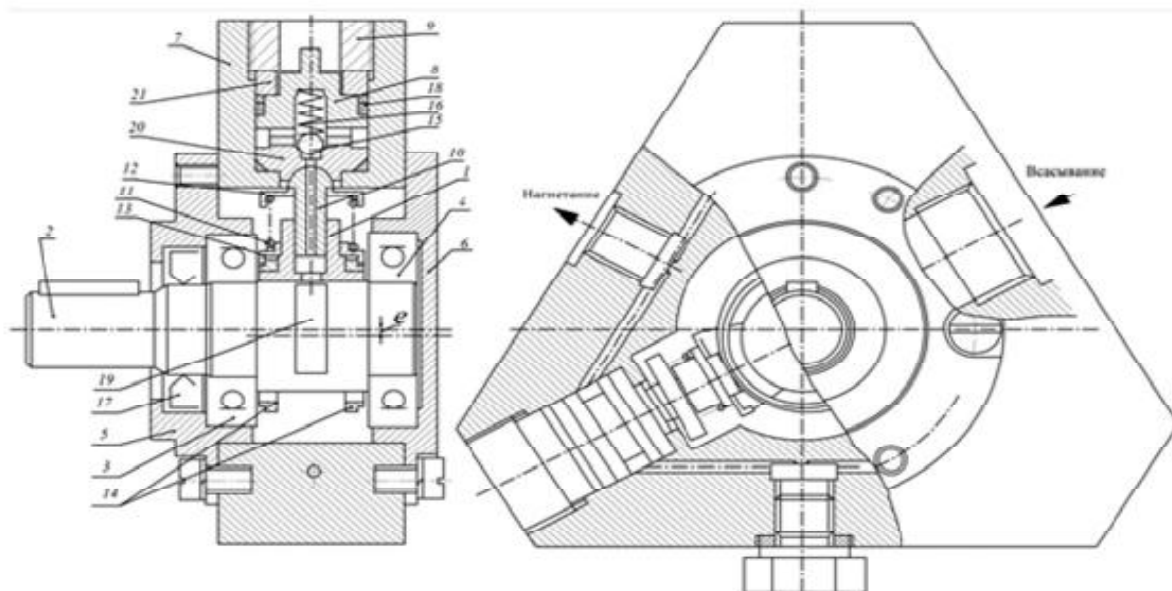


Рисунок 7. Радиальнопоршневой эксцентриковый насос на давление до 70 МПа конструкции ОАО НИИгидропривод

фиксации кабины в крайнем поднятом положении, а также в любом промежуточном положении в случае прекращения подачи РЖ или разгерметизации подводящих трубопроводов. Кроме того, автомобили должны иметь страховочные устройства (трос, упор и т.п.), обеспечивающие удержание кабины в крайнем поднятом положении. Продолжительность циклов подъема и опускания кабины (капота) при использовании насосов с электроприводом находится в пределах 24–60 с и до 100–150 движений поршней для ручных насосов.

Сравнительный анализ технических требований к ОГП опрокидывания кабин позволяет сделать следующие выводы:

1) повышены рекомендуемые максимальные значения давления с 25 до 32 МПа и исключены низкие значения в 8–16 МПа;

2) сняты ограничения по значению рабочего объема, выбору диаметра плунжера и массе насоса;

3) расширен диапазон диаметров поршней и штоков (введены значения 40 и 50 мм, 24 и 30 мм, соответственно), в то же время исключен шток диаметром 18 мм с целью повышения устойчивости конструкции. Отметим, что фирма «POWER-PACKER» производит гидроцилиндры с диаметром поршня от 32 до 50 мм и штоком от 22 до 40 мм с различным значением хода в зависимости от кинематики механизма подъема;

4) уточнены сдаточные требования к герметичности ОГП кабины (п. 8.1), согласно которым «просадка» кабины в течение 30 с не допускается. Ранее в документации на ОГП кабин допускалось перемещение штока не более 0,15 мм в течение 30 с с последующей остановкой;

5) введено допущение о возможности создания ОГП с самопроизвольным плавным опусканием кабины в

транспортное положение. При этом линейная скорость наиболее удаленной от оси поворота точки кабины не должна превышать $[v] = 0,2 \text{ м/с}$

$$v = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{180 \cdot t} \leq [v], \text{ м/с}, \quad (1)$$

где R — радиус поворота наиболее удаленной точки кабины, м; α — угол поворота кабины на последнем участке опускания (500 мм по высоте относительно транспортного положения кабины), град; t — время опускания на последнем участке, с;

6) введены ограничения по классу чистоты РЖ. Для обеспечения класса чистоты 12 по ГОСТ 17216 требуется установка фильтроэлементов с толщиной фильтрации не грубее 10 мкм;

7) сохранены требования к ресурсу ОГП и присоединительным размерам резьбовых соединений, что обеспечивает высокий уровень унификации гидроустройств.

