

## Метод повышения эффективности смазки узлов трения трансмиссии автомобилей

*О.М. Калмыкова, В.А. Лазарев*

*ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты Ростовской области*

**Аннотация:** Проведен анализ факторов, влияющие на ресурс работы элементов трансмиссии автомобиля. Проведена оценка влияния режимов работы автомобиля на надежность и долговечность деталей коробки передач. Рассмотрены современные способы смазки элементов трансмиссии автомобиля. Предложен метод повышения эффективности смазки узлов трения, за счёт использования электрического поля и образования дипольных структур смазочного материала на поверхностях трения. Статья опубликована в рамках реализации программы Международного Форума «Победный май 1945 года».

**Ключевые слова:** коробка передач, трансмиссия, способы смазки, конструкция, режим работы, ионизация, смазочный материал.

Работа современных механических коробок передач (МКПП), связана с высокими механическими нагрузками, обусловленными повышенным крутящим моментом, при разгоне двигателя и трансмиссии. При неравномерном распределении угловых скоростей валов и резком переключении передач, происходит избыточное трение сопрягаемых рабочих поверхностей. Поскольку наиболее нагруженными элементами коробки передач являются зубчатые шестерни, то соответственно происходит наибольший износ сопрягаемых поверхностей [1,2].

Для снижения предельных усталостных напряжений и сил трения, вызывающих износ зубьев шестерен, используют трансмиссионные масла. Использование трансмиссионных масел приводит к увеличению срока службы отдельных нагруженных элементов КПП, таких как подшипники, ролики, зубчатые колеса и валы [3].

Смазочный материал на основе минерального масла в основном содержит молекулы, не имеющего поверхностного заряда. Количество

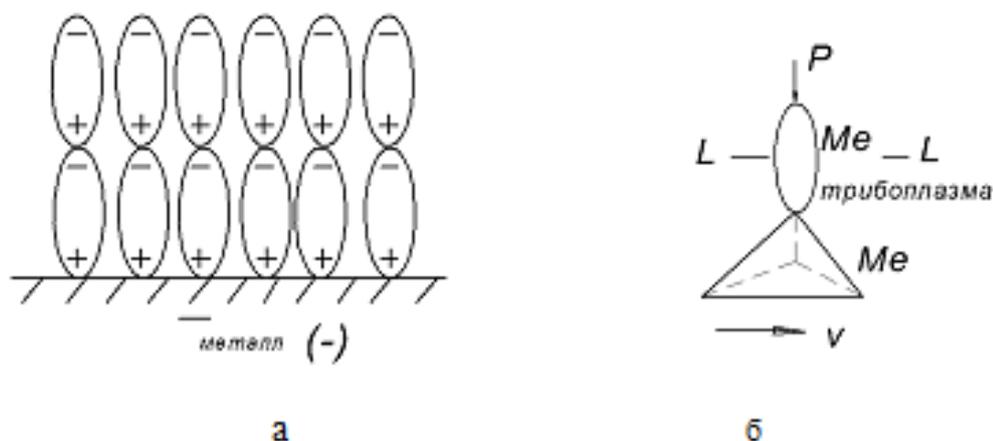
полярных молекул, имеющих форму диполя с положительным и отрицательным потенциалом, составляет несколько процентов.

Положение молекулы смазочного материала на поверхности твёрдого тела характеризуется декартовой системой координат на плоскости. Характер адсорбции и ориентации определяется взаимодействием адсорбционных центров поверхности с активными центрами молекул. Неполярные молекулы имеют слабое взаимодействие с поверхностью трения, образуя, образуя непрочные плёнки с зонами не смачиваемой поверхности. При взаимодействии полярных молекул с электромагнитными полями поверхности тела, в них происходит перераспределение заряда с возникновением дипольных групп. После образования на поверхности мономолекулярного слоя, т.е. после заполнения молекулами всех свободных мест на адсорбирующей поверхности происходит формирование последующих рядов мульти молекулярного слоя. Мультимолекулярный слой обладает высокой прочностью и способствует образованию граничной смазки всей поверхности трения. Схема образования мультимолекулярного слоя изображена на рисунке 1а.

Поверхностная энергия определяется энергией электронов, которая может быть затрачена на образование связей с частицами окружающей среды или другого твердого тела. В смазочном материале присутствуют ионы металлов пар трения и свободные радикалы. Ионы всех элементов являются типичными акцепторами электронов и легко образуют комплексные соединения как с органическими, так и с неорганическими лигандами. Комплексными соединениями называют сложные ионы или молекулы, способные к существованию, как в кристаллическом, так и в растворенном состоянии, составные части которых связаны донорно-акцепторными связями. В трибохимии чаще всего имеют дело с металлокомплексными соединениями, состоящими из положительного центрального иона металла, соединенного с

---

противоположно заряженной группой атомов или молекул, получивших название лиганд. Металлокомплексные соединения взаимодействуя с поверхностью трения образуют сёрфинг плёнку. Схема образования металлокомплекса изображена на рисунке 1б [4].



