УДК 625.7.08.002.5; 616-07; 62-187

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ ГИДРОПРИВОДА

Г.Г. Пимонов, доц., к.т.н., И.Г. Пимонов, доц., к.т.н., Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. *Установлено влияние основных параметров гидропривода на время разогрева рабочей жидкости до температуры, обеспечивающей возможность его работы, и на основании результатов проведенных исследований совершенствуется система терморегуляции.*

Ключевые слова: *гидропривод, система терморегуляции, время разогрева рабочей жидкости.*

ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА СИСТЕМИ ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЇ ГІДРОПРИВОДУ

Г.Г. Пімонов, доц., к.т.н., І.Г. Пімонов, доц., к.т.н., Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. *Визначено вплив основних параметрів гідроприводу на час розігрівання робочої рідини до температури, що забезпечує можливість його роботи, і на основі результатів проведених досліджень удосконалюється система терморегуляції.*

Ключові слова: *гідроприві д, система терморегуляції, час розігрівання робочої рідини.*

RESEARCH INTO INFLUENCE OF HYDRAULIC DRIVE PARAMETERS ON THE TIME OF ITS TEMPERATURE PREPARATION

G. Pimonov, Assoc. Prof., Cand., Eng. Sc., I. Pimonov, Assoc. Prof., Cand., Eng. Sc., Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. *Influence of basic parameters of hydraulic drive on the time of warming-up the working liquid up to the temperature that provides possibility of its work is determined, and on the basis of results of the conducted research the system of thermoregulation is improved.*

Key words: *hydraulic drive, system of thermoregulation, time of the working liquid warming-up.*

Введение

Гидропривод машины реализует свои наилучшие технические показатели при номинальной вязкости рабочей жидкости, задаваемой его технической характеристикой и зависящей в эксплуатации в основном от температуры этой жидкости. Регулировать температуру и время нагрева рабочей жидкости можно режимом работы гидропривода, изменением массы гидропривода и рабочей жидкости, коэффициентом теплопередачи, площадью теплообмена и т.д.

Перспективным направлением обеспечения рационального режима температурной подготовки гидропривода является создание постоянного допустимого давления на входе насоса на всём протяжении разогрева рабочей жидкости [1] и совершенствование систем терморегуляции гидропривода.

Анализ публикаций

Устройство для регулирования температуры рабочей жидкости изменением массы (объёма) рабочей жидкости, циркулирующей в гидроприводе, представлено на рис. 1 [1, 2].

При низкой температуре рабочей жидкости на дросселе возникает перепад давления, которое передается по трубопроводу во вспомогательную полость гидробака и действует на подвижную перегородку.

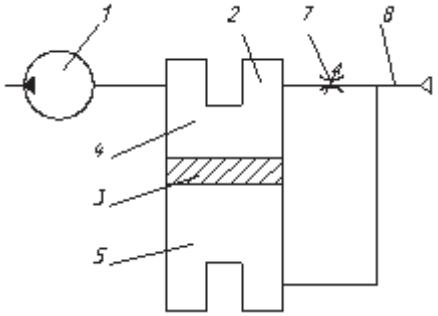

Рис. 1. Гидробак с вертикальной подвижной перегородкой: 1 – насос; 2 – гидробак; 3 – подвижная перегородка; 4, 5 – основная и вспомогательная полости гидробака; 6 – сливная магистраль; 7 – регулирующий дроссель

При этом происходит вертикальное перемещение перегородки вверх, причем величина этого перемещения и, соответственно, соотношение объемов основной и вспомогательной полостей бака пропорциональны перепаду давлению (вязкости жидкости) на дросселе.

Уменьшение объема основной полости обеспечивает интенсивный разогрев рабочей жидкости за счет потерь энергии в гидроприводе. При повышении температуры перепад давления на дросселе уменьшается, подвижная перегородка опускается вниз, увеличивая объем основной полости, за счет которой увеличивается объем жидкости, циркулирующей в гидроприводе. Регулированием дросселя добиваются разных равновесных положений перегородки, соответствующих необходимому тепловому режиму гидропривода.

