

## ВЛИЯНИЕ УПРУГОСТИ ОПОР ПОДШИПНИКОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ ПО ДЛИНЕ КОНТАКТНЫХ ЛИНИЙ ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

<sup>1</sup>Сафаров Х.С. <sup>2</sup>Холов Д.Т.

<sup>1</sup>Таджикский аграрный университет. Ш.Шотемур,

<sup>2</sup>Таджикский технологический университет им.акад. М.С.Осими

**Ключевые слова:** долговечность, восстановление, податливость, жесткость, неравномерность, нагрузка, опора, подшипник, контакт, напряжение, усталость, повреждение.

Изучены дефекты поступивших на пост дефектовки 50 коробок передач автомобилей семейства ЗиЛ и ГАЗ, согласно существующим техническим условиям на ремонт, сборку и испытания агрегатов, и автомобилей, при капитальном ремонте. Наиболее часто встречающиеся дефекты деталей коробок передач приведены в табл.1.

Таблица 1.

Дефект	Количество, шт.	Процентное соотношение, %
Корпусы, годные без ремонта	19,0	38,0
Износ отверстий под подшипники	6,0	12,0
Трещины на стенках корпусов КП	8,0	16,0
Излом болтов	6,0	12,0
Износ зубьев зубчатых колес	7,0	14,0
Корпусы, негодные для дальнейшего ремонта	4,0	8,0
Итого	50,0	100,0

После дефектовки деталей коробок передач, детали годные без ремонта, поступают на посты сборки, а детали, имеющие дефекты, передаются на посты их ремонта.

В настоящее время, на авторемонтных заводах изношенные отверстия под подшипники восстанавливаются наплавкой или приваркой стальной ленты. Трещины на стенках корпусов КП ремонтируются способом заварки. Зубчатые колеса, имеющие повреждения и износы, превышающие допустимые, выбраковываются и заменяются новыми или, в крайнем случае, переставляются обратной стороной.

Долговечность и безотказность зубчатых передач определяется множеством конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов. Долговечность зубчатых передач в большинстве случаев лимитируется ресурсом зубьев колес.

Исследование надежности современных автомобилей и тракторов показывает, что 20...40 % отказов приходится на долю агрегатов трансмиссии, работоспособность которых в значительной мере регламентируют зубчатые колеса. Так, при капитальном ремонте, из-за износа и усталостного разрушения выбраковывается свыше 60 % зубчатых колес [1].

Проведенный нами микрометраж и осмотр деталей 50 коробок передач автомобилей семейства ЗиЛ и ГАЗ, при капитальном ремонте, показали, что 80% зубьев зубчатых колес имеют повреждения и износ по толщине. При этом 70...75% шестерен коробок передач автомобилей имеют рабочие поверхности зубьев, поврежденные контактным выкашиванием. Зубчатые колеса относятся к деталям, которые выбраковываются при небольшом относительном износе по толщине зуба (1...3% от исходной величины). В процессе изнашивания, изменяется форма зубьев, происходит их заострение, ослабление сечения и снижение прочности [7].

Изучение состояния рабочих поверхностей зубьев шестерен коробок передач автомобилей, поступивших в капитальный ремонт в авто ремонтных заводах районах республиканского подчинения РТ, проведенное нами, показало, что 20...25% шестерен имеют следы усталостного выкрашивания. В большинстве случаев, усталостное разрушения зубьев располагаются у одного края зуба. Однако встречаются и зубчатые передачи, у которых усталостные разрушения расположены по всей длине зубьев.

Выяснению природы и механизма усталостного выкрашивания уделяли большое внимание, как отечественные, так и зарубежные исследователи зубьев. По мнению Г.К. Трубина [4], под действием циклических нагрузок, прикладываемых к поверхности зуба, в поверхностном слое образуются микротрещины. В связи с наличием пластических деформаций, в зоне контакта и относительного скольжения профилей происходит ориентация этих трещин в направлении действия сил трения. Так как на отстающей

поверхности, трещины ориентированы в направлении скорости движения, а на опережающей – в противоположную, то рост усталостных трещин возможен лишь на отстающей поверхности. На отстающей поверхности, трещины в зону контакта входят своим началом, благодаря чему происходит запираение в них смазки и создается высокое гидродинамическое давление[6].

При отсутствии на контактирующих поверхностях смазывающей жидкости, усталостные трещины обычно не получают дальнейшего развития. Однако при наличии смазки поверхностные трещины развиваются и выходят вновь на поверхность зуба. В результате образуются ямки усталостного выкрашивания[4].

Причиной усталостного выкрашивания зубьев является высокая концентрация удельных давлений. В свою очередь, концентрация удельных давлений зависит от распределения нагрузки по длине зубьев. Как правило, коробки передач, укомплектованные зубчатыми колесами, бывшими в эксплуатации и новыми, при капитальном ремонте автомобилей, работают в условиях неравномерного распределения нагрузки по длине зубьев.

