

УДК 621.113.004.57

**Д.В. Ревенко, ст. преподаватель****А.О. Харченко, доцент, канд. техн. наук,***Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053**root@sevgtu.sebastopol.ua***ОЦЕНКА СРОКА СЛУЖБЫ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ***Анализируются виды износа, возникающие при эксплуатации автотранспортных средств.**Рассматривается зависимость степени износа от пробега автомобиля.***Ключевые слова:** износ, пробег, зависимость.

Постоянное увеличение автомобильного парка Украины выдвигает повышение требований к уровню развития и организации ремонтно-сервисного обслуживания как к самостоятельной сфере деловой активности. Число автомобилей частного пользования настолько возросло, что существующая сеть автосервисных и авторемонтных предприятий работает с перегрузкой. При исследовании изнашивания машин в реальных условиях эксплуатации выделяются два главных направления: установление качественных и количественных закономерностей. В результате качественного анализа изношенных поверхностей деталей определяются причины низкой сопротивляемости изнашиванию и намечаются пути повышения износостойкости.

Для всесторонних исследований качественных закономерностей изнашивания на основании вероятностно-статистического метода подбираются те детали, интенсивность отказов которых была наибольшей. Так как детали отказывают по различным причинам, то в целях отбора деталей для исследований с наиболее типичными дефектами определяют вероятность повторения каждого дефекта. С учетом этих соображений систематизируют виды износа и поломок деталей по каждой машине, устанавливают вероятность повторения каждого вида дефекта [1].

Для обобщения видов износа деталей, которые возникают в эксплуатации машин, изготовленных на различных заводах, устанавливают характерные дефекты, присущие машинам различного назначения. Очень часто на одной детали и даже на одной и той же поверхности трения наблюдается несколько видов износа и разрушения, приведенные в таблице 1. На рисунке 1 приведен график повторяемости видов износа.

Таблица 1 – Классификация видов износа деталей машин и их повторяемость

| Вид износа и разрушения |                                                                                                      | Вероятность повторения, % |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1                       | Смятие и абразивный износ зубьев и шлицев соединительных муфт                                        | 14,8                      |
| 2                       | Усталостное разрушение поверхностного слоя и абразивный износ зубьев шестерен                        | 15,8                      |
| 3                       | Отколы и абразивный износ зубьев шестерен                                                            | 20,1                      |
| 4                       | Абразивный износ деталей                                                                             | 38,8                      |
| 5                       | Контактное схватывание деталей                                                                       | 10,5                      |
| 6                       | Коррозия некоторых деталей в сочетании с различными видами износа и разрушениями поверхностного слоя | 3,5–10                    |

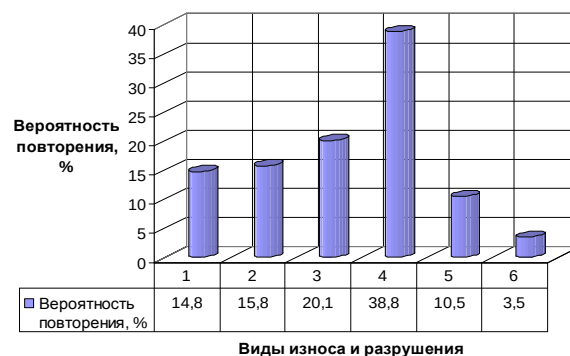


Рисунок 1 – Диаграмма вероятности возникновения видов износа и разрушения деталей машин

Абразивний износ превалирует над всеми остальными: около 40% деталей имеют чисто абразивный износ и 50% – абразивный износ в сочетании с другими видами износа и разрушений поверхностного слоя. На рисунке 2 показан первичный вал коробки перемены передач с характерными износами исполнительных поверхностей.



Рисунок 2 – Первичный вал коробки перемены передач автомобиля

Исследования показали, что значительное количество деталей автомобилей заменяется в эксплуатации по причине износа. При обработке статистических данных по отказам деталей автомобилей установлено следующее их распределение: износ – 53,4%; разрушение (трещины, поломка, обрыв части детали) – 18,9%; деформация (растяжение, скручивание, изгиб) – 10,4%; другие виды дефектов – 17,3%. Анализируя дефекты деталей, возникающие при эксплуатации, следует иметь в виду, что каждая отдельная деталь подвержена различной нагрузке, виду деформаций и условиям смазки.