Основным преимуществом устройства является ускорение достижения необходимой температуры рабочей жидкости, а также поддержка необходимого значения этой температуры в процессе работы. Недостатками устройства являются:

– усложнение конструкции гидробака и повышение требований к точности его изготовления, обусловленное присутствием подвижной перегородки, которая передвигается вверх или вниз вдоль бака с обеспечением герметичности между краями подвижной перегородки и стенками бака;

– уменьшение теплообмена между рабочей жидкостью и окружающей средой со стороны вспомогательной полости;

– усложнено использование устройства в очень распространенных открытых гидроприводах, в результате отсутствия в верхней части гидробака свободного пространства для «дыхания» рабочей жидкости, обусловленного изменением её объема при работе поршневых и штоковых полостей гидроцилиндров.

Известна система регулирования температуры рабочей жидкости за счет изменения объема рабочей жидкости, циркулирующей в гидроприводе, с горизонтальной подвижной перегородкой [1], которая имеет преимущества и недостатки, аналогичные тем, которые в наличие у описанного выше устройства.

Разработана система регулирования температуры рабочей жидкости изменением площади теплоотдачи и условий естественного теплообмена (рис. 2) [1]. Система содержит гидробак 1, насос 2, регулирующий дроссель 3, установленный на сливной магистрали 4, гидроцилиндр одностороннего действия 5 с пружинным возвратом, шток которого жестко связан с зубчатыми рейками 6, 7, 8, 9, кинематически связанными с жалюзи 11, поворачивающимися вокруг осей 11.

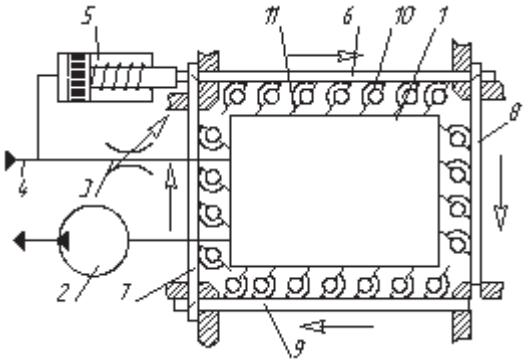

Рис. 2. Гидробак с изменяющимися условиями и площадью теплоотдачи

При низкой температуре рабочей жидкости на регулируемом дросселе возникает большой перепад давления, которое передвигает поршень гидроцилиндра, переборов усилие пружины. Шток гидроцилиндра, благодаря кинематической связи с жалюзи, поворачивает их так, что они образуют с четырех сторон гидробака замкнутый контур с воздушным пространством, тем самым, уменьшая теплообмен гидробака с окружающей средой.

Жидкость в гидробаке нагревается значительно быстрее. При повышении температуры вязкость рабочей жидкости уменьшается, снижается перепад давления на дросселе и, благодаря кинематической связи, жалюзи поворачиваются, улучшая теплообмен между гидробаком и окружающей средой. Тепловыделение в гидроприводе компенсируется улучшением теплоотдачи, и гидропривод работает в необходимом тепловом режиме.

Недостатками этой системы являются:
– усложнение конструкции гидробака и повышение требований к точности его изготовления, обусловленное наличием жалюзи и механизма их поворота;
– усложнение регулирования условий и площади теплоотдачи с нижней и верхней сторон бака;
– не регулируется объем рабочей жидкости, который циркулирует в гидроприводе, что повышает время её выхода на необходимый тепловой режим.

Система регулирования температуры рабочей жидкости со сдвоенным гидробаком (рис. 3) [1] содержит малый 1 и большой 2 баки, оснащённые всасывающей 3 и сливной 4 насадками, заливной горловиной 5 и сапуном 6.