На распределение нагрузки по длине контактных линии зубьев существенное влияние оказывает износ посадочных поверхностей подшипников. При износе посадочных поверхностей увеличиваются зазоры посадки, что приводит к перекоосу осей валов, увеличению вибрации и динамических нагрузок [2]. В результате, снижается долговечность зубчатых колес и других деталей передачи.

Износ посадочных отверстий подшипников зубчатых колес является распространенным дефектом металлоемких и дорогостоящих корпусных деталей. Замеры посадочных отверстий подшипников корпусов коробок передач автомобиля ЗиЛ-130, поступивших в капитальный ремонт, показывают, что износ отверстий составляет 0,08...0,17мм. При ремонте автомобилей, 90% этих деталей необходимо восстанавливать. В результате изнашивания, нарушается микрогеометрия посадочных отверстий, появляется овальность и конусность. Овальность и конусность отверстий подшипников коробок передач автомобиля ЗиЛ-130 составляют 0,01...0,06мм, а автомобилей марки ГАЗ- в пределах 0,03-0,08мм. Таким образом, причиной усталостного выкрашивания зубьев является высокая концентрация удельных нагрузок, зависящих от распределения нагрузки по длине зубьев. Последняя, автомобилей недостаточна.

Поэтому разработка и совершенствование технологических процессов в свою очередь, зависит от деформации деталей зубчатой передачи, износа посадочных поверхностей и деталей подшипников, отклонений межосевых расстояний в процессе эксплуатации и других факторов. Анализ литературных источников и изучение ремонтного фонда авторемонтных предприятий показали, что долговечность зубчатых передач, обеспечивающих повышение долговечности и снижение себестоимости ремонта подшипниковых узлов, является крупной народнохозяйственной проблемой.

В настоящее время, в машиностроении, повышение долговечности и нагрузочной способности зубчатых передач, в основном осуществляют следующими способами [6]:

- продольным корректированием зубьев;
- приданием зубу переменной жесткости по длине контактных линий;
- селективной сборкой зубчатых передач;
- приданием зубу «бочкообразной» формы;
- установкой между венцом и ступицей упругих элементов.

Перечисленные способы повышены, долговечности и нагрузочной способности зубчатых передач, можно реализовать только при конструировании и изготовлении зубчатых колес. При ремонте автомобилей в авторемонтных предприятиях применение этих способов практически невозможно.

Повысить долговечность отремонтированных коробок передач можно путем создания местной подвижности, при установке подшипников зубчатых колес на упругих опорах. При этом упругие опоры можно создать в процессе восстановления посадочных мест подшипников с применением эластомеров [2].

Упругий слой эластомера создает благоприятные условия для само установки сопряженных зубчатых колес под воздействием передаваемой нагрузки. Износ посадочных отверстий подшипников зубчатых колес является одной из главных причин

нарушения работоспособности зубчатых передач, и их восстановление в процессе ремонта является обязательным условием [2]. В настоящее время, посадочные места подшипников восстанавливают установкой свертных втулок, наплавкой, приваркой стальной лентой, газотермическим напылением, электролитическим нанесением покрытий.

Большинству перечисленных способов присущи те, или иные недостатки, наиболее общими из которых являются: сложность технологического процесса, потребность в сложном оборудовании, низкая производительность, высокая себестоимость, трудность механической обработки покрытий. Перечисленные способы восстановления посадочных отверстий подшипников зубчатых колес не позволяют создать местной подвижности зубчатых передач, а, следовательно, и улучшить распределение нагрузки по длине зуба, снизить контактные напряжения и повысить долговечность зубчатых передач.

С помощью полимерных материалов наиболее просто устранить зазоры в соединениях колец подшипников и посадочных мест, и обеспечить относительные перемещения сопрягаемых металлических поверхностей, через промежуточную среду. Слой полимерного материала исключает контакт поверхностей металлических деталей, предотвращает их износ и обеспечивает значительное повышение долговечности неподвижного соединения. При восстановлении неподвижных соединений полимерными материалами, слой полимера между кольцом подшипника и посадочным местом выполняет роль упругой прокладки, деформация которой вместе с кольцом подшипника может способствовать более равномерному распределению нагрузки между телами качения и повышению долговечности подшипника качения.

Снижение жесткости опор подшипников, на которых смонтированы валы с зубчатыми колесами, может оказать благоприятное влияние на самоустановку сопряженных зубьев зубчатых колес, улучшить распределение нагрузки по длине контактных линий, снизить контактные напряжения и повысить долговечность зубчатых передач.

В результате выполненных исследований установлено, что применении упругих опор подшипников способствует снижению коэффициента концентрации нагрузки по длине контактных линий зубьев зубчатых колес на 47% и, соответственно, повышению их долговечности.

