

УДК 621.878.6

А.М. Щемелёв, кандидат технических наук, профессор, А.Е. Науменко (Белорусско-Российский университет)

## СИСТЕМЫ ПОДОГРЕВА ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ

Приведено обоснование необходимости подогрева рабочей жидкости гидросистем строительно-дорожных машин при запуске машины после длительного простоя при низкой температуры окружающей среды. Предложены различные системы подогрева рабочей жидкости.

Температура рабочей жидкости в гидросистеме машин оказывает значительное влияние на энергопотери в гидросистеме машин. Чем меньше температура рабочей жидкости, тем больше её вязкость, и тем большие потери на трение будут возникать при движении рабочей жидкости по трубопроводам и гидравлическим элементам гидросистемы машины. Повышение потерь на трение приводит к повышению потерь давления на преодоление внутренних сопротивлений (в некоторых случаях потери давления могут достигать таких величин, при которых насосная станция не сможет обеспечить давление, необходимое для приведения в действие исполнительных гидроцилиндров). В результате насосная станция при низкой температуре рабочей жидкости для совершения одних и тех же операций будет затрачивать большую мощность а, следовательно, будет расходоваться больше топлива, чем при высокой температуре рабочей жидкости.

Разогрев рабочей жидкости в гидросистемах различных машин без дополнительной системы подогрева составляет в холодное время года до 5 часов в зависимости от длины трубопроводов гидросистемы машины. При высоких температурах рабочей жидкости (свыше 80 °С) начинают разрушаться резиновые уплотнения, что приводит к отказу гидросистемы. Поэтому в гидросистемах мобильных машин необходимо иметь устройство, обеспечивающее регулировку температуры рабочей жидкости в требуемом диапазоне температур.

На рис. 1 представлена расчётная зависимость потерь давления в гидросистеме погрузчика МоАЗ-4048 от температуры рабочей жидкости (в качестве рабочей жидкости принято масло гидравлическое АУ) [1]. Анализ рис. 1 показывает, что потери давления в гидросистеме погрузчика МоАЗ-4048 при температуре рабочей жидкости -20°С превышает потери при 0°С примерно в 5 раз. Низкая температура рабочей жидкости соответствует работе машины в зимнее время на территории Республики Беларусь и в средней зоне Российской Федерации. На севере Российской Федерации температуры окружающей среды в зимний период ещё ниже, а значит, потери давления имеют ещё более

высокое значение. При отрицательных температурах рабочей жидкости осложняется работа гидросистемы во всасывающих трубопроводах, так как в них возникает разрежение, что приводит к возникновению кавитации и повреждению гидронасосов. Потери давления во всех гидромагистралях приводит к увеличению затрат мощности на прокачку рабочей жидкости.

Дополнительные затраты мощности на прокачку рабочей жидкости можно определить по формуле:

$$\Delta N = \frac{\Delta P \cdot Q}{\eta}, \quad (1)$$

где  $\Delta P$  - потери давления на преодоление внутренних сопротивлений трубопроводов и гидроаппаратов в гидросистеме машин, Па;  $Q$  - подача насосов, м<sup>3</sup>/с;  $\eta$  - общий КПД гидросистемы.

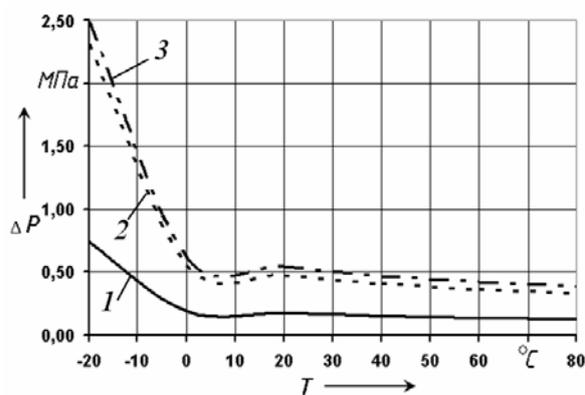


Рисунок - 1 Зависимость потерь давления на преодоление сопротивлений трубопроводов и гидроаппаратов в гидросистеме погрузчика МоАЗ-4048 от температуры рабочей жидкости при использовании гидравлического масла (АУ) на различных этапах рабочего цикла погрузчика: 1 - транспортный режим; 2 - режим опускания рабочего оборудования; 3 - режим подъема рабочего оборудования