Повышенные требования к безопасности ОГП кабины могут быть реализованы только в конструкциях с абсолютно герметичными уплотнениями в поршнях гидроцилиндров и гидрозамках.

Конструкция одностороннего гидрозамка с герметичным седлом представлена на рисунок 8 и содержит корпус 1, пробку 2, седло 3, поршень 4, клапан 5, пробку 6 с упором, пружину 7, опорное металлическое кольцо 8 и уплотнительное эластичное кольцо 9.

При подводе РЖ в отверстие В1 (рисунок 8а) клапан 5 герметично запирает седло 3 благодаря наличию уплотнительного кольца 9 между ними и в выходное отверстие В РЖ не поступает. При реверсировании гидроцилиндра (рисунок 8б), когда РЖ поступает в гидроцилиндр по каналу А-А1, усилие F , создаваемое давлением РЖ, смещает

Наименование параметра и размерность	Значение параметра	
	ОСТ 37.001.261-83, ОСТ 37.001.281-84	ГОСТ Р 53807-2010 [5]
1. Давление, развиваемое насосом, в зависимости от исполнения, МПа	1 — 8/10; 2 — 12,5/16; 3 — 16/20; 4 — 20/25	1 — 20/27; 2 — 25/32
2. Рабочий объем насоса, см ³	6 (не менее)	—
3. Усилие (момент), не более	300/350Н (кратковременно), — при длине плеча 600 мм	210Н.м (соответствует усилию 350Н при длине плеча 600 мм)
4. Диаметр плунжера насоса	16; 18	—
5. Диаметр поршня, штока и ход гидроцилиндра, мм	45 x 18; 20 x 200; 320; 400	40; 45; 50 x 20; 24; 30 x 200; 320; 400
6. Ресурс ОГП, тыс. циклов (подъемов и опусканий)	4000	4000
7. Объемный КПД насоса (коэфф. подачи), не менее	0,75	0,75
8. Треб. безопасн. к ОГП:		
8.1. при обязательной фиксации кабины с помощью ОГП в любом положении	Фиксация в любом положении	В течение 30с движение штока не допускается
8.2. при самопроизвольном опускании кабины в транспортное положение	—	Линейная скорость не более 0,2 м/с*
9. Чистота РЖ	—	12 (ГОСТ 17216)
10. Выходн. отв. насоса, мм	M12x1,25	M12x1,25
11. Масса насоса, кг	5,0 (не более)	-

Примечания: 1. Под чертой приведено номинальное значение давления, над чертой — наибольшее (максимальное): *) Значение линейной скорости для наиболее удаленной от оси поворота точки кабины.

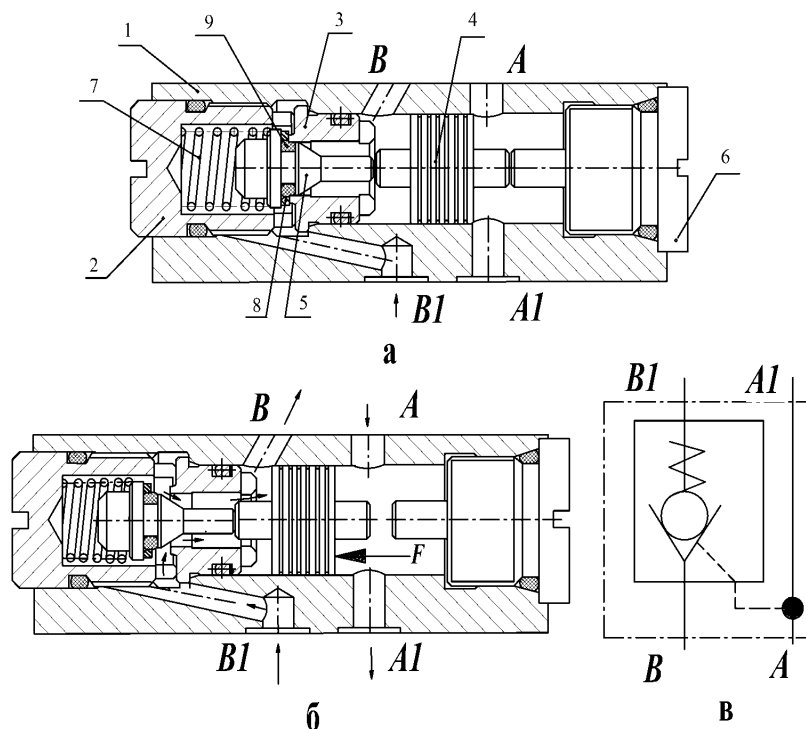


Рисунок 8. Односторонний гидрозамок с герметичным седлом в запертом (а) и в открытом (б) положениях и его гидравлическая принципиальная схема (б).

ет поршень 4 влево и вслед за ним клапан 5. При этом отверстие В1 в гидроцилиндре сообщается с отверстием А по зазору между клапаном 5 и седлом 3, благодаря чему РЖ сливается из гидроцилиндра в гидробак.