Разновидности износа и разрушений деталей и причины их возникновения в процессе эксплуатации можно систематизировать следующим образом:

1. Снятие поверхностного слоя возникает на поверхностях деталей, обладающих низким пределом текучести и недостаточным сопротивлением пластическим деформациям. Обычно этот дефект присущ деталям, имеющим низкую твердость.

2. Усталостное разрушение поверхностного слоя возникает на рабочих поверхностях деталей в условиях циклических контактных напряжений и характеризуется появлением микротрещин, расположенных под углом около  $30^\circ$  к рабочей поверхности, образованием трещин и выкрашиванием поверхностного слоя. Усталостное разрушение поверхностного слоя наблюдается часто у зубьев шестерен, на рабочих поверхностях обойм шариковых и роликовых подшипников и др.

3. Хрупкое разрушение поверхностного слоя имеет место у деталей, прошедших термическую или химико-термическую обработку. Обычно разрушение поверхностного слоя начинается с образования трещины и дальнейшего выкрашивания поверхностного слоя при отсутствии предварительной или сопровождающей пластической деформации.

4. Абразивный износ является основным видом износа и характеризуется систематическим съемом металла твердыми частицами в процессе взаимодействия двух трущихся поверхностей.

5. Контактное схватывание наблюдается в деталях, работающих без смазки при высоких удельных нагрузках, с низким пределом текучести тончайших поверхностных слоев.

6. Коррозийное разрушение поверхностного слоя возникает в результате химического воздействия окружающей среды.

7. Усталостное разрушение детали возникает при действии циклических напряжений и характеризуется двумя зонами:

- зона с мелкозернистым строением (постепенное усталостное разрушение);
- зона с крупнозернистым строением (мгновенное разрушение).

8. Хрупкое разрушение детали характеризуется отсутствием заметных следов предшествующей пластической деформации. Оно развивается при появлении трещины, обусловленной действием рабочих напряжений, превышающих предел прочности. Поверхность излома имеет кристаллическое строение. Хрупкое разрушение возникает у деталей, изготовленных из материалов с относительно малой пластичностью, подвергавшихся термической и химикотермической обработке.

9. Вязкое разрушение детали характеризуется предварительной пластической деформацией и волокнистым строением излома. Разрушение происходит при величине рабочих напряжений, превышающих предел прочности материала, и имеет место у деталей, изготовленных из пластичного материала, который не подвергался термической и химико-термической обработке.

В настоящее время измерителем процесса эксплуатации автомобиля служит пробег. В других машинах таким измерителем является время работы агрегатов. Однако эти измерители не учитывают условий работы машины. В этом отношении более достоверными измерителями являются такие, которые отражают энергетические затраты, например, количество израсходованного топлива, выполненных работ и др. Однако, с точки зрения оценки ресурса агрегатов, эти измерители недостаточно достоверны.

Наиболее целесообразным измерителем процесса эксплуатации автомобиля, да и других машин, является выполненная работа [2]. Для грузового автомобиля выполненная работа  $A$ , с учетом тягового баланса является функцией многих переменных:

$$A = f(l, G, \gamma, \beta, \psi, V), \quad (1)$$

где  $l$  – пробег;  $G$  – масса автотранспортного средства;  $\gamma, \beta, \psi$  – коэффициенты использования соответственно грузоподъемности (с учетом прицепов), пробега и сопротивления движению;  $V$  – скорость.

Величина износа  $S$  деталей агрегатов также является функцией многих переменных:

$$S = f(l, G, \gamma, \beta, \psi, V, K_a, t, K_{II}), \quad (2)$$

где  $K_a$  – запыленность воздуха;  $t$  – фактор теплового режима;  $K_{II}$  – фактор переменности режимов работы агрегатов.

Сравнив эти функции (1) и (2) видим, что износ является функцией работы и других факторов, то есть:

$$S = f(A, K_a, t, K_{II}). \quad (3)$$

Для грузового автомобиля, у которого составляющая тягового баланса, связанная с сопротивлением воздуха незначительна, работа  $A$  на пробеге  $l$  составит:

$$A = (G_H + q\gamma\beta)\psi gl, \quad (4)$$

где  $G_H$  – масса не груженого автомобиля;  $q$  – грузоподъемность;  $g$  – ускорение силы тяжести.

В данном случае интенсивность изнашивания будет удельной (мкм/МН·км), то есть величина износа, отнесенная к работе трения. Здесь, как и при измерении интенсивности изнашивания в мкм/тыс. км, производится лишь оценка интенсивности изнашивания, которая является безразмерной величиной. Удельная интенсивность изнашивания имеет фактическую размерность, обратную силе трения.

