

УДК 629.12

*А.В. УСОВ*, д-р техн. наук

*Е.Ю. КУТЯКОВ*, Одесса, Україна

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСМИССИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

У статті розглянуті дослідження впливу технологічних параметрів на експлуатаційні властивості зубчатих передач трансмісій. Показано вплив термомеханічних явищ на формування якості поверхневого шару зубчатих передач з урахуванням видів їх обробки, встановлено вплив їх на тріщино- та припікоутворення на основі кількісного аналізу теплового та пружного стану.

В статье изложены исследования влияния технологических параметров на эксплуатационные свойства зубчатых передач трансмиссий. Показано влияние термомеханических явлений на формировании качества поверхностного слоя зубчатых передач с учетом предшествующих видов их обработки, установление влияния их на трещино- и прижогообразование на основе количественного анализа теплового и напряженного состояния.

In article researches of influence of technological parameters on operational properties of tooth gearings of transmissions are stated. Influence of the thermomechanical phenomena on formations of quality of a blanket of tooth gearings taking into account previous types of their processing, establishment of their influence on treshchino-and a prizhogoobrazovaniye on the basis of the quantitative analysis thermal and a tension is shown.

**Постановка проблемы.** При эксплуатации колесных транспортных средств, как в промышленном назначении, так и в частном пользовании, доля отказов агрегатов трансмиссии, согласно [1], составляет 10-15% от суммарных потоков отказов, неизбежно сопровождающих эксплуатацию автомобилей. Основываясь на указанных цифрах сложно утверждать, что агрегаты трансмиссии существенным образом могут влиять на транспортный процесс, в частности, на общую эксплуатационную надежность автомобиля. Однако, наряду с относительно высокой

надежностью, на восстановление работоспособности силовых узлов трансмиссии в случае наступления их аварийных отказов требуется до 40% от суммарных материальных и трудовых затрат, необходимых для выведения транспортной единицы из аварийных состояний на протяжении всего срока ее эксплуатации.

Таким образом, трансмиссия автомобиля остается хоть и относительно надежной при эксплуатации, но все же достаточно дорогостоящей системой при ее восстановлении. Поэтому вопросы, связанные с увеличением ресурса агрегатов трансмиссии автомобиля, а также с разработкой методов снижающих тяжесть последствий их аварийных отказов, в частности, с разработкой методов их предупреждения, на сегодняшний день продолжает быть актуальной.

**Цель и задачи статьи.** В конструкции трансмиссий, устанавливаемых на современные автомобили, не смотря на все более широкое применение автоматических коробок передач, в которых используются фрикционы, основным элементом по-прежнему остается зубчатая передача. Она используется для передачи крутящего момента в механической коробке передач, а также для постоянного его увеличения в главной передаче. Кроме этого, коническое зацепление используется в межколесных и межосевых дифференциальных механизмах, для распределения крутящего момента.

Исходя из изложенного выше, следует сформулировать, что целью данной статьи является освещение путей и методов увеличения ресурса трансмиссии автомобиля посредством увеличения ресурса зубчатых передач.

**Основная часть.** В зависимости от компоновочной схемы автомобиля, которые представлены на рисунке, зубчатое зацепление может использоваться в следующих агрегатах (рис. 1):

- в механической коробке передач, в случае механической трансмиссии;
- в раздаточной коробке, в случае полноприводной компоновки;
- в межосевом дифференциальном механизме, в случае полноприводной компоновки.