При расчете гидроцилиндра с односторонним штоком диаметр поршня определяют по формуле

$$D_{\Pi} = \sqrt{\frac{1}{\Delta p} \left(\frac{4F_2}{\pi \cdot \eta_{ГМ}} - p_{\text{ВЫХ}} d^2 \right)}, \text{ мм}, \quad (2)$$

где $\Delta p = p_{\text{ВХ}} - p_{\text{ВЫХ}}$ — перепад давлений между входом и выходом из гидроцилиндра (поршневой и штоковой полостями), МПа; $p_{\text{ВЫХ}}$ — давление на выходе из гидроцилиндра (в штоковой полости), МПа; F_2 — усилие, действующее на шток, которое является внешней нагрузкой, т.е. задаваемым значением, Н; $\eta_{ГМ}$ — гидромеханический КПД гидроцилиндра; d — диаметр штока гидроцилиндра, мм.

Для гидроцилиндра с дифференциальной схемой подключения значение диаметра поршня определяют по формуле

$$D_{\Pi, \text{диф}} = \sqrt{\frac{4F_2}{\pi \cdot \eta_{ГМ} \cdot p} - d^2}, \text{ мм}, \quad (3)$$

где p — общее давление в поршневой и штоковой полостях, МПа.

С ростом давления p диаметр поршня снижается, а увеличение диаметра штока приводит к увеличению диаметра поршня.

Расчет скорости поршня и потребляемого расхода проводят по теоретическим формулам исходя из высокого уровня герметичности современных уплотнений, обеспечивающих объемный КПД гидроцилиндров близким к 100%

$$v_{\Pi} = 10^{-3} \frac{l_{\Pi}}{t}, \text{ м/с}, \quad (4)$$

$$Q_i = 0,06 \cdot v_i \cdot \frac{\pi \cdot D_i^2}{4}, \text{ л/мин};$$

$$Q_{i, \text{диф}} = 0,06 \cdot v_i \cdot \frac{\pi \cdot (D_i^2 - d^2)}{4}. \quad (5)$$

Скорость поршня гидроцилиндра при подводе РЖ в штоковую полость определяют по формуле

$$v_{\Pi, \text{шт}} = 16,7 \frac{Q_i}{S_i - S_{o \delta}}, \text{ м/с}. \quad (6)$$

Выводы

1. Анализ конструкций современных ОГП кабин показывает на тенденцию перехода на «плавающие» системы, обеспечивающие комфортные условия работы водителя в поддресоренной кабине. Для реализации режима «плавания» применяют способы дифференциального подключения гидроцилиндра и системы гидро- и электроавтоматики, причем последние существенно отличаются повышенным толкающим усилием по сравнению с дифференциальными.

2. Для ОГП кабин, удовлетворяющих современным требованиям по массогабаритным показателям и безопасности, необходимо создание гидроустройств (гидрозамков, дросселей, гидрораспределителей, клапанов предохранительных, фильтров) с условным проходом до 2 мм на давление до 40 МПа и высоким уровнем герметичности.

3. Реализация вышеприведенных требований требует проведения комплекса научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ во взаимосвязи с подбором материалов, высокоточного финишного металлорежущего оборудования и метрологических средств.

Литература

1. Системы наклона кабины фирмы «POWER-PACKER». — Motion Control, — 2008. — 58 с.
2. POWER-PACKER TRUCK. CAB TILT. [Электронный ресурс] /AN Actuant COMPANY // 2011. — 4С. — Режим доступа: www.actuant.com.
3. Компания «Power-Packer» / Actuant Group. — 2008. — 23 с.
4. Особенности конструкции гидравлического механизма подъема кабины автомобилей «МАЗ / В.В. Корсаков, Е.И. Сурин, А.В. Макарихин [и др.] // Грузовик &. — 2003. — № 1. — С. 8—12.
5. Автомобильные транспортные средства. Гидроцилиндры и насосы гидравлических механизмов опрокидывания кабин. Технические требования и методы испытаний (ГОСТ Р 53807-2010) [Введен 2010-07-07]. — М.: Стандартинформ, 2010. — 17 с.
6. Гидроприводы объемные. Гидроцилиндры. Общие технические требования. (ГОСТ 16514-96) [Введен 2006-03-10]. — Минск: Межгосуд. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1996. — 5 с.
7. Гидроприводы объемные. Общие технические требования (ГОСТ 17411-91) [Введен 1992-01-01]. — М.: Стандартинформ, 2006. — 3 с.
8. Гидравлические агрегаты тракторов и сельскохозяйственных машин : каталог, часть 1 / (сост. Антипюк Г.А., Флер Д.Е., Бородай Н. И., Ханин Д.Е.) — М. : ЦНИИТЭИавтосельхозмаш. — 1989. — 138 с.

Надійшла 06.12.2011 р.