Для наиболее распространенных динамически нагруженных сопряжений уравнения для интенсивности изнашивания  $\alpha$  и износа  $S$ :

$$\alpha = \alpha_0 e^{bl}, \quad (5)$$

$$S = S_0 e^{bl}, \quad (6)$$

где  $\alpha_0$  и  $S_0$  – соответственно интенсивность изнашивания и износ в конце приработки;  $b$  – изменение интенсивности изнашивания на единицу износа;  $l$  – пробег.

Как показано на рисунке 2, некоторые виды износа исполнительных поверхностей первичного вала являются восстанавливаемыми. Одним из способов, наиболее перспективным по затратам и качеству является плазменная наплавка (рисунок 3 и 4). Однако возникает вопрос о сроке службы восстановленной поверхности. На основании выше приведенных зависимостей в таблице 2 приведен расчет износа восстановленной поверхности.



Рисунок 3 – Схема плазменной наплавки



Рисунок 4 – Наплавленная шейка подшипника первичного вала

Таблица 2 – Расчет величины износа восстановленной поверхности первичного вала от пробега автомобиля

| L, тыс.км | So, мм | b, мм | S, мм |
|-----------|--------|-------|-------|
| 0         | 0,01   | 0     | 0,01  |
| 10        | 0,01   | 0,01  | 0,011 |
| 20        | 0,01   | 0,016 | 0,013 |
| 30        | 0,01   | 0,032 | 0,026 |
| 40        | 0,01   | 0,048 | 0,068 |
| 50        | 0,01   | 0,048 | 0,11  |
| 60        | 0,01   | 0,064 | 0,465 |
| 70        | 0,01   | 0,08  | 2,704 |

На основании проведенных расчетов построим зависимость величины износа от пробега автомобиля, представленную на рисунке 5.