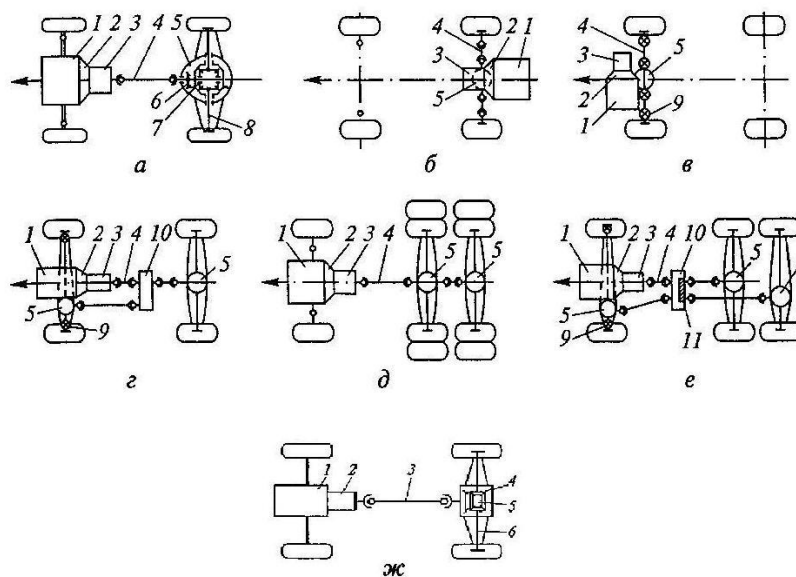


Рисунок 1 – Компонентные схемы трансмиссий автомобилей с различными колесными формулами

- а* – заднеприводный автомобиль с колесной формулой 4x2;
- б* – заднеприводный автомобиль с задним расположением двигателя, 4x2;
- в* – переднеприводный автомобиль, 4x2; *г* – полноприводный автомобиль повышенной проходимости, 4x4; *д* – заднеприводный автомобиль повышенной проходимости, 6x4; *е* – полноприводный автомобиль высокой проходимости, 6x6; *ж* – заднеприводный автомобиль с автоматической трансмиссией, 4x2
- 1 – двигатель; 2 – сцепление (для схемы *ж* – гидромеханическая коробка передач); 3 – коробка передач; 4 – карданная передача (для схемы *ж* – 3);
- 5 – ведущий мост; 6 – главная передача (для схемы *ж* – 4);
- 7 – дифференциал (для схемы *ж* – 5); 8 – полуоси (для схемы *ж* – 6);
- 9 – карданный шарнир; 10 – раздаточная коробка;
- 11 – межосевой дифференциал

Независимо от компоновочной схемы транспортного средства, во всех легковых и грузовых автомобилях зубчатое зацепление применяется в главной передаче и межколесном дифференциальном механизме.

Механическая коробка переключения передач (МКПП) (также как и автоматическая и роботизированная) предназначена для изменения крутящего момента, развиваемого двигателем, как по величине (в большинстве случаев в сторону увеличения), так и по направлению. На сегодняшний день в механических коробках передач наибольшее

распространение получила цилиндрическая косозубая передача, поскольку этот вид эвольвентного зацепления по сравнению с прямозубыми передачами, при равной расчетной мощности имеет меньшие габариты и, следовательно, вес. Тем не менее, в истории французской компании Citroen имеется опыт применения в МКПП шевронного зацепления.

На большегрузных автомобилях для увеличения ступеней, и как следствие, улучшения приспособляемости двигателя к изменению дорожных условий спереди и сзади МКПП могут устанавливаться дополнительные коробки – делители. В них также применяются цилиндрические косозубые передачи. Кроме этого, данный вид передач наравне с цепной передачей может применяться и в раздаточных коробках.

Межосевые дифференциальные механизмы, устанавливаемые в полноприводных автомобилях, предназначены для распределения крутящего момента между ведущими осями. В них могут использоваться все основные виды зубчатых передач: цилиндрические, конические и червячные.

Главная передача, устанавливаемая абсолютно на всех современных автомобилях, предназначена для постоянного увеличения крутящего момента двигателя и его передачи ведущим колесам. Передаточное число главной передачи (3,5...5) должно обеспечивать легковому автомобилю максимальную скорость при включенной высшей, передаче. От его величины зависят не только тягово-скоростные свойства автомобиля, но и расход топлива.