Оптимальной температурой рабочей жидкости считается температура равная 50...60°С. Повышение температуры рабочей жидкости свыше 60°С нежелательно, так как в этом случае происходит вулканизация резиновых уплотнений в гидросистеме, а также из-за снижения вязкости происходит увеличение утечек через зазоры подвиж-

ных частей гидроаппаратов и вследствие разрыва масляной плёнки появление граничного трения между сопряжёнными элементами гидроаппаратов.

При запуске двигателя в начале рабочей смены температура рабочей жидкости равна температуре окружающей среды. В процессе работы машины температура рабочей жидкости увеличивается до рабочей температуры 50...60°C в течение 1,5...2 часов за счёт затрат энергии на преодоление сопротивлений трубопроводов и гидроаппаратов и дросселирования рабочей жидкости в элементах гидросистемы. Эта энергия превращается в тепло, рабочая жидкость нагревается, и вязкость рабочей жидкости снижается.

Поступающая в гидроцилиндры и гидромоторы рабочая жидкость с температурой меньше оптимальной приводит к снижению давления в исполнительных элементах гидросистемы, и как следствие к потере производительности машины. Отсюда вытекает, что необходимо стремиться к сокращению времени работы машины с низкой температурой.

Авторами разработан ряд технических решений, которые обеспечивают сокращение времени нагрева рабочей жидкости гидросистемы. Ее подогрев может производиться электрическим методом, за счёт использования тепла охлаждающей жидкости системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания, за счёт использования тепла выхлопных газов двигателя, за счёт уменьшения теплоотдачи гидробака машины.

Гидробак в гидросистеме машины представляет собой теплообменник, поэтому на этапе разогрева рабочей жидкости гидросистемы до рабочей температуры он должен иметь временную тепловую изоляцию. Значительную часть времени все мобильные гидрофицированные строительные, дорожные и подъёмно-транспортные машины в технологические перерывы и по организационным причинам простаивают (считается до 40..45% рабочего времени), и рабочая жидкость охлаждается. В это время отдача тепла гидробаком производится не должна, так как в дальнейшем для нагрева рабочей жидкости до рабочей температуры необходимо затрачивать энергию двигателя. Поэтому при простоях машины или при её работе в транспортном ре-

жиме необходимо предотвратить теплообмен между рабочей жидкостью в гидробаке и окружающей средой, а при необходимости отдачи тепла конструкция гидробака должна предусматривать возобновление теплообмена.

Известно, например, что при работе машин при экстремально низких температурах окружающей среды при перерывах в работе масло из гидросистемы сливают, а перед запуском двигателя сначала производят предварительный подогрев масла, а затем заправляют подогретым маслом гидросистему.

На рисунке 2 представлена система подогрева рабочей жидкости основанная на уменьшении теплоотдачи гидробака машины [2].

Система подогрева рабочей жидкости основанная на уменьшении теплоотдачи гидробака машины состоит из гидравлической и механической частей.

Гидравлическая часть (рис. 2, а) состоит из насоса 1, соединённого с основным гидрораспределителем машины 2, сливной гидролинии 3, в которой установлен дополнительный трёхпозиционный гидрораспределитель 4. Один выход дополнительного гидрораспределителя 4 одним выходом соединён с регулируемым дросселем 5, и, далее, с фильтром 6, а второй с теплообменником 8. В гидробаке 7 машины установлены два температурных реле, настроенных на высокую и низкую температуру рабочей жидкости.