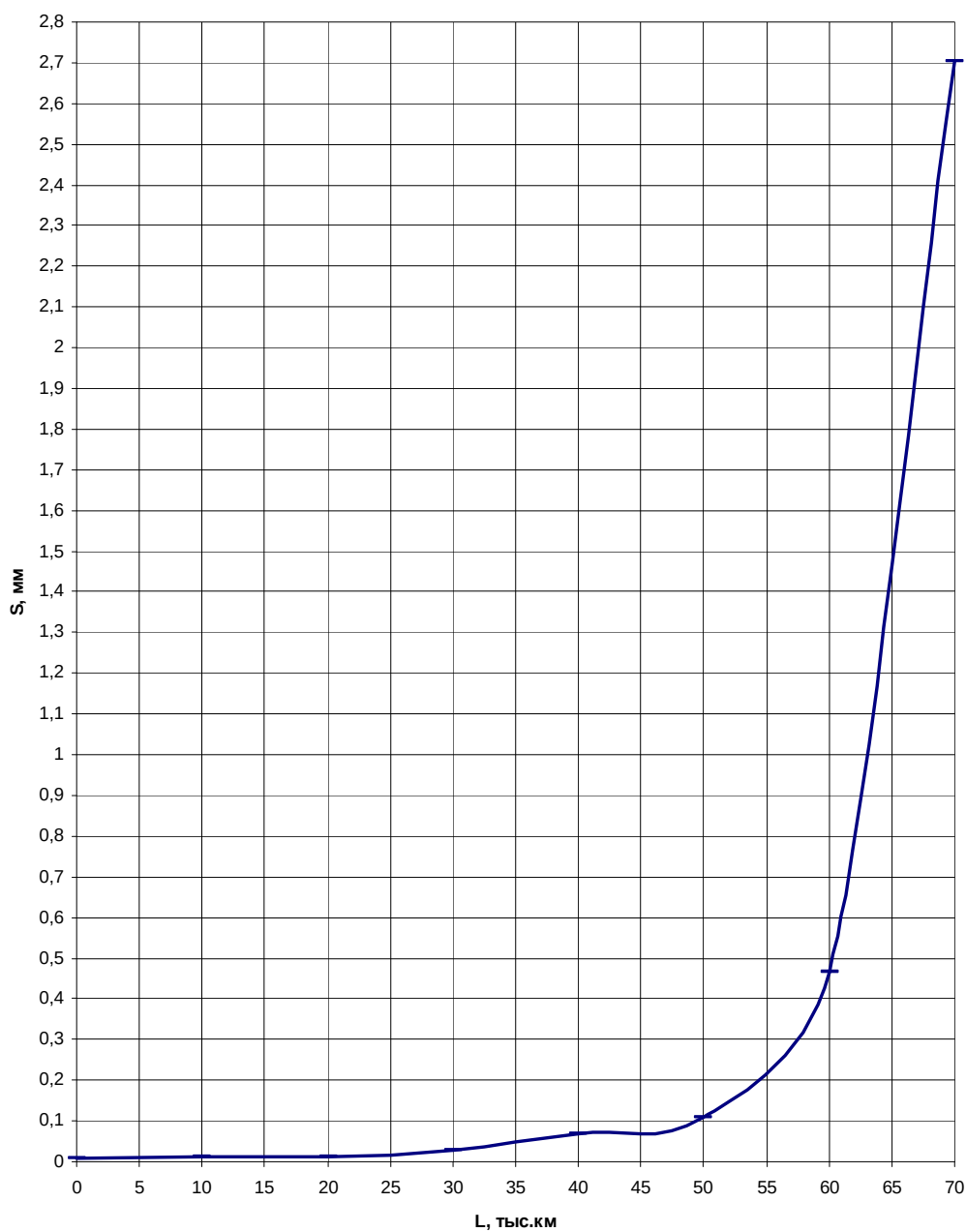


Рисунок 5 – Зависимость величины износа от пробега автомобиля

Сравним наработку на отказ нового и восстановленного первичного вала коробки перемены передач модели КамАЗ – 15. Для каждого отдельного варианта рассмотрим одинаковое количество  $N_0$  наблюдаемых деталей. Зафиксируем наработки, при которых произойдут отказы деталей, и сведем полученные данные в таблицы. Исходные данные по минимальной  $t_{\min}$  и максимальной  $t_{\max}$  наработкам используем для определения диапазона наработок, внутри которого имели место отказы [3]. Графическое представление определения среднего времени наработки на отказ приведено на рисунке 6.

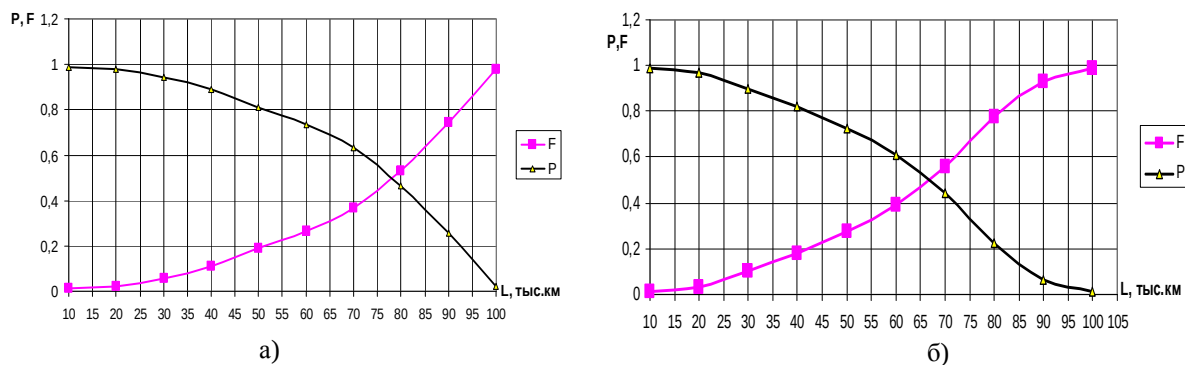


Рисунок 6 – Определение среднего времени наработки на отказ: а – нового первичного вала коробки перемены передач; б – восстановленного первичного вала

На основании проведенных исследований делаем вывод о том, что восстановленные детали автомобильных агрегатов в среднем на 11 тыс. км пробега меньше служат, чем новые. Но учитывая фактор износа самого агрегата, это делает целесообразным восстановление его деталей.

#### Библиографический список

1. Авдонькин Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей / Ф.Н. Авдонькин. — М.: Транспорт, 1985. — 215 с.
2. Денисов А.С. Основы формирования эксплуатационно-ремонтного цикла автомобилей / А.С. Денисов. — Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 1999. — 325 с.
3. Ревенко Д.В. Исследование переналаживаемости и надежности процессов механической обработки синтезированных вариантов участков для деталей типа тел вращения / Д.В. Ревенко, Д.А. Каинов, А.О. Харченко // Сборник научных трудов Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Высокие технологии в машиностроении. — Харьков, 2008. — Вып. 2. — С. 148 – 154.

Поступила в редакцию 28.03.2010 г.