

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ТРАНСМИССИИ БРОНЕТРАНСПОРТЕРА БТР-4 ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ МАЗКИ РАЗДАТОЧНОЙ КОРОБКИ

Введение. Одной из основных характеристик военных легкобронированных машин, обеспечивающих их живучесть, является подвижность. Вопросу повышения надежности работы систем, обеспечивающих подвижность, всегда уделялось большое внимание, как на этапе разработки, так и на этапе доводки изделия. Продолжаются эти работы и во время серийного производства.

Одной из систем, надежная работа которой имеет первостепенное значение для обеспечения живучести, является система гидроуправления, смазки и охлаждения трансмиссии (далее по тексту – гидросистема трансмиссии).

Гидросистема трансмиссии обеспечивает следующие функции:

- включение передач в трансмиссии путем подачи масла под давлением в бустера коробки передач;
- подпитка гидротрансформатора;
- смазка и охлаждение трансмиссии путем подачи масла к трущимся поверхностям коробки передач, входного редуктора и раздаточной коробки.

В данной работе будут рассмотрены вопросы повышения надежности работы гидросистемы трансмиссии в части смазки и охлаждения раздаточной коробки бронетранспортера БТР-4.

На рис. 1 показана гидравлическая принципиальная схема системы гидроуправления, смазки и охлаждения трансмиссии, устанавливаемой на изделии БТР-4.

Работа гидросистемы происходит следующим образом:

- масло из трансмиссионного маслобака *Б* насосом *Н2*, имеющим привод от первичного вала входного редуктора, подается на смазку раздаточной коробки. Давление масла, подаваемого на смазку определяется настройкой клапана смазки *КУ4*. Откачку масла из картера раздаточной коробки производит насос *Н3*, имеющий привод от первичного вала раздаточной коробки. Обратный клапан *КО* предотвращает перетекание масла из радиатора системы в картер раздаточной коробки при остановке двигателя. Имеется также отсечной электрогидроклапан *ГР*, предназначенный для предотвращения переполнения раздаточной коробки маслом. Переполнение и потеря масла вызваны тем, что насос *Н3* на разных передачах имеет различную производительность, а при включении заднего хода реверсируется, превращаясь из откачивающего насоса в нагнетающий. В ходе испытаний выяснилось, что имеется ряд режимов работы трансмиссии, в которых необходимо отключать подачу масла на смазку раздаточной коробки, а именно:

- при включенной нейтральной передаче;
- при включении заднего хода;
- при включении 1-й передачи переднего хода;
- при включении 2-й передачи при частоте вращения коленчатых валов двигателя ниже 1800 об/мин.

Отключение подачи масла на смазку раздаточной коробки производится путем электрического сигнала на электромагнит электрогидроклапана *ГР*.

Как показали испытания изделий БТР-4, имеются замечания по надежности работы, как самого клапана, так и электронных систем им управляющих.

Цель и задачи исследования. Целью данной работы является повышение живучести бронетранспортера БТР-4 путем обеспечения надежной работы системы смазки раздаточной коробки.

Для достижения поставленной цели необходимо:

- разработать схему автономной системы смазки раздаточной коробки;
- обеспечить полноценную смазку раздаточной коробки на всех режимах трансмиссии;
- определить характеристики гидравлических элементов автономной системы смазки раздаточной коробки.

Объектом исследования является система гидроуправления трансмиссии изделия БТР-4.

Предметом исследования является функционирование автономной системы смазки раздаточной коробки.

Методы исследования, используемые в работе: системный подход при изучении и решении проблемы минимизации количества гидравлических элементов, необходимых для выполнения функций системы смазки.

Научная новизна полученных результатов заключается в следующем: получила дальнейшее развитие теория повышения надёжности БТР-4 за счёт автономизации системы смазки раздаточной коробки, что привело к упрощению общей гидросистемы изделия, а также обеспечению смазки трущихся элементов раздаточной коробки на всех режимах работы трансмиссии.

Результатом исследования является разработка новых схем смазки и обоснование целесообразности разбивки системы гидроуправления, смазки и охлаждения трансмиссии на две независимых системы, а именно:

- систему гидроуправления, смазки и охлаждения автоматической коробки передач и входного редуктора;
- систему смазки раздаточной коробки.