Механическая часть (рис. 2, б) состоит из гидробака 7, по периметру которого установлены жалюзи 11, с нанесённым на них теплоизоляционным материалом. Жалюзи 11 одной стороной шарнирно прикреплены к гидробаку 7, а второй стороной шарнирно соединены между собой посредством тяги 12. Тяга 12 одним концом соединена с пружиной 10, натяжка которой регулируется при помощи винта 9, другим концом тяга 12 через рычаг 13 соединена со штоком электромагнита 14. В закрытом состоянии жалюзи плотно прилегают к корпусу гидробака исключая, тем самым, теплообмен рабочей жидкости с окружающей средой.

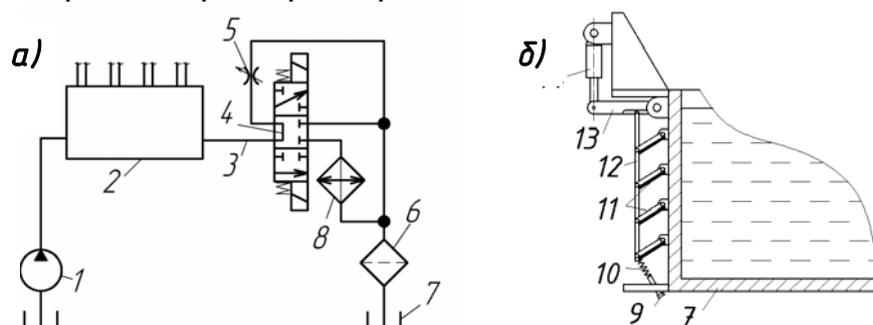


Рисунок - 2 Система подогрева рабочей жидкости основанная на уменьшении теплоотдачи гидробака машины: а – гидросхема системы подогрева; б – механическая схема гидробака

При работе гидросистемы в зависимости от температуры рабочей жидкости в баке может быть установлен один из следующих рабочих режимов:

1 – жалюзи 11 открыты, гидрораспределитель 4 направляет рабочую жидкость в гидробак 7 через теплообменник 8;

2 – жалюзи 11 открыты, гидрораспределитель 4 направляет рабочую жидкость в гидробак 7 через фильтр 6 в бак 7;

3 – жалюзи 11 закрыты, гидрораспределитель 4 направляет рабочую жидкость в гидробак 7 через дроссель 5 и фильтр 6;

Первый режим работы имеет место в том случае если температура рабочей жидкости в гидробаке 7 превышает заданный температурный режим. В этом случае срабатывает температурное реле высокой температуры, золотник дополнительного гидрораспределителя 4 направляет рабочую жидкость через теплообменник 8, а электромагнит 14 открывает жалюзи 11. В результате происходит интенсивный теплообмен рабочей жидкости с окружающей средой и рабочая жидкость охлаждается.

Второй режим устанавливается когда температура рабочей жидкости достигает оптимального значения (+50...+60°C) и не превышает максимально допустимую.

В этом случае реле высокой и низкой температуры отключаются, золотник дополнительного гидрораспределителя 4 перемещается и направляет рабочую жидкость на фильтр 6, а электромагнит 14 открывает жалюзи 11.

Третий режим работы устанавливается, когда температура рабочей жидкости ниже значения минимально допускаемой температуры.

В этом случае включается реле низкой температуры и перемещает золотник дополнительного гидрораспределителя 4 в нейтральное положение, и рабочая жидкость направляется через регулируемый дроссель 5 на фильтр 6. При этом электромагнит 14 закрывает жалюзи 11. При прохождении через дроссель дополнительно выделяется тепло и рабочая жидкость нагревается, при этом закрытые жалюзи 11 исключают теплообмен рабочей жидкости в гидробаке с окружающей средой, обеспечивая при этом сохранение тепла выделившегося в гидросистеме и на дросселе 5.