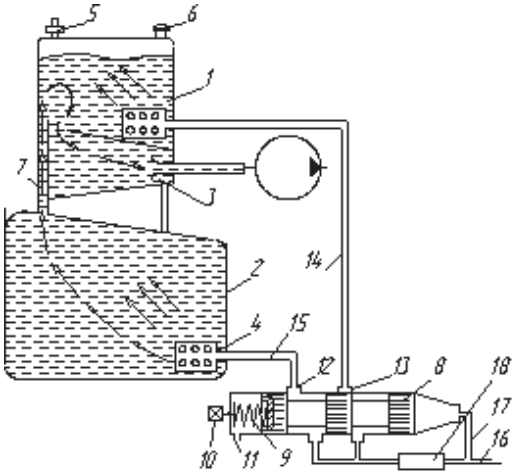

Рис. 3. Сдвоенный гидробак

Баки соединены между собой вертикальным трубопроводом 7. Золотниковый распределитель состоит из золотника 8, пружины 9, регулировочного винта 10, корпуса 11 с каналами 12 и 13, соединёнными трубопроводами 14 и 15 с малым 1 и большим 2 баками. Дроссель 18, гидравлическое сопротивление которого зависит от температуры (вязкости) рабочей жидкости, расположен на сливной линии 16 и гидравлически соединён с торцевой полостью золотника 8 каналом 17.

Составляющие этой системы регулирования температуры рабочей жидкости кинематически и гидравлически объединены так, что при повышении температуры и, как следствие, уменьшении перепада давления на дросселе постепенно увеличивается поток рабочей жидкости, который поступает в большой бак, подключая к циркуляции в гидроприводе все больший объем рабочей жидкости в сдвоенном гидробаке.

Кроме возможности регулирования температуры, преимуществом этой системы является возможность её использования в открытых гидроприводах, вследствие наличия в верхней части гидробака свободного пространства для «дыхания» рабочей жидкости, обусловленного изменением ее объема при работе поршневых и штоковых полостей гидроцилиндров.

Главным недостатком этой системы является сложность конструкции, обусловленная необходимостью использования двух баков.

Цель и постановка задачи

Целью работы является повышение эффективности эксплуатации гидроприводов путём совершенствования системы регулирования температуры рабочей жидкости. Для достижения этой цели исследуется и устанавливается степень влияния основных параметров гидропривода на время разогрева рабочей жидкости, производится сравнение этого влияния и, базируясь на полученных результатах сравнения, совершенствуется система терморегуляции рабочей жидкости.

Исследование влияния параметров гидропривода на время его температурной подготовки

Время нагрева рабочей жидкости на заданный интервал температур Δt с постоянным допустимым давлением на входе насоса, достигаемым за счёт увеличения подачи по мере разогрева рабочей жидкости, зависит от следующих параметров гидропривода

$$\tau = f(\eta_{об}, p, m_{рж}, m_{го}, k_{гп}, F_{гп}), \qquad (1)$$

где $\eta_{об}$ – общий коэффициент полезного действия гидропривода; p – давление гидросистемы; $m_{рж}$ – масса рабочей жидкости; $m_{го}$ – масса гидрооборудования; $k_{гп}$ – коэффициент теплопередачи; $F_{гп}$ – площадь теплообмена.

Используя зависимость (1), было установлено влияние основных параметров гидропривода на время разогрева (рис. 4–9). При изменении значения общего коэффициента полезного действия гидропривода с 0,7 до 0,95 (кривая 1 и 6 рис. 4) время нагрева уменьшается в 7 раз. Общий коэффициент полезного действия гидропривода оказывает наибольшее влияние на время нагрева рабочей жидкости.

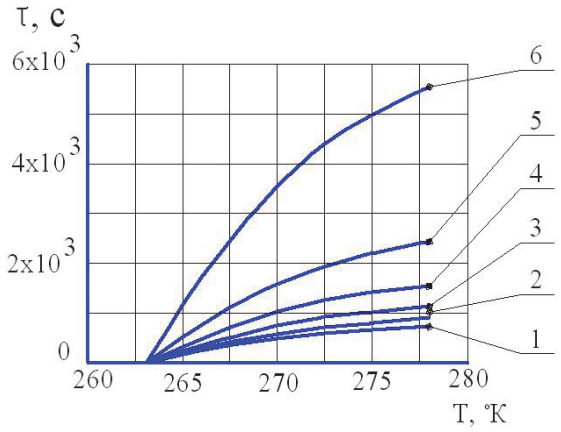

Рис. 4. Зависимость времени нагрева рабочей жидкости от общего КПД гидропривода: 1 – 0,7; 2 – 0,75; 3 – 0,8; 4 – 0,85; 5 – 0,9; 6 – 0,95