а – схема формирования мультимолекулярного слоя полярных молекул;

б - схема образования металлокомплекса

Рис. 1. Схемы образования защитных слоев

При воздействии электромагнитного поля на смазочный материал происходит поляризация молекул и образование дипольных структур с большим потенциалом заряда. Происходит активация материалов трибосопряжения, резко повышающая химическую активность реагирующих частиц. В микрообъемах этой зоны свободные частицы плазмы взаимодействуют с компонентами поверхностных слоев или смазочного материала, приводящие к образованию реакционноспособных частиц, имеющих или радикальную или ионную природу, что обеспечивает их взаимодействие с поверхностью трения. Следствием чего является образование комплексных соединений.

Активируется процесс образования металлокомплексов в среде смазочного материала. После образования, металлокомплексы хемосорбируют в областях поверхности твердого тела, обладающих

избыточной энергией. При этом происходит пассивация поверхности и, как следствие, улучшение антифрикционных характеристик трибосопряжения. Поскольку области, где наблюдается аномально высокая поверхностная энергия – выходы дислокаций или границы зерен кристаллов, то очевидно, молекулы комплексов в первую очередь скапливаются там. Структуры, которые образуются на поверхностях трения в результате хемосорбирования комплексов, называются серфинг-пленками [4-10].

Для получения электрического поля высокого напряжения и поляризации молекул смазочного материала, можно использовать электрическую схему, показанную на рисунке 2. Транзистор VT1 генерирует переменное напряжение, которое подаётся на первичную обмотку высоковольтного трансформатора ТР. С вторичной обмотки напряжение 4-6 кВ выпрямляется диодом VD2 и подаётся на металлический масляный указатель, выполняющий роль анода, размещённого в корпусе КПП. Электрическая схема питается от бортовой сети автомобиля. Как показали исследования, напряжение потенциалом 5-6 кВ достаточно для эффективной работы системы смазки.

Наибольший износ деталей трансмиссии наблюдается при неравномерных скоростных режимах, частых заменах передач, а так же при торможении двигателем. Повышенный износ деталей МКПП вызванный перегревом зубчатых колес и высокими усталостными напряжениями может быть снижен путем организации дополнительного канала смазки шестерен и подшипников ведущих валов.

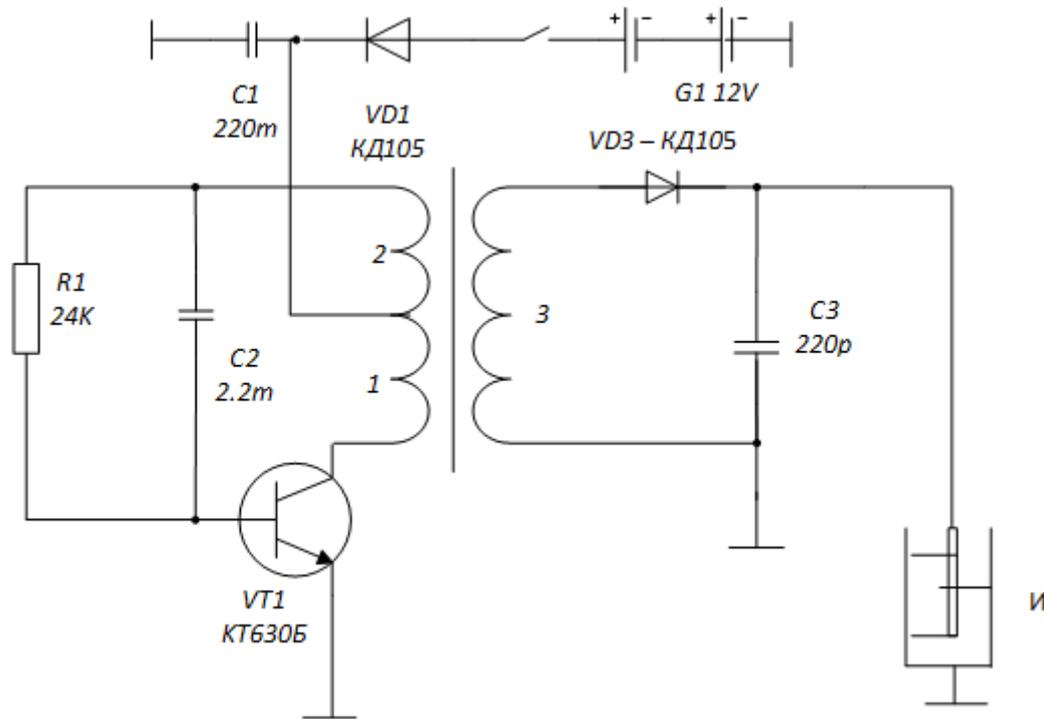


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема для образования электрического поля в смазочном материале