Система основанная на электроподогреве представлена на рис. 3 [2]. Система состоит из насоса 1, который через двухпозиционный гидрораспределитель 2 соединён одним выходом с гидромотором 3 механически связанным с валом электрогенератора 4, а вторым выходом с основным гидрораспределителем машины 5. Электрогенератор 4 электрически соединён с электронагревателем 7, внутри которого проходит сливной трубопровод от гидромотора. В гидробаке машины установлено темпера-

турное реле 6, управляющее электромагнитом двухпозиционного гидрораспределителя 2.

При низкой температуре рабочей жидкости она движется по контуру “гидробак – насос – гидромотор – электронагреватель – гидробак”. В течение некоторого времени происходит нагрев рабочей жидкости за счёт тепла выделяемого нагревательным элементом 7 и частично за счёт тепла полученного от сопротивлений трубопроводов до температуры, на которую настроено температурное реле 6 в гидробаке машины. При достижении этой температуры реле 6 замыкается и перемещает золотник двухпозиционного гидрораспределителя 2, направляя рабочую жидкость на основной гидрораспределитель машины.

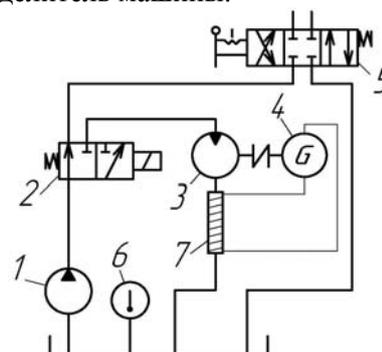


Рисунок – 3 Устройство для электрического подогрева гидравлической жидкости

Система подогрева за счёт тепла охлаждающей жидкости двигателя внутреннего сгорания представлена на рис. 4.

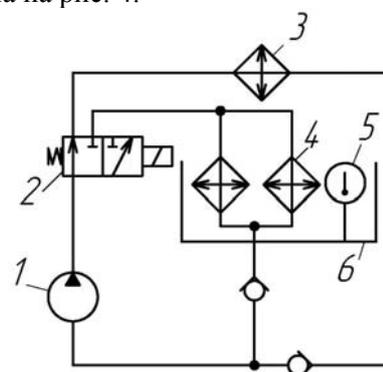


Рисунок - 4. Система подогрева гидравлического масла за счёт тепла охлаждающей жидкости двигателя внутреннего сгорания

Эта система состоит из насоса 1 перекачивающего охлаждающую жидкость в систему охлаждения двигателя внутреннего сгорания, двухпозиционного гидрораспределителя 2 один выход которого соединён с радиатором 3 машины, а второй с теплообменником 4, выполненным в виде перегородок в гидробаке 6 машины. В гидробак установлено температурное реле 5. Электромагнит двухпозиционного гидрораспределителя включается тогда, когда масло в баке имеет низкую температуру. В этом случае нагретая охлаждающая жидкость от двигателя направляется на теплооб-

менник 4, где происходит её охлаждение с одновременным подогревом рабочей жидкости гидросистемы в гидробаке. При достижении рабочей жидкости гидросистемы температуры настройки температурного реле 5 двухпозиционный гидрораспределитель 2 перенаправляет охлаждающую жидкость на радиатор машины 3 и подогрев рабочей жидкости гидросистемы прекращается.

Подогрев рабочей жидкости в гидросистеме может осуществляться за счёт использования эффекта нагрева газа при его сжатии. Принцип работы такой системы показан на рис. 5 [3].

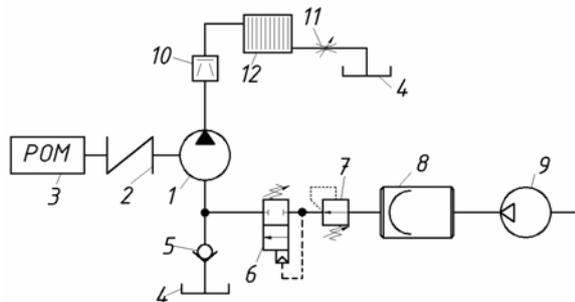


Рисунок - 5 Система подогрева рабочей жидкости за счёт использования эффекта нагрева воздуха при его сжатии