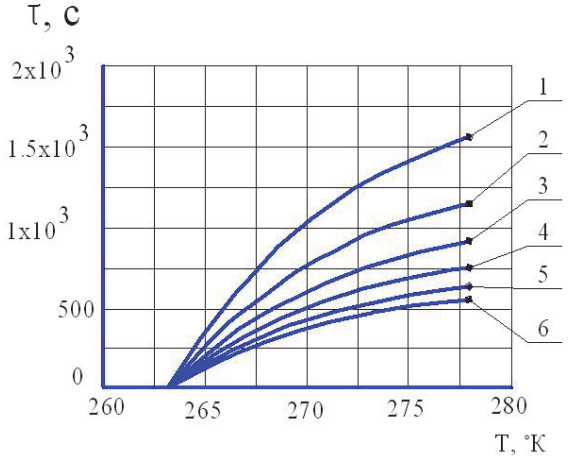

Рис. 5. Зависимость времени нагрева рабочей жидкости от давления в гидроприводе: 1 – 6 МПа; 2 – 8 МПа; 3 – 10 МПа; 4 – 12 МПа; 5 – 14 МПа; 6 – 16 МПа

Следующим по степени влияния на время нагрева рабочей жидкости является давление (рис. 5). При изменении давления с 6 МПа до 16 МПа время нагрева уменьшилось в 2,5 раза.

При уменьшении массы рабочей жидкости с 300 кг до 50 кг (кривые 1 и 6, рис. 6) время нагрева рабочей жидкости уменьшается в 2 раза.

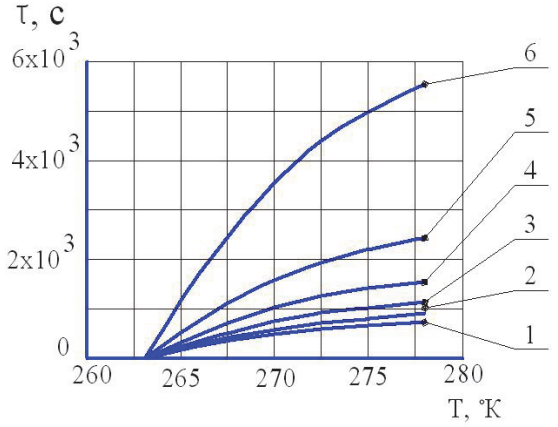

Рис. 6. Зависимость времени нагрева рабочей жидкости от массы жидкости: 1 – 50 кг; 2 – 100 кг; 3 – 122,6 кг; 4 – 200 кг; 5 – 250 кг; 6 – 300 кг

Влияние массы гидрооборудования на время нагрева рабочей жидкости показано на рис. 7. При уменьшении массы гидрооборудования с 930 кг до 430 кг (кривые 6 и 1) время нагрева рабочей жидкости уменьшается в 1,5 раза.

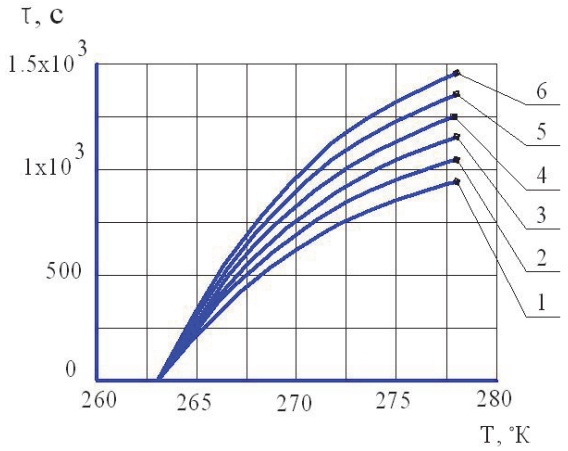

Рис. 7. Зависимость времени нагрева рабочей жидкости от массы гидрооборудования: 1 – 430 кг; 2 – 530 кг; 3 – 630 кг; 4 – 730 кг; 5 – 830 кг; 6 – 930 кг

При увеличении коэффициента теплоотдачи гидропривода с 2 до 12 $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ время нагрева рабочей жидкости увеличивается в 1,1 раза (кривые 1 и 6, рис. 8).

