

**Е. П. Краснов**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ АВТОМОБИЛЯ ГАЗ-53**

В комплексе работ, направленных на улучшение качества выпускаемых автомобилей, важное место занимают мероприятия по увеличению надежности и долговечности капитально отремонтированных автомобилей, стоимость ремонта которых равна стоимости производства новых автомобилей, а по надежности и долговечности они значительно уступают новым. Однако имеются большие резервы повышения долговечности капитально отремонтированных автомобилей и их агрегатов. Поэтому вопросу изучения износов шестерен коробок передач грузовых автомобилей и нахождению путей повышения их долговечности в настоящее время уделяется большое внимание.

Исследование дефектов зубьев шестерен и выяснение причин их возникновения было проведено на шестернях коробок передач 13 автомобилей ГАЗ-53, поступивших в капитальный ремонт после пробега 80—140 тыс. км, а также на отдельных шестернях коробок передач 4 автомобилей ГАЗ-53, находившихся на техническом обслуживании в автоколонне 24-15 г. Минска. В качестве основных приемов исследования использовался внешний осмотр дефектов и микрометраж изношенных шестерен. Заключение о годности исследуемой шестерни давалось на основании требований технических условий на контроль-сортировку деталей при капитальном ремонте [1].

В основе контроля-сортировки изношенных деталей силовой передачи лежат не вполне надежные и точные методы определения величин допустимых и предельных износов. Обычно на авторемонтных предприятиях оценка годности изношенных шестерен осуществляется по внешним признакам, на глаз, с учетом таких признаков, как сколы торцов зубьев скользящих шестерен, поломки зубьев, значительный износ по длине зуба. При этом не учитывается точность основных параметров, определяющих работоспособность шестерен.

Основными видами износа и разрушения зубьев шестерен являются износ зубьев по толщине и длине, усталостное выкраши-

вание рабочих поверхностей зубьев, сколы краев зубьев и их поломки.

Выкрашивание рабочих поверхностей зубьев (питтинг, оспинный износ) характеризуется наличием на рабочих поверхностях зубьев мелких углублений с неровными краями (оспин) диаметром от нескольких сотых до десятых долей миллиметра. При значительном износе отдельные оспины соединяются и образуют участки разрушенной поверхности размером до половины всего профиля.

Выкрашивание делится на ограниченное и прогрессивное. Ограниченное выкрашивание обычно наблюдается в начале работы шестерен. Его причинами служат местные концентрации напряжений на поверхности зубьев вследствие имеющихся неровностей (следы обработки) или неточности сборки. Высокие местные напряжения быстро вызывают усталость металла выступающих участков. По мере износа и разрушения этих участков, характерного для стадии приработки зубьев шестерен, происходит сглаживание рабочего профиля зубьев и нагрузка распределяется на всю поверхность контакта. Ограниченное выкрашивание, таким образом, по мере приработки профилей зубьев исчезает, не являясь опасным и не свидетельствует о ненадежности работы зубчатой пары.

Прогрессивное выкрашивание рабочих поверхностей зубьев шестерен, увеличиваясь при работе, является опасным, вызывает быстрый износ зубьев и служит частой причиной выхода шестерен из строя. Прогрессивное выкрашивание начинается с появления мелких усталостных трещин на поверхности зубьев в зоне начальной окружности как ведущих, так и ведомых шестерен. Трещины, увеличиваясь в размерах, соединяются друг с другом, что приводит к откалыванию частичек металла от рабочей поверхности зуба. Обманные поврежденные места вызывает искажение профиля зубьев, неравномерную передачу усилия, увеличение бокового зазора, появление дополнительных динамических нагрузок, приводящих к еще большим разрушениям рабочих поверхностей и в результате к выходу из строя зубьев шестерен.

Следует отметить, что из обследованных шестерен коробок передач выкрашивание рабочих поверхностей наблюдалось на шестернях первой передачи и заднего хода. Совершенно отсутствует такой вид износа на косозубых шестернях постоянного зацепления.