С целью повышения надёжности работы гидросистемы гидроуправления, смазки и охлаждения была разработана автономная система смазки раздаточной коробки, не имеющая в своем составе отсечного клапана.

На рис. 1 представлена принципиальная гидравлическая схема автономной системы смазки раздаточной коробки.

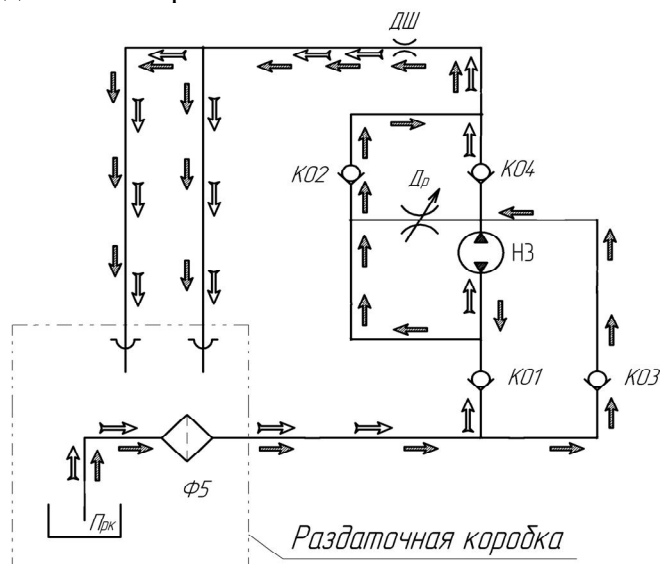


Рис. 1. Гидравлическая принципиальная схема смазки раздаточной коробки изделия БТР-4: Др - регулируемый дроссель; ДШ - дроссельная шайба; КО1, КО2, КО3, КО4 – обратные клапана; НЗ - нагнетательный насос; Прк – поддон картера раздаточной коробки; Ф5 – всасывающий фильтр раздаточной коробки; \Rightarrow движение масла на смазку раздаточной коробки при движении бронетранспортёра вперёд; \Rightarrow движение масла на смазку раздаточной коробки при движении бронетранспортёра задним ходом.

Работа автономной системы смазки раздаточной коробки происходит следующим образом:

- масло из поддона раздаточной коробки *Прк* насосом *НЗ* подается в нагнетательную магистраль. Открыв обратный клапан *КО4* масло проходит через дроссельную шайбу *ДШ* и поступает к трущимся поверхностям раздаточной коробки, после чего стекает в поддон картера *Прк*. Далее цикл повторяется. Излишки масла через дроссель *Др* возвращается во всасывающую магистраль насоса *НЗ*. При реверсировании насоса *НЗ*, при включении заднего хода в коробке передач, работа системы смазки происходит следующим образом:

- из-за разрежения в магистрали закрывается обратный клапан *КО4*, при этом открывается клапан *КО3*. Масло под давлением открывает обратный клапан *КО2* и через него поступает к смазываемым узлам раздаточной коробки, после чего стекает в поддон *Прк*.

Как видно из рис. 1 в системе смазки отсутствует отсечной электрогидроклапан и, соответственно, аппаратура им управляющая. Кроме того блок обратных клапанов (*КО1...КО4*) обеспечивает смазку раздаточной коробки на всех режимах работы трансмиссии.

Расчёт параметров элементов гидросистемы смазки раздаточной коробки (РК) бронетранспортёра БТР-4. На рис. 2 представлена расчетная схема системы смазки раздаточной коробки.