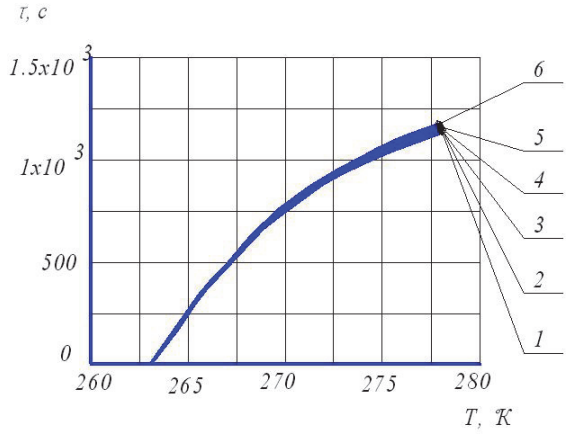

Рис. 8. Зависимость времени нагрева рабочей жидкости от коэффициента теплоотдачи гидропривода: 1 – 2 $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$; 2 – 4 $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$; 3 – 6 $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$; 4 – 8 $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$; 5 – 10 $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$; 6 – 12 $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$

При увеличении площади теплообмена гидропривода с 6 до 11 м^2 время нагрева рабочей жидкости увеличивается в 1,1 раза (кривые 1 и 6, рис. 9).

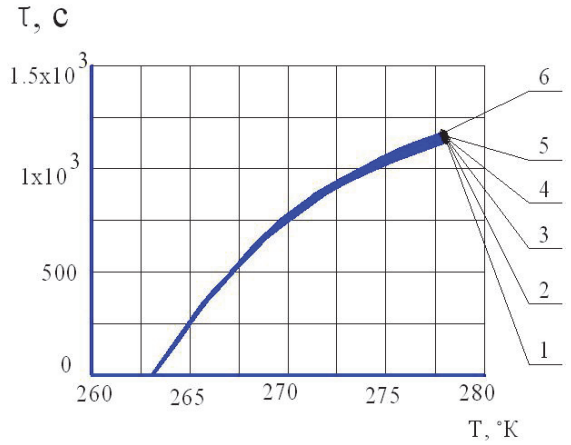

Рис. 9. Зависимость времени нагрева рабочей жидкости от площади теплообмена: 1 – 5,62 м^2; 2 – 6,62 м^2; 3 – 7,62 м^2; 4 – 8,62 м^2; 5 – 9,62 м^2; 6 – 10,62 м^2

Совершенствование системы регулирования температуры рабочей жидкости

Усовершенствованная система регулирования температуры рабочей жидкости (рис. 10) [4, 5] состоит из гидробака 1 с расположенной в нём подвижной перегородкой 2, герметичной по отношению к стенкам и днищу бака и которая может вращаться вместе с осью 3, с которой она жестко соединена. Рычаг 4 жестко связан с осью 3 и шарниром с тягой 5, которая, в свою очередь, шарнирно соединяется со штоком 6 гидроцилиндра 9, который имеет пружину 7 на штоке 6 и поршень 8. Гидроцилиндр 9 трубопроводом 10 соединяется со сливной магистралью 11, на которой перед входом в бак расположен дроссель 12, перепад давления на котором зависит от температуры (вязкости) рабочей жидкости. Из бака 1 рабочая жидкость через магистраль 13 следует к насосу 14, откуда подается к гидроприводу. Сверху бака находится сапун 15.

