

А. С. Савич

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ НА НАГРУЖЕННОСТЬ ПОДШИПНИКОВ ХОДОВОЙ ЧАСТИ АВТОМОБИЛЯ

От правильного выбора типов и размеров подшипников зависит не только работоспособность подшипникового узла, но в значительной мере — надежность и долговечность всего агрегата. Расчет и выбор подшипников качения ходовой части автомобиля должен основываться прежде всего на выборе действительного нагрузочного режима, свойственного условиям работы данных узлов.

Нагрузки, возникающие при движении автомобиля, зависят от многих непрерывно меняющихся факторов, носящих случайный характер. Правильное представление о законе распределения нагрузок, действующих на ходовую часть автомобиля, и их влияние на усталостную прочность и долговечность деталей, в том числе и подшипников качения колес, может быть получено на основе экспериментальных исследований и всестороннего изучения режимов работы данных подшипниковых узлов в эксплуатационных условиях с использованием методов теории вероятностей и математической статистики.

При расчетах долговечности и выборе подшипников колес характер нагрузки учитывается динамическим коэффициентом безопасности K_6 , численные значения которого по рекомендациям различных авторов изменяются в широком диапазоне. Разброс рекомендуемых значений K_6 вносит существенную ошибку в расчет, так как нагрузка и долговечность подшипника связаны между собой известной степенной зависимостью.

Данная работа посвящена экспериментальному исследованию нагрузочного режима подшипников передних колес грузовых автомобилей в зависимости от типа и состояния дорожных покрытий и скорости движения автомобиля. Испытания проводились на автомобиле МАЗ-500В. Регистрировались следующие параметры: а) вертикальная нагрузка, действующая на цапфу в плоскости вращения колеса; б) обороты переднего колеса.

Подготовка автомобиля к испытаниям заключалась в тщательном обследовании и проведении контрольно-регулирующих работ с целью обеспечения соответствия всех систем, узлов и агрегатов техническим условиям завода-изготовителя. Особое внима-

ние обращалось на правильность установки передних колес, давление воздуха в шинах и затяжки подшипников ступиц колес.

Для определения нагруженности подшипников колес в различных дорожных условиях использован тензометрический метод, основанный на принципе замера упругих деформаций цапфы и балки передней оси посредством проволочных преобразователей сопротивлением $R=201,3 \text{ ом}$ и базой $l=20 \text{ мм}$. Тензодатчики наклеивались на цапфу под внутренним подшипником и балку передней оси между колесом и рессорной площадкой в плоскости действия вертикальной нагрузки. Выводы тензодатчиков соединялись экранированным кабелем с входом регистрирующего прибора. Испытания проводились в два этапа согласно программе.

На первом этапе при исследовании влияния скорости движения на динамичность нагрузки регистрация всех параметров производилась при помощи четырехканального тензоусилителя ТА-5 и осциллографа Н-700. Питание усилителя осуществлялось от аккумуляторных батарей напряжением 24 в через преобразователь постоянного тока ППР-120 с выводным напряжением 115 в.

Для замера скорости автомобиля во время испытаний был использован индукционный датчик оборотов колеса. Записывались показания тензодатчиков на осциллографную бумагу шириной 120 мм. Скорость записи в зависимости от условий экспериментов варьировалась в пределах 40—160 мм/сек.

Испытания проводились при движении автомобиля МАЗ-500В на дорогах различного типа с полезной нагрузкой в кузове 7 т. Скорость движения задавалась в зависимости от типа и состояния дороги с интервалом 5—15 км.

Действительные значения скорости движения автомобиля определялись по формуле:

$$v_a = 0,377 r_k n \text{ км/ч}, \quad (1)$$

где r_k — рабочий радиус колеса, м; n — число оборотов колеса в минуту, определенное по отметкам на осциллограмме.

На рис. 1 показан образец осциллограммы с записью всех параметров. Обработка осциллограмм заключалась в измерении ординат h_i (отклонений луча вибратора от нулевой линии до контура линии деформации оси или цапфы), пропорциональных величине нагрузки на колесо при движении автомобиля. Диапазон изменения измеряемой величины разбивался на несколько промежутков с интервалом в 2 мм, и подсчитывалась частота появления вариации в каждом промежутке. Отсчет ординат производился через равные промежутки времени (0,1 сек — при скорости записи 40 мм/сек и 0,025 сек — при скорости записи 160 мм/сек). Результаты расчетов сводились в таблицу, представляющую собой вариационный ряд измерений.