Наиболее оптимальная смазка трущихся поверхностей деталей КПП достигается путем принудительной подачи (впрыска) смазки. Такой метод обеспечивает минимальный расход трансмиссионного масла и высокую эффективность при работе на повышенных скоростных режимах. При воздействии электрических полей на смазочный материал, повышается эффективность смазки узлов трения за счёт образования защитных сёрфинг-плёнок на поверхностях трения.

### Литература

1. Басков, В. Н., Денисов А.С. Эксплуатационные факторы и надежность автомобиля: монография. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т., 2003. – 269 с.
2. Неговора А.В., Разяпов М.М., Филиппов Ю.К. Предпусковая подготовка двигателя и агрегатов трансмиссии автомобиля к принятию



нагрузки. Известия Международной академии аграрного образования. Выпуск № 14(2012) Том 1. –Санкт-Петербург-2012. – С.266-270.

3. Суворов И.А., Кузьмин Н.А. Об исследовании режимов нагружения трансмиссии легкового коммерческого автомобиля в определенных условиях эксплуатации // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. С. 147.

4. Любимов Д.И., Рыжиков В.А. Физико-химические процессы при трении: Учеб. Пособие / Шахтинский институт ЮРГТУ. 2-е изд., доп. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2006. – 148с.

5. Molyneux P. Oleodinamica, pneumatica. 1975. Vol. 16 (312). pp. 84–92.

6. Банас И.П., Алексеева Г.М. Современные стали для высоконагруженных зубчатых колес // Вестник машиностроения. 1985. № 9. С. 12–15.

7. Калмыков Б.Ю., Петриашвили И.М. Экспериментальное исследование прочностных характеристик кузова автобуса // Инженерный вестник Дона. 2014. № 2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2354](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2354).

8. Калмыков Б.Ю., Петриашвили И.М. Исследование зависимости деформации кузова автобуса при опрокидывании от величины отклонения координаты центра тяжести // Инженерный вестник Дона. 2014. № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2702](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2702)

9. Kalmykov B.Y., Stradanchenko S.G., Sirotkin A.Y., Garmider A.S., Kalmykova Y.B. Effect of the bus bodywork on impact strength properties in roll-over // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016. T. 11. № 17. pp. 10205-10208.

10. Semchugova E., Zyryanov V., Negrov N., Nikitina A. Models of estimation of application of passenger service quality parameters // in the collection: Transportation Research Procedia 2017. pp. 584-590.

## References

1. Baskov V. N., Denisov A. S. E`kspluatacionny`e faktory` i nadezhnost` avtomobilya: monografiya [Operational factors and vehicle reliability]. Saratov: Sarat. gos. texn. un-t., 2003. 269 p.
2. Negovora A.V., Razyapov M.M., Filippov Yu.K. Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. Vy`pusk № 14(2012) Tom 1. Sankt-Peterburg-2012. pp.266-270.
3. Suvorov I.A., Kuz`min N.A. Sovremenny`e problemy` nauki i obrazovaniya. 2013. № 6. P. 147.
4. Lyubimov D.I., Ry`zhikov V.A. Fiziko-ximicheskie processy` pri trenii [Physical and chemical processes in friction]: Ucheb. Posobie. Shaxtinskij institut YuRGTU. 2-e izd., dop. Novocherkassk: YuRGTU, 2006. 148 p.
5. Molyneux P. Oleodinamica, pneumatica. 1975. Vol. 16 (312). pp. 84–92.
6. Banas I.P., Alekseeva G.M. Vestnik mashinostroeniya. 1985. № 9. pp. 12-15.
7. Kalmy`kov B.Yu, Petriashvili I.M. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2014, № 2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2354](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2354).
8. Kalmy`kov B.Yu, Petriashvili I.M. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2014, № 4. URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_117\\_kalmykov.pdf\\_65b69f4773.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_117_kalmykov.pdf_65b69f4773.pdf).
9. Kalmykov B.Y., Stradanchenko S.G., Sirotkin A.Y., Garmider A.S., Kalmykova Y.B. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016. T. 11. № 17. pp. 10205-10208.
10. Semchugova E., Zyryanov V., Negrov N., Nikitina A. In the collection: Transportation Research Procedia 2017. pp. 584-590.