По существующим техническим условиям на контроль-сортировку выбраковке подлежат шестерни, зубья которых имеют сыпь усталостного характера, охватывающую более 1/4 поверхности рабочего профиля зуба. Шестерни с такой степенью выкрашивания рабочих поверхностей зубьев встречались довольно редко.

Выкрашивание рабочих поверхностей зубьев прямозубых шестерен является следствием сокращения длины контакта зубьев и износа торцов. Чтобы избежать этот вид износа, необходимо устра-

нить причины, вызывающие торцевой износ зубьев. Этого вида износа можно избежать, отказавшись в последующих конструкциях коробок передач от использования прямозубых скользящих шестерен.

Износ зубьев по толщине происходит вследствие окислительного и абразивного процесса, а также под действием трения скольжения и качения между профилями зубьев. Величина скольжения на профиле зуба меняется в зависимости от изменения радиуса кривизны профиля. Скольжение на обоих профилях в момент,

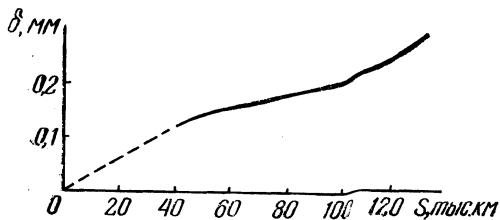


Рис. 1. График износа зубьев шестерен по выталкивающей толщине.

когда точка касания находится на начальных окружностях, равно нулю (чистое качение). При работе зубчатой передачи в условиях чистой смазки имеет место окислительный износ. По мере загрязнения смазки продуктами окислительного износа все более значительную роль начинает играть абразивный износ. При естественном износе по толщине зубья цилиндрических шестерен, находящихся в постоянном зацеплении, сохраняют примерно правильный эвольвентный профиль. Зубья переключаемых шестерен также сохраняют эвольвентный профиль, но по длине они довольно часто имеют конусность.

Исследование износа зубьев шестерен коробки передач позволило выявить определенную закономерность между величиной износа ( $\delta$ ) и пройденным пробегом ( $S$ ) автомобиля и построить приближенный график износа зубьев шестерен (рис. 1). Анализируя величины износа зубьев по толщине в зависимости от величины пробега, можно заметить, что величины износов и характер их нарастания согласуются с типовой кривой износа детали [2].

Начальный период работы зубьев, характеризующий приработку поверхностей, соответствует первому участку кривой. Кривая износа на этом участке резко поднимается вверх. В этот период происходит устранение неровностей — образуется гладкая поверхность рабочих профилей.

Затем на кривой износа отмечается второй, более пологий участок, лежащий в интервале примерно 50—100 тыс. км. Этот участок характеризуется плавным нарастанием величины износа зубьев по толщине и носит название участка нормального эксплуатационного износа. Эксплуатация автомобилей в интервале, лежащем выше 100—120 тыс. км, характеризуется резким возрастанием

износа, после чего шестерни становятся непригодными для дальнейшей эксплуатации.

Полученный график позволяет проследить темп износа зубьев за весь период работы шестерен вплоть до разрушения.

Таким образом, можно по фактическому размеру зубьев, измеренному в процессе эксплуатации, сказать о сроке службы данной детали. При ремонте коробки передач или частичной замене шестерен можно говорить о целесообразности постановки той или иной шестерни с имеющейся величиной износа и о том, какой срок эта шестерня может проработать.