Главная передача легкового автомобиля образуется двумя шестернями: ведущей малого и ведомой большого диаметра. В зависимости от типа зубчатых колес и зацеплений главная передача может быть цилиндрической, конической и гипоидной. Цилиндрические главные передачи устанавливают на переднеприводных автомобилях в общем картере с коробкой передач, дифференциалом и сцеплением. Такие передачи наиболее просты в изготовлении, дешевы и не требуют применения специальных трансмиссионных масел.

Меньшими габаритами по сравнению с цилиндрическими обладают конические главные передачи. При небольших размерах и более прочных

зубьях шестерен они позволяют передавать крутящий момент под углом  $90^\circ$ .

Наибольшее распространение в современных автомобилях получили так называемых гипоидные передачи. Основным преимуществом и особенностью этого вида передач по сравнению с другими видами является более низкое расположение оси ведущей шестерни, чем оси ведомой (оси шестерен перекрещиваются). Указанное позволяет понизить расположение оси карданной передачи, что увеличивает полезный объем кузова при классической компоновке автомобиля. В этом случае также понижается и центр масс автомобиля, что повышает устойчивость его движения, и как следствие, безопасность.

Межколесные дифференциальные механизмы предназначены для распределения крутящего момента между колесами ведущей оси. Однако в отличие от межосевых дифференциалов в этих узлах используется преимущественно конические передачи планетарного типа.

**Основной текст.** Установление связей между важнейшими эксплуатационными свойствами деталей (износостойкость, усталостная и длительная прочность, контактная жесткость и др.) и технологическими параметрами – микрорельефом обработанной поверхности, микротвердостью, наличием микротрещин, сколов, глубиной распространения упрочнения рабочего слоя зубчатых зацеплений представляет собой одну из важнейших задач технологии машиностроения.

Изучение влияния только механической обработки на эксплуатационные свойства изделий является недостаточным, так как предшествующие виды обработок (термическая, термомеханическая, химико-термическая и др.) и особенно способы получения заготовок, вносят существенный вклад в изменение свойств поверхностного слоя, подвергающегося в последствии механической обработке.

Разработка проблемы технологической наследственности является основой нового научного и практического направления в технологии машиностроения, имеющего целью повышение эксплуатационных качеств деталей машин технологическими методами в самом процессе изготовления деталей.

Возможности повышения эффективности эксплуатации зубчатых зацеплений машин на 15-25% только за счет рационального назначения методов и режимов механической обработки, без изменения конструкции изделия или его материала и без введения дополнительных технологических операций показаны в ряде фундаментальных исследований.

Сложность процессов, протекающих в металле приповерхностного слоя, подверженного механической обработке, а также при эксплуатации этих деталей делает необходимым рассмотрение проблемы технологической наследственности только на операции окончательной обработки.

Наиболее распространенным методом окончательной обработки является шлифование, обеспечивающее высокую точность и высокую производительность изготовления деталей.

Но с применением шлифования связано появление в поверхностных слоях деталей прижогов, трещин, стягивающих напряжений, что значительно влияет на надежность и долговечность этих деталей, в процессе их эксплуатации /2/.

Задача улучшения качества поверхностного слоя шлифуемых изделий решается в настоящее время следующими методами /3/;

- осуществляется подбор рациональных для данного материала режимов шлифования и соответствующих характеристик инструмента;
- применяются шлифовальные круги и ленты с прерывистой рабочей поверхностью;
- используются системы автоматического регулирования активной мощности резания;
- рекомендуются СОС, снижающие в значительной мере теплонапряженность операции шлифования и тем самым вероятность появления прижогов и трещин.

Однако указанные методы при существующей технологии изготовления в том числе и в связи с появлением композиционных материалов не позволяют полностью исключить дефекты, возникающие в поверхностном слое. Этому способствуют: неизбежные колебания припуска от погрешностей предшествующих операций механической

обработки; микронеоднородность самого материала, характеризующаяся величиной зерна, дефектами упаковки, дислокациями и структурными превращениями, коробление деталей при термической и ей подобной обработке, недостаточно изучены термомеханические явления, сопровождающие процесс шлифования и вследствие которых на обрабатываемых поверхностях появляются прижоги, микротрещины, структурные превращения, остаточные напряжения.