Регулирование температуры (вязкости) рабочей жидкости происходит следующим образом. Холодная рабочая жидкость, которая имеет большую вязкость, нуждается в большем давлении для своего прохождения через дроссель 12. Это вызывает повышение давления в трубопроводе 10 и в поршневой полости гидроцилиндра 9. Это давление вызывает передвижение поршня 8, который через шток 6, тягу 5 и рычаг 4 поворачивает ось 3 с перегородкой 2, сжимая при этом пружину 7. Подвижная перегородка становится в свое начальное положение, образовывая вместе со стенками бака две гидравлически изолированные полости А и Б. Рабочая жидкость, проходя по меньшей по объему полости А, ускоренно прогревается, вязкость ее уменьшается, что вызывает уменьшение давления перед дросселем 12, в трубопроводе 10 и в поршневой полости гидроцилиндра 9. Вследствие этого сжатая пружина 7 передвигает поршень 8 вправо, что через шток 6, тягу 5 и рычаг 4 вызывает поворот оси 3 вместе с перегородкой 2. Между полостями А и Б образуется щель соединения, которая растет по мере прогрева рабочей жидкости, постепенно подключая к циркуляции в гидроприводе все больший объем рабочей жидкости. В окончательном положении подвижная перегородка упирается в стенку бака своей нижней частью (рис. 4, Г – Г, пунктирные линии), а че-

рез зазор между верхней частью перегородки и стенкой бака проходит весь поток рабочей жидкости. Перегородка способствует перемешиванию (турбулизации) рабочей жидкости, которое улучшает теплообмен между рабочей жидкостью и стенками бака. Подвижная перегородка выполнена из теплоизоляционного материала, который уменьшает теплообмен между полостями А и Б, убыстряя нагрев рабочей жидкости в начале работы гидропривода, и практически не влияет на регулирование температуры рабочей жидкости при появлении соединения между полостями А и Б. К подвижной перегородке 2 жестко крепится заслонка 16 с выточками (сноска В на рис. 10 и отдельно показана на рис. 11).

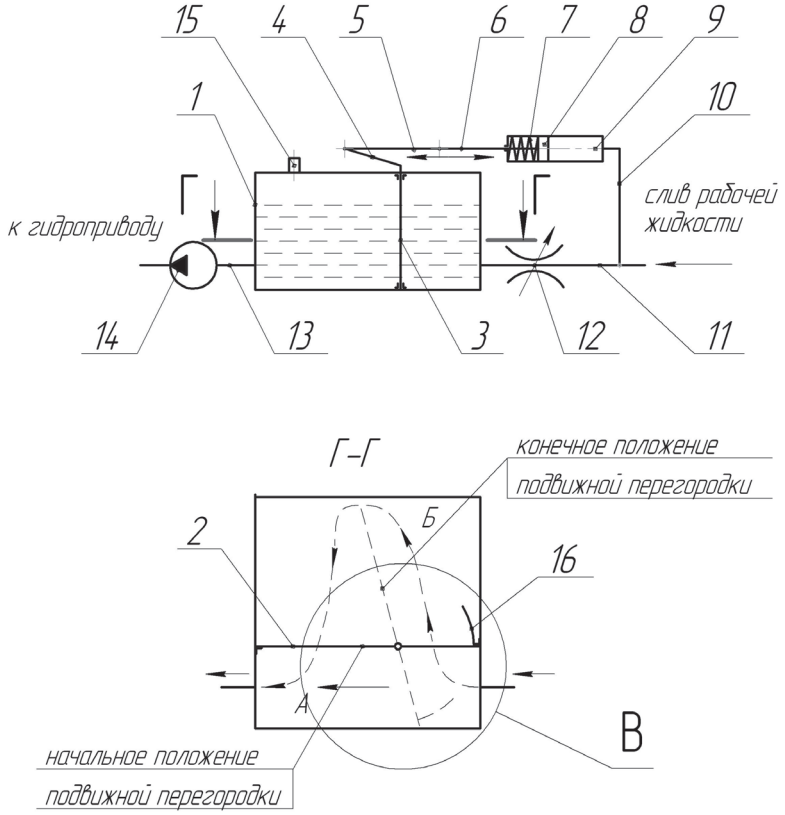

Рис. 10. Разработанная система регулирования температуры рабочей жидкости гидропривода

