

В. М. Щебров, А. Т. Ковальков, В. П. Автушко
ИСПЫТАНИЯ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ
КАРДАНЫХ ПЕРЕДАЧ

Одним из наиболее нагруженных сопряжений грузовых автомобилей является скользящее шлицевое соединение карданной передачи. Шлицевое соединение карданной передачи в условиях эксплуатации нагружено крутящим моментом, действующим в трансмиссии, а также изгибающими моментами, возникающими вследствие особенностей кинематики карданов и неуравновешенности вала. Изгибающие моменты и силы вызывают радиальные микроперемещения сопряженных поверхностей шлицев. Осевые перемещения возникают при движениях поддрессоренного ведущего моста. Все перемещения в шлицевом соединении сопровождаются работой трения, часть которой расходуется на нагрев, а часть — на износ поверхностей.

Целью испытаний шлицевого соединения карданной передачи было как непосредственное наблюдение и изучение износа при осевых перемещениях, так и определение коэффициентов трения в шлицевом соединении, интенсивности нагрева при различных величинах крутящего момента, зависимости коэффициентов трения от средней относительной скорости перемещения деталей, работоспособности соединения при различных температурах, определение максимальных осевых сил, возникающих за счет трения в шлицевом соединении.

Объектом испытания служили карданные валы автомобилей МАЗ. Исследование шлицевого соединения карданных валов выполнялось на универсальном стенде для испытания карданных передач, подробное описание которого приведено в работе [2].

Испытания проводились по следующей методике. На испытуемые карданные валы наклеивались датчики для измерения крутящего момента и осевых усилий. Тарировка датчика для измерения крутящего момента производилась на специальном тарировочном стенде, датчики для измерения осевых усилий тарировались на гидравлическом прессе.

Для определения температуры и интенсивности нагрева деталей были применены термисторы типа ТОС-М. В шлицевой вилке высверливалось углубление глубиной 9 мм. На дне углубления за-

креплялся предварительно протарированный термистор, выводы от которого подавались на измерительную схему.

Подготовленные валы устанавливались на стенд, датчики подключались к измерительной аппаратуре. Сигналы от датчиков через усилитель ТА-5 подавались на осциллограф Н-102, исследуемый процесс записывался на пленку.

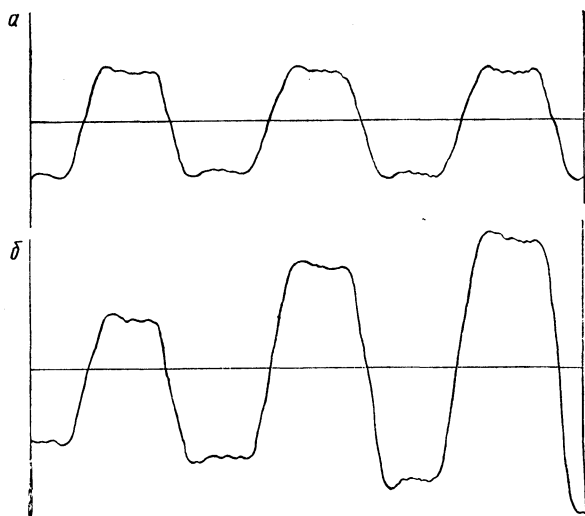


Рис. 1. Образец осциллограммы осевых усилий в скользящем шлицевом соединении карданного вала при нормальной работе (а) и в момент начала заклинивания (б)

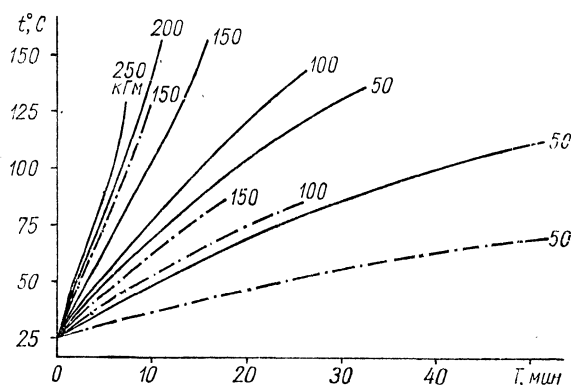


Рис. 2. Изменение температуры в шлицевом соединении от времени его работы при различных крутящих моментах и углах наклона карданного вала (сплошная линия — $5^{\circ}35'$, штриховая — 12° ; штрих-пунктирная — 16°)

Измерение осевых усилий производилось при различных значениях крутящих моментов. При этих замерах не допускалось нагрева шлицевого соединения свыше 30°C . С этой целью запись производилась при кратковременном включении стэнда, после этого