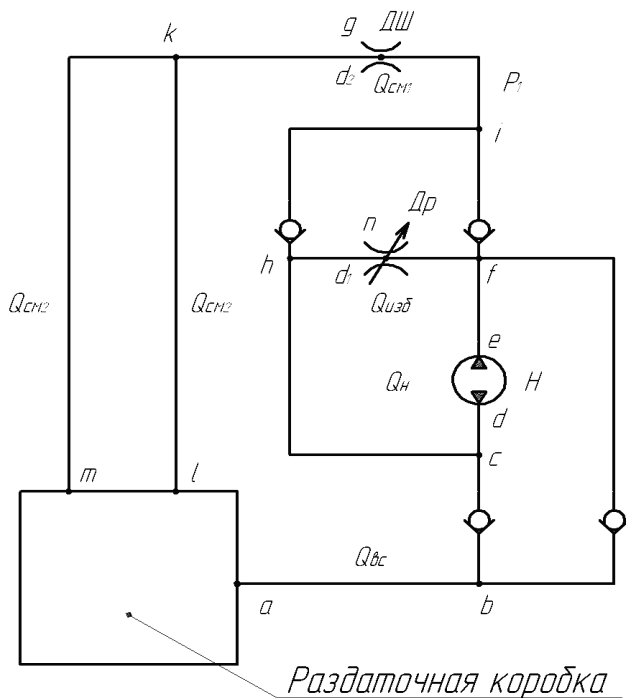


Рис. 2. Расчетная схема системы смазки раздаточной коробки: Q_H – подача насоса; $Q_{см1}$, $Q_{см2}$ – расход на смазку раздаточной коробки; $Q_{изб}$ – избыточный расход масла; $Q_{вс}$ – расход в линии всасывания; P_1 – давление нагнетания; H – насос ($q=16\text{см}^3$); $ДШ$ – дроссельная шайба; $Др$ – регулируемый дроссель; d_1 – расчетный диаметр отверстия регулируемого дросселя; d_2 – диаметр отверстия дроссельной шайбы.

Определим необходимые расходы и давления масла, обеспечивающие работу системы смазки. Производительность насоса определяется по формуле [1]:

$$Q = q \cdot n \cdot \eta,$$

где q – рабочий объем насоса $q=16\text{ см}^3$; n – частота вращения вала насоса, изменяется в пределах от 1073 об/мин до 3486 об/мин.; η – КПД насоса, принимаем $\eta = 0,87$.

Проведенный расчет показывает, что производительность насоса составляет от 14,9 л/мин до 48,5 л/мин.

Для определения расхода на смазку раздаточной коробки используем формулу [1] для вычисления расхода масла через дроссельное отверстие:

$$Q = \mu \cdot f \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot \Delta p}{\gamma}},$$

где Q – расход масла через дроссель; μ – коэффициент расхода; f – площадь сечения дросселя; Δp – перепад давлений; g – ускорение силы тяжести; γ – объемный вес жидкости.

Из опыта эксплуатации раздаточных коробок на бронетранспортерах БТР-4 расход должен составлять не менее 3 л/мин. При этом избыточный расход масла через регулируемый дроссель D_p составит

$$Q_{изб} = Q_n - Q_{см} = 14,9 - 3 = 11,9 \text{ (л/мин)}.$$

Принимая диаметр отверстия в дроссельной шайбе равным 3,0 мм определим расчетное сечение дросселя D_p при минимальной частоте вращения коленчатых валов двигателя.

После преобразования получим:

$$d_1 = d_2 \cdot \sqrt{\frac{Q_{изб}}{Q_{см}}} = 3 \cdot \sqrt{\frac{11,9}{3}} = 5,97 \text{ мм}.$$

Принимаем $d_1 = 6$ мм.

Определим минимальное давление P_{1min} при минимальной частоте вращения коленчатых валов двигателя:

$$P = \frac{8 \cdot Q^2 \cdot \gamma}{\mu^2 \cdot \pi^2 \cdot d^4 \cdot g}.$$

В результате расчета получаем $P_{1min} = 0,59 \text{ кг/см}^2$.

Определим расход и давление перед дроссельной шайбой при максимальной частоте вращения коленчатых валов двигателя.

Учитывая, что $Q_n = Q_{см} + Q_{изб}$,

получаем
$$P_{1max} = \frac{8 \cdot Q_{Hmax}^2 \cdot \gamma}{g \cdot \mu^2 \cdot \pi^2 \cdot (d_1^2 + d_2^2)^2}.$$

В результате расчета получаем $P_{1max} = 5,95 \text{ кг/см}^2$.

При этом расход на смазку составит

$$Q_{см} = \mu \cdot \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot P_{1max}}{\gamma}}.$$

После расчета получаем $Q_{см} = 9,6 \text{ л/мин}$.

Таким образом при изменении частоты вращения коленчатых валов от минимальных до максимальных давление масла будет изменяться от $0,57 \text{ кг/см}^2$ до $5,95 \text{ кг/см}^2$, а расход на смазку от 3 л/мин до 9,6 л/мин.