Износ зубьев по длине (торцевой износ) является основным дефектом, по которому производится выбраковка шестерен на авторемонтных предприятиях. Износ этого вида присущ только скользящим шестерням и шестерням, с ними зацепляющимся. Торцевые удары зубьев, возникающие при переключении передач с помощью скользящей по шлицам вала шестерни, вызывают износ торцев, в результате чего происходит уменьшение длины зубьев. Проведенные наблюдения и замеры показали, что износ этого вида для зубьев скользящих шестерен является преобладающим и может быть:

- а) эксплуатационного характера (связан с дорожными условиями, а также с небрежным переключением передачи);
- б) производственного характера (вызывается недостаточной твердостью сердцевины зуба и, следовательно, недостаточной ее износостойкостью).

В результате износа зубьев по длине нарушается нормальная работоспособность коробки передач (происходит самовыключение шестерен из зацепления во время движения автомобиля, затрудняется переключение передач, появляются стуки и т. д.)

Износ зубьев шестерен первой передачи, а также шестерен блока заднего хода по толщине, как правило, сопровождается конусным износом по длине зуба, значительным изменением основного шага и отклонением эвольвенты. Конусообразный износ, достигающий 0,05—0,18 мм по длине зуба, является основной причиной самовыключения первой передачи и заднего хода, а значительные ошибки основного шага и отклонение эвольвенты вызывают возникновение динамической составляющей усилия на зубьях. По данным НАМИ [2] при значительном износе момент в зацеплении за счет динамической составляющей увеличивается в 3—4 раза.

При появлении в зацеплении осевых усилий, превышающих усилия фиксирующего механизма, происходит самовыключение передачи, что является основным внешним показателем потери работоспособности коробки передач.

Характер износа зуба по длине ( $l$ ), уменьшение рабочей длины зуба за счет скалывания рабочего торца, образование конусности и в связи с этим осевого выталкивающего усилия ( $P$ ) показано на

схеме зуба шестерни с сечением в плоскости делительной окружности (рис. 2).

Износ зуба по длине для цементируемых сталей опасен еще тем, что при износе на глубину выше 1,0—1,5 мм обнажается сравнительно мягкая сердцевина зуба, и дальнейший износ торца и соответствующее укорочение зуба происходят очень интенсивно.

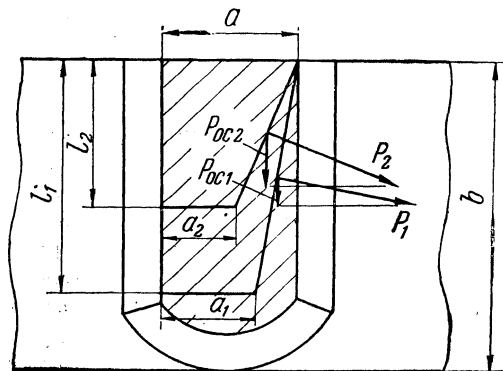


Рис. 2. Схема износа зуба по длине и увеличения выталкивающей силы.

Для увеличения долговечности шестерен, имеющих торцевой износ и износ зубьев по длине, необходимо: 1) при включении первой передачи и заднего хода обратить особое внимание на безударное включение шестерен; 2) производить своевременную замену смазки; 3) обеспечить нормальную работу сцепления (сцепление не должно «вести»).

### Выводы

1. Коробка передач автомобиля ГАЗ-53 отличается большей работоспособностью по сравнению с коробкой передач автомобиля ГАЗ-51 за счет введения шестерен постоянного зацепления на второй и третьей передачах и введения синхронизатора на третьей и четвертой передачах.

2. Низкую работоспособность имеют шестерни первой передачи и заднего хода вследствие значительных износов по длине зуба и износов торцов, присущих только скользящим шестерням и шестерням, с ними зацепляющимся.

3. Косозубые шестерни постоянного зацепления имеют износы зубьев в допустимых пределах и обеспечивают пробег автомобиля до капитального ремонта.

### Литература

1. Технические условия на контроль-сортировку деталей автомобиля ГАЗ-53 при капитальном ремонте. М., 1960.
2. Щетинин С. Ф. Предельные износы и сроки службы автомобильных шестерен и деталей шлицевых соединений. М., 1963.