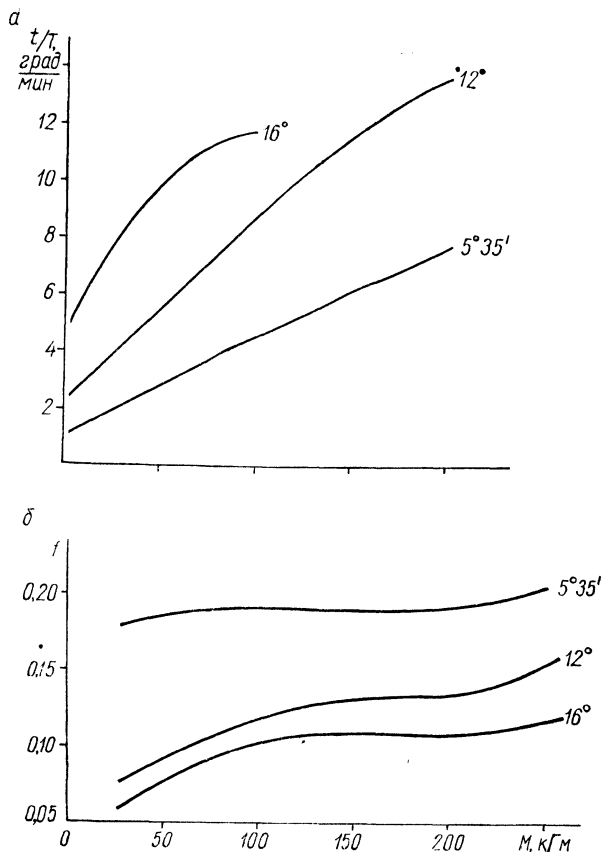


Рис. 3. Зависимость интенсивности нагрева (а) и коэффициента трения (б) в шлицевом соединении от величины крутящего момента при различных углах наклона карданного вала

стэнд останавливался, нагрузка повышалась на одну ступень (25 кГм), снова кратковременно включался стэнд, записывался процесс на пленку и т. д. В случае нагрева шлицевой вилки свыше 30°C стэнд останавливался до охлаждения деталей. На рис. 1, а приведен образец осциллограммы.

Следующим этапом работы было исследование процесса нагре-

вания шлицевого соединения при различных значениях крутящего момента. При этих замерах стенд работал до тех пор, пока температура шлицевой вилки не повысилась до 150—160 °С. Одновременно записывались на пленку осевые усилия в шлицевом соединении при различных температурах. При температуре, выше указанной,

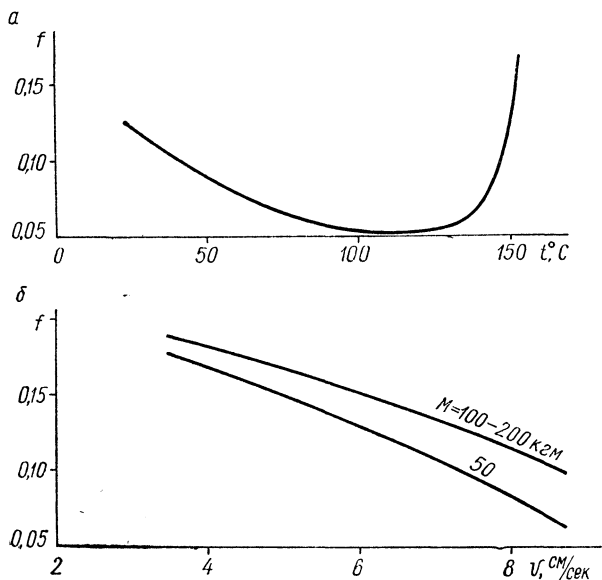


Рис. 4. Зависимость коэффициента трения от температуры (а) и от средней скорости скольжения (б) в шлицевом соединении

начинается заклинивание, что служит сигналом для остановки стенда. Этот момент легко установить, наблюдая за экраном осциллографа: перед заклиниванием постоянная до этого амплитуда осевых усилий начинает быстро увеличиваться (рис. 1, б). После охлаждения шлицевого соединения смазка в нем менялась. Для смазки шлицевого соединения в процессе испытаний применялась жировая смазка 1-13 по ГОСТ 1631—61.

Графики зависимости температуры нагрева от времени работы шлицевого соединения приведены на рис. 2. Описанные исследования проводились при различных углах наклона карданного вала на стенде.

На основании данных, полученных в результате обработки осциллограмм, построен ряд графиков, показывающих зависимость интенсивности нагрева шлицевого соединения от величины крутящего момента при различных углах наклона карданного вала за первые 10 мин работы шлицевого соединения (рис. 3, а), зависи-

мость величины коэффициента трения в шлицевом соединении от передаваемого крутящего момента при различных углах наклона карданного вала (рис. 3, б), зависимость величины коэффициента трения от температуры нагрева шлицевого соединения (рис. 4, а), зависимость величины коэффициента трения от средней скорости скольжения в шлицевом соединении (рис. 4, б). Для построения последнего графика необходимо знать величины перемещений s шлицевых деталей относительно друг друга при различных углах наклона карданного вала. Эти величины были получены непосредственным измерением на стенде и приведены в табл. 1.