Расчет сечения трубопроводов системы смазки раздаточной коробки. В соответствии с рекомендациями [2] скорость движения масла должна составить:

- для напорных магистралей – 5...10 м/сек;
- для всасывающих магистралей – 0,5...1,5 м/сек.

Расчет произведен без учета потерь давления по длине трубопроводов и в установившемся режиме.

Из соотношения $Q = f \cdot v$ [1] находим внутренний диаметр трубопроводов:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}},$$

где Q – расход рабочей жидкости; v – скорость движения рабочей жидкости.

Из расчетной схемы системы смазки раздаточной коробки (рис. 3) видно, что:

- при движении на передачах переднего хода линия $a - b - c - d$, а также отрезок $n - h - c$ являются всасывающими, линия $e - f - i - g - k - l (-m)$ и отрезок $f - n$ - напорными;

- при движении на передаче заднего хода линия $a - b - f - e$ и отрезок $n - f$ - всасывающие, линия $d - c - h - i - g - k - l (-m)$ и отрезок $h - n$ - напорные.

Исходя из вышеизложенного, в результате расчетов получим следующие величины внутренних диаметров при максимальных расходах:

- всасывающая линия, отрезок $a - b - c$ ($a - b - f$ при реверсировании) при $Q_{вс} = 9,6$ л/мин – 12 мм;

- всасывающая линия, отрезок $c - d$ ($f - e$ при реверсировании) при $Q_n = 48,5$ л/мин – 26 мм;

- всасывающая линия, отрезок $n - h - c$ ($n - f$ при реверсировании) при $Q_{изб} = 38,9$ л/мин – 23,5 мм;

- напорная линия, отрезок $f - i - g - k$ ($h - i - g - k$ при реверсировании) при $Q_{см1} = 9,6$ л/мин – 6,5 мм;

- напорная линия, отрезок $k - l$, $k - m$ при $Q_{см2} = 4,8$ л/мин – 4,5 мм.

Выводы. Предлагаемая в данной работе автономная система смазки раздаточной коробки позволяет:

- повысить надежность работы системы смазки за счет исключения отсечного электрогидроклапана и аппаратуры его управления;

- обеспечить смазку раздаточной коробки на всех режимах работы трансмиссии.

Литература: 1. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика / Т.М. Башта. - М.: Машиностроение, 1971. – 672 с. 2. Никитин О.Ф. Объемные гидравлические и пневматические приводы / О.Ф. Никитин, К.М. Холин. – М.: Машиностроение, 1981. – 269 с.

Bibliography (transliterated): 1. Bashta T.M. Mashinostroitel'naja gidravlika / T.M. Bashta. - M.: Mashinostroenie, 1971. – 672s. 2. Nikitin O.F. Ob#emnye gidravlicheskie i pnevmaticheskie privody / O.F. Nikitin, K.M. Holin. - M.: Mashinostroenie, 1981. - 269s.

Саєнко Д.В., Гращенко Г.П., Поторока А.В., Липовець В.В., Литвин-Попович І.А.
ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ТРАНСМІСІЇ БРОНЕТРАНСПОРТЕРА БТР-4
ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ АВТОНОМНОЇ СИСТЕМИ ЗМАЩЕННЯ
РОЗДАВАЛЬНОЇ КОРОБКИ

Запропоновано метод підвищення надійності трансмісії бронетранспортера БТР-4 за рахунок застосування автономної системи змащення роздавальної коробки.

Саєнко Д.В., Гращенко Г.П., Поторока А.В., Липовець В.В., Литвин-Попович І.А.
ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ТРАНСМИССИИ БРОНЕТРАНСПОРТЕРА
БТР-4 ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ СМАЗКИ РАЗДАТОЧ-
НОЙ КОРОБКИ

Предложен метод повышения надежности трансмиссии бронетранспортера БТР-4 за счет использования автономной системы смазки раздаточной коробки.

Sayenko D.V., Grashchenkov G.P., Potoroka A.V., Lipovets V.V., Litvin-Popovich I.A.
IMPROVING THE RELIABILITY OF TRANSMISSION ARMOURED PERSONNEL
CARRIER BTR-4, DEPLOYING AUTONOMOUS LUBRICATION SYSTEM TRANSFER
CASE

A method of increasing the reliability of transmission BTR-4, deploying autonomous lubrication transfer case.