Исследование термомеханических явлений, формирующих качество поверхностного слоя зубчатых передач с учетом предшествующих видов их обработки, установление влияния их на трещино- и прижогообразование на основе количественного анализа теплового и напряженного состояния и составляют сущность данных исследований /4/.

В настоящей работе:

1. Анализируются известные результаты о формировании напряженного состояния в поверхностном слое зубчатых передач при шлифовании указываются недостатки в рекомендациях по устранению дефектов типа трещин.

2. Разрабатываются более совершенные модели для изучения количественных связей между параметрами технологической системы физико-механическими свойствами материалов зубчатых передач, их структурой и термомеханическими процессами происходящими в поверхностном слое шлифуемых деталей.

3. На основе установленных соотношений и предлагаемой классификации материалов зубчатых передач по признаку трещино- и прижогообразования, надежности их эксплуатационных свойств в зависимости от технологических дефектов, привнесенных в поверхностный слой на финишных и предшествующих ей операциях, разрабатываются оптимальные технологические параметры по обработке деталей трансмиссии, существенно предрасположенных к появлению в поверхностном слое дефектов, типа трещин, сколов, прижогов.

4. Практическая ценность полученных результатов проверяется путем сравнения с известными результатами по адекватным критериям. Для подтверждения основополагающих выводов проводится

непосредственный эксперимент на модельных материалах при обработке их шлифованием.

**Выводы.** Проведенные сравнения подтверждают практическую значимость созданного аналитического аппарата для анализа термомеханических процессов в поверхностных слоях шлифуемых изделий с учетом предшествующих видов обработки и структуры материала. Построенная модель базируется на фундаментальных физических законах. Она позволяет определять рациональное сочетание технологических параметров по заданным свойствам материалатрансмиссии, требованиям к обрабатываемой поверхности, исходя из эксплуатационных характеристик, свойств инструмента.

Одним из конкретных результатов работы является установление закономерностей появления шлифовочных дефектов типа трещин и прижогов в зависимости от наследственности и типа обрабатываемого материала передач его неоднородности и способы их устранения соответствующим подбором параметров технологической системы.

**Список использованных источников:** **1.** Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей/ Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, Е.М. Власов. – М.: Наука, 2001. – 535 с. **2.** Якимов А.В. Теплофизика механической обработки // А.В. Якимов, А.В. Усов, П.Т. Слободяник К., "Наукова думка", 1991. – с.270. **3.** Усов А.В. Моделирование систем с распределенными параметрами // А.В. Усов, А.Н. Дубров, Д.В. Дмитришин. Одесса, "Астропринт" 2002г.–664 с. **4.** Оборский Г.А. Моделирование систем [Монография]// Г.А. Оборский, А.Ф. Дашенко, А.В. Усов, Д.В. Дмитришин. – Одесса: Астропринт, 2013. – 661 с.

**Bibliography (transliterated):** **1.** Kuznecov E.S. Tehnicheskaja jekspluatacija avtomobilej/ E.S. Kuznecov, A.P. Boldin, E.M. Vlasov. – M.: Nauka, 2001. – 535s. **2.** Jakimov A.V. Teplofizika mehanicheskoj obrabotki // A.V. Jakimov, A.V. Usov, P.T. Slobodjanik K., "Naukova dumka", 1991. – s.270. **3.** Usov A.V. Modelirovanie sistem s raspredeleennymi parametrami // A.V. Usov, A.N. Dubrov, D.V. Dmitrishin. Odessa, "Astroprint" 2002. □– 664 s. **4.** Oborskij G.A. Modelirovanie sistem [Monografija]// G.A. Oborskij, A.F. Dashhenko, A.V. Usov, D.V. Dmitrishin. □Odessa: Astroprint, 2013. – □661 s.