Таблица 1

Угол наклона карданного вала, γ	5°35'	12°	16°
Ход s , мм	5,1	11,5	13,5

Средняя скорость скольжения v определяется по формуле

$$v = \frac{sn}{30},$$

где n — число двойных ходов в минуту (определяется по осциллограмме).

Выводы

1. В процессе исследования шлицевого соединения карданного вала отработана методика и определены основные параметры (коэффициенты трения, интенсивность нагрева), с помощью которых могут производиться сравнительные стендовые испытания подвижных шлицевых соединений различных карданных передач.

Предлагаемая методика позволяет значительно сократить время испытания шлицевого соединения, так как вместо длительных износных испытаний на стенде достаточно определить параметры, от которых зависит износ.

2. При износе в стендовых условиях происходит периодический перенос металла с поверхности более мягкой детали (вилки) на поверхность более твердой (шлицевого вала). Перенос и налипание металла происходит только при высоком нагреве (150 °С) трущихся поверхностей. После охлаждения налипший металл истирается и процесс повторяется.

3. Шлицевая вилка изнашивается быстрее и более равномерно. Наибольший износ шлицевых пазов вилки составляет 0,11 мм, наименьший 0,06 мм за 64 ч работы при значении крутящего момента

300 кгм. Наибольший износ шлицевого вала 0,08 мм, наименьший 0,01 мм. Наибольшая разница в толщине отдельных шлицев вала достигала 0,08 мм; наибольшая разница в ширине шлицевого паза вилки 0,04 мм.

4. Износ, наблюдаемый при стендовых испытаниях шлицевого соединения, отличается от износа при эксплуатации, так как здесь основную роль играет нагрев и схватывание первого и второго рода, а в эксплуатационных условиях происходит преимущественно абразивный и окислительный износ при микроперемещениях.

5. Износные явления при трении скольжения не имеют аналогии с такими же явлениями при трении качения, поэтому повышение

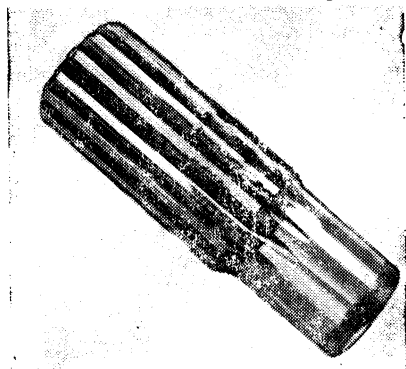


Рис. 5. Вал с оплавленными шлицами

нагрузочного режима не дает возможности сократить время испытаний, так как характер износа резко меняется. Исследование перемещений в шлицевом соединении карданного вала на автомобилях в эксплуатационных условиях [1] показывает, что осевые перемещения имеют место в основном при малой величине или при отсутствии крутящего момента в трансмиссии. При значительных крутящих моментах перемещений не наблюдается, так как силы трения в шлицевом соединении превышают

осевые усилия в карданной передаче. Если же при стендовых испытаниях создать условия работы, аналогичные эксплуатационным, то по времени стендовые испытания не будут отличаться от натуральных на автомобиле.

6. Коэффициент трения в шлицевом соединении при испытаниях на стенде колеблется от 0,05 до 0,20 в зависимости от условий работы. Величина осевого усилия при передаче момента 400 кгм достигает 2700—3000 кг (без заклинивания шлицевого соединения).

7. При налипании металла коэффициент трения превышает 0,3; при этом происходит быстрый разогрев соединения и заклинивание с оплавлением шлицев на валу (рис. 5).

8. Коэффициент трения при нормальной температуре равен в среднем 0,12—0,14. При нагреве до 100—120 °С он снижается до 0,05, а затем резко возрастает.

9. С возрастанием скорости относительного скольжения в шлицевом соединении коэффициент трения снижается.

10. При стендовых испытаниях шлицевого соединения в короткий срок могут быть получены параметры, определяющие износ:

температура нагрева, коэффициент трения, интенсивность нагрева. Эти параметры могут быть применены как при расчете карданной передачи, так и при сравнительной оценке шлицевых соединений различных конструкций, при подборе твердости поверхностей, класса шероховатости, посадки шлицевых деталей, при подборе смазки.

Л и т е р а т у р а

1. *Автушко В. П., Ковальков А. Т.* Экспериментальное исследование перемещений в шлицевых соединениях трансмиссии автомобиля. В сб.: «Машиностроение и металлообработка», № 2. Минск, 1968. 2. *Щербов В. М., Фридрих А. В.* Универсальный стенд для испытания карданных передач. «Промышленность Белоруссии», 1966, № 8.