**Заключение.** По результатам проведенных исследований, можно заключить, что долговечность отремонтированных зубчатых передач можно повысить путем создания местной подвижности, при установке подшипников качения зубчатых колес на упругих опорах. Преимуществом предложенного метода является создание благоприятных условий для самоустановки сопряженных зубьев под воздействием передаваемой нагрузки, при этом улучшается распределение нагрузки по длине контактных линий зубьев, что приводит к повышению долговечности зубчатых передач.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Надежность и ремонт машин. В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов и др.; Под ред. В.В. Курчаткина. М.: Колос, 2000.-776с.148.
2. Курчаткин В.В. Восстановление посадочных мест подшипников полимерными материалами. – М.: Высшая школа, 1983. – 80 с.
3. Айрапетов Э.Л. и др. Расчет контактных напряжений в передачах зацеплением с локализованным контактом зубьев. – Вестник машиностроения, 1985.
4. Трубин Г.К. Контактная усталость зубьев прямозубых шестерен. Тр. ЦНИИТМАШ, 1959, кН.37.
5. Брестнев О.В. Самоустанавливающиеся зубчатые колеса. –Мн. Наука и техника, 1982. 312с.
6. Заблонский К.И., Мак С.Л. Пути уменьшения неравномерности давлений по контактирующим поверхностям. –М.: Машиностроение. Известия вузов, 1963.
7. Аязбаев М.Д. Долговечность неподвижных соединений типа вал-подшипник качения, восстановленных герметиком 6Ф в условиях сельскохозяйственных ремонтных предприятий. – Дис. канд. техн. Наук. –М.: 1984. – 157 с.
8. Решетов Л.Н. Самоустанавливающиеся механизмы. – М.: Машиностроение, 1979. – 334 с.
9. Орлов А.В. Влияние неточностей валов на условия работы зубчатых передач. –Изд-во АН СССР. – 1967. – 97 с.
10. Шерстобитов В.Д. Допустимые перекосы осей посадочных отверстий коробок передач. – Мех. и элек. сел. хоз-ва, 1982, № 6, с.38-40.
11. Решетов Л.Н. самоустанавливающиеся механизмы. – М.: Машиностроение, 1979. – 334 с.

#### АННОТАЦИЯ

## ТАЪСИРИ ЧАНДИРИИ ТАКЯГОҶИ ПОДШИПНИКҶО БА ТАҚСИМШАВИИ САРБОРИ ДАР ХАТТИ РАСИШИ ДАНДОҶОИ ТАҶВИЛИ ДАНДОҶАГӢ

Дар мақолаи пешниҳод карда шуда масъалаи баланд бардоштани дарозумрии таҳвили дандонагӣ ҳангоми таъмири мошинаҳо дида мешавад. Назариявӣ асоснок карда шудааст, ки деформатсияи чандирии такягоҳҳои подшипникӣ ба тақсимшавии бор дар хатти расиши дандонаҳои чархи дандонагӣ таъсир мекунад. Ҳангоми барқароркунии хӯрдашавии чойҳои чойгиршавии подшипникҳои ноқилкуттиҳои трактору автомобилҳо бо истифодабарии маводи полимерӣ такягоҳҳои чандирӣ ба вучуд меояд. Дар амал, ҳангоми интиқоли бор деформатсияи чандирии такягоҳҳои подшипникҳо ба баробар тақсимшавии сарборӣ, кам шудани чамъшавии сарбори дар хатти расиши дандонаҳо таъсири худро расонида, шароити хуби мувофиқ пайдо мекунад, ки ин барои зиёд гаштани дарозумрии ҳам гиреҳи подшипникӣ ва ҳам чархҳои дандонагӣ сабаб мешавад.

*Калимаҳои калидӣ:* дарозумрӣ, барқароркунӣ, мазбутӣ, сарборӣ, чандирӣ, подшипник, дандона, расиш, нобаробар, шиддат, мондашавӣ, вайроншавӣ.

### ANNOTATION

## THE INFLUENCE OF THE ELASTICITY OF THE BEARING SUPPORTS ON THE LOAD DISTRIBUTION ALONG IN THE LINE OF CONTACT LINE OF THE TOOTHED GEARS

The influence of the compliance of the bearing supports on the distribution of the load in the line of contact line of the gears teeth is theoretically substantiated. The creation of elastic bearings during the repair of car gearboxes provides a decrease in the load concentration factor in the line of contact line of the teeth and, accordingly, an increase in the durability of gears. Flexible supports are formed during the reduction of the size of the of tractors and automobiles using polymeric materials. In practice, the elastic deformation of the bearing supports during loading has an equal effect on the load distribution, reducing the load accumulation on the gear line, which creates favorable conditions, which increases the longevity of both bearing joints and gear wheels.

*Key words:* durability, recovery, compliance, stiffness, unevenness, load, support, bearing, contact, stress, fatigue, damage.

#### Сведения об авторах:

**Сафаров Худжавали** - доктор технических наук, профессор кафедры “Технический сервис и ремонт машин” Таджикского аграрного университета им Ш Шотемур. 734003, Таджикистан, г. Душанбе пр. Рудаки 146). Тел. (+992) 919057337.

**Холов Давлатали Тоштемурович** – кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта Таджикского технического университета им. М.С. Осими. 734042, Таджикистан, г. Душанбе, ул. акад. Раджабова 10. E-mail: holov.davlat-1956@[mail.ru](mailto:holov.davlat-1956@mail.ru). Тел.: (+992) 007070550.