Система подогрева гидравлической жидкости состоит из насоса 1, соединённого через муфту 2 с редуктором отбора мощности 3. Во всасывающей гидромагистрали между насосом 1 и дополнительным гидробаком 4 установлен обратный клапан 5. Между насосом 1 и обратным клапаном 5 подсоединена воздушная магистраль соединённая с двухпозиционным пневмораспределителем 6, и далее, через редукционный клапан 7 с ресивером 8, воздух в который подаёт компрессор 9. В напорной гидромагистрали насоса 1 установлен ультразвуковой генератор 10, теплообменник 12 выход которого соединен через дроссель 11, с гидробаком 4. Гидробак 4 связан через сапун с атмосферой.

Работает система подогрева гидравлической жидкости следующим образом. После заводки двигателя машины начинает работать компрессор 9, который предназначен для работы тормозной системы машины. Воздух поступает из компрессора 9 в ресивер 8, и, далее на редукционный клапан 7. На выходе клапана 7 в пневмомагистрали нарастает давление, которое достигнув порогового значения настройки пружины пневмораспределителя 6 переключает пневмораспределитель и подаёт порцию воздуха во всасывающую гидромагистраль насоса 1. Давление в пневмомагистрали между клапаном 7 и пневмораспределителем 6 снижается и пружина

пневмораспределителя 6 возвращает его в исходное положение. Воздух, находящийся во всасывающей гидромагистрали насоса 1, закрывает обратный клапан 5 и начинает давить на плунжеры насоса 1 и снижает потребление энергии насосом 1. После прохождения воздуха через насос засасывается порция жидкости насосом 1. В напорной гидромагистрали порции воздуха и жидкости попадают на ультразвуковой генератор 10, который дробит и перемешивает воздух и жидкость, тем самым, улучшая их теплообмен. Воздух при сжатии нагревается, и смесь воздуха и жидкости также нагревается. Смесь далее поступает на теплообменник 12 выполненный в виде перегородок основного масляного бака машины. Далее жидкость поступает в дополнительный гидробак 4, и, далее цикл снова повторяется. После нагрева гидравлической жидкости система подогрева отключается муфтой 2. Давление в системе поддерживается дросселем 11.

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1 Температура рабочей жидкости оказывает значительное влияние на потери давления и потери мощности на преодоление внутренних сопротивлений гидросистемы, составляющие для погрузчика по давлению до 2,5 МПа, а по мощности – до 24 кВт.

Работа машины при низких температурах рабочей жидкости приводит к увеличению времени рабочего цикла и потере производительности машины, так как при увеличении нагрузки на ДВС уменьшается частота вращения коленчатого вала.

3 Приведен ряд технических решений, обеспечивающих быстрый подогрев рабочей жидкости в гидросистеме машин.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1 **Науменко, А.Е.**, Влияние температуры рабочей жидкости и технического состояния гидросистемы на потери мощности в гидросистеме на примере погрузчика МоА3-4048 / А.Е. Науменко // Вестник Белорусско-Российского университета - 2007. - №1(14). - С. 32-40.

2 **Щемелев А.М.** Проектирование гидропривода машин для земляных работ. / А.М. Щемелёв. -Могилев. : ММИ – 1995. - 140 С.

3 Пат. 9871 РБ, МКИ<sup>6</sup> Е 02 F 9/22. Система подогрева гидравлической жидкости / А. М. Щемелёв, А.Е. Науменко; заявитель и патентообладатель ГУВПО “Белорусско-Российский университет”. - № 20050404; заявл. 20.04.2005. ; опубл. 30.08.2007, - 3 с.

Получено 11.04.2010

#### **A.M. Shemelev, A.E. Navumenko. Systems of heating of a hydraulic liquid.**

The substantiation of necessity of heating of a working liquid of hydrosystems of building-road cars is resulted at start of the cars after long idle time at a low ambient temperatures. Various systems of heating of a working liquid are offered.