При повороте подвижной перегородки щель соединения между полостями А и Б сначала перекрывается заслонкой 16 и гидравлическое соединение происходит по выточкам в этой заслонке. Площадь гидравлического соединения растет постепенно, в зависимости от конфигурации выточек, что позволяет дополнительно регулировать температуру рабочей жидкости, которая циркулирует в гидроприводе. Упрощение устройства системы регулирования достигается наличием в гидробаке подвижной перегородки, которая не передвигается, как в описанных выше устройствах, а поворачивается в гидробаке, образовывая вместе со стенками бака две гидравлически изолированные полости А и Б, и которая создаёт поток рабочей жидкости сначала небольшого объема через полость А, а затем, по мере прогревания рабочей жидкости, постепенно к этому потоку присоединяется весь объем рабочей жидкости в гидробаке.

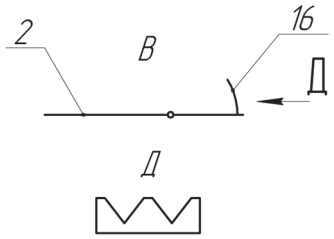

Рис. 11. Подвижная перегородка с заслонкой

Преимуществом разработанной системы является также возможность дополнительно влиять на характер изменения объема рабочей жидкости, которая циркулирует в гидроприводе, заслонкой с выточками, установленной на подвижной перегородке.

Предлагаемая система может быть использована при производстве и переоборудовании гидравлических приводов машин. Для её изготовления имеется техническая документация.

Выводы

При разработке и совершенствовании систем регулирования температуры рабочей жидкости гидроприводов строительных машин целесообразно учитывать степень влияния основных параметров гидропривода на время нагрева рабочей жидкости.

Безкавитационный режим нагрева рабочей жидкости достигается обеспечением постоянного допустимого давления на входе насоса за счёт увеличения подачи по мере разогрева рабочей жидкости. При этом основное влияние на время нагрева оказывают общее КПД гидропривода и давление в нём.

Возможность изменения параметров с целью повышения эффективности нагрева рабочей жидкости ограничивается технической характеристикой гидропривода. В рамках этих ограничений целесообразно использовать конструктивно объединённую систему параметров гидропривода для повышения эффективности нагрева рабочей жидкости.

Эффективность системы регулирования температуры рабочей жидкости повышается применением гидробака с поворотной перегородкой и заслонкой с вырезами, конфигурация которых позволяет получить необходимый закон изменения массы рабочей жидкости, циркулирующей в гидроприводе.

Литература

1. Каверзин С.В. Гидравлические баки самоходных машин (проектирование, расчёт, эксплуатация) / С.В. Каверзин, А.С. Каверзина, С.В. Подсосов; под ред. Каверзина С.В. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2001. – 80 с.
2. А.с. 939852 СССР, МКИ F15B 21/04. Система регулирования температуры рабочей жидкости в гидроприводе / С.В. Каверзин, С.И. Васильев, В.А. Мальцев, В.П. Павлов (СССР); опубл. 30.06.82. Бюл. № 24.
3. А. с. 909373 СССР. МКИЗ 15 В 13/02. Система регулирования температуры рабочей жидкости гидропривода / В.В. Минин, С.В. Каверзин, В.П. Павлов, В.А. Мальцев; опубл. 20.05.82, Бюл. № 8.
4. Пат. 9618/ЗА/14 Україна, UA МПК F15B 21/04. Система регулювання температури робочої рідини гідроприводу / Пімонов Г.Г., Пімонов І.Г., Фомін Р.О.; заявники і патентовласники Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Пімонов Г.Г., Пімонов І.Г., Фомін Р.О. – № а 201301533; заявл. 11.02.2013; опубл. 25.05.2014, Бюл. №12.
5. Пімонов І.Г. Обґрунтування енергозбережного температурного режиму гідрофікованих будівельних машин / І.Г. Пімонов, Г.Г. Пімонов // Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. Серія «Галузеве машинобудування, будівництво». – 2013. – Вип. 2 (37) – С. 140–143.

Рецензент: Е.С. Венцель, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 14 апреля 2014 г.