При построении кривых распределения нагрузки по оси абс-

цисс откладывались значения действующей на колесо вертикальной нагрузки (P_v , кг), а по оси ординат от середины каждого интервала нагрузки — частота их повторения, т. е. a_i .

Экспериментальные кривые статистического распределения нагрузок, действующих на цапфу переднего колеса, при движении

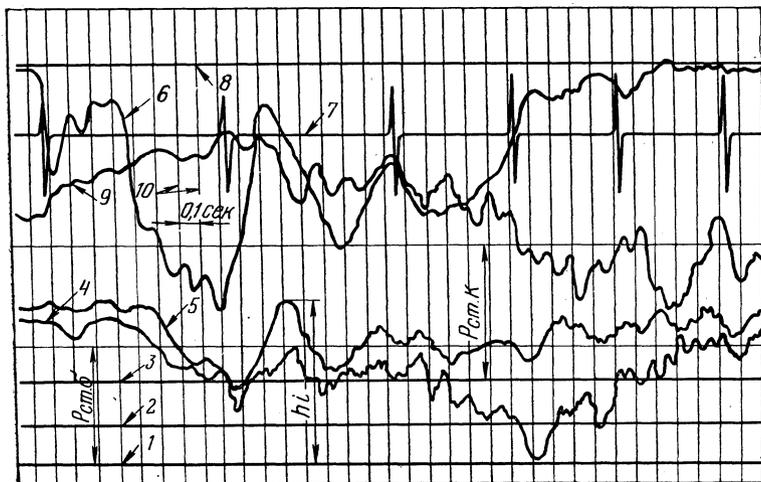


Рис. 1. Образец оциллограммы записи нагрузок, действующих на ходовую часть автомобиля МАЗ-500В при движении по гравийному шоссе с полезной нагрузкой в кузове 7 т:

- 1, 2, 3 — нулевые отметки при записи вертикальных динамических нагрузок соответственно на балке переднего моста, на цапфе поворотного кулака, на кожухе заднего моста; 4 — нагрузка на балке; 5 — нагрузка на цапфе; 6 — крутящий момент на полуоси; 7 — отметка оборотов переднего колеса; 8 — нулевая отметка крутящего момента; 9 — нагрузка на кожухе полуоси; 10 — отметки времени; $P_{ст.б}$, $P_{ст.к}$ — статическая вертикальная нагрузка соответственно на балке и на кожухе полуоси.

автомобиля по различным типам дорог и с разными скоростями приведены на рис. 2.

Из графиков видно, что общий диапазон нагрузок возрастает с ухудшением дорожных условий, а для одного и того же типа дорог — с увеличением скорости движения.

Анализ экспериментального распределения вертикальных нагрузок показал, что характер реально действующих на узлы ходовой части автомобиля переменных нагрузок можно рассматривать как случайный стационарный процесс, изменяющийся по определенному закону, близкому к нормальному.

Для количественной оценки общего уровня нагруженности и влияния характера распределения переменных нагрузок на расчетную долговечность подшипников по экспериментальным кривым распределения были определены значения динамического коэффициента K_d по выражению

$$K_d = \frac{\sqrt[3,33]{\sum P_i^{3,33} a_i}}{P_{ст}}, \quad (2)$$

где P_i — средняя величина нагрузки для i -го интервала кривой распределения, кг ; a_i — вероятность действия нагрузки (частость) для i -го интервала кривой распределения; $P_{ст}$ — статическая нагрузка от приходящегося на колесо веса автомобиля, кг .

Результаты расчетов величины K_d для различных дорожных условий и скоростных режимов испытаний приведены в табл. 1.

Таблица 1

Экспериментальные значения коэффициента динамической нагрузки K_d для различных типов дорог

Статическая нагрузка на цапфу колеса $P_{ст}, \text{кг}$	Бульжное шоссе удовлетворительного качества	Гравийное шоссе среднего качества	Грунтовая дорога удовлетворительного качества	Грунтовая разбитая дорога	Лесная и абиястая дорога	Бульжная разбитая дорога
2156	18,4/1,09	15,5/1,035	22,8/1,165	14,4/1,26	14,5/1,11	40,0/1,31
	38,6/1,14	25,4/1,065	28,6/1,184	17,9/1,28	19,6/1,13	—
	52,0/1,165	32,5/1,08	—	—	21,5/1,14	—
	65,5/1,185	46,5/1,10	—	—	24,5/1,15	—
	82,0/1,22	58,6/1,115	—	—	—	—
	87,5/1,23	68,8/1,135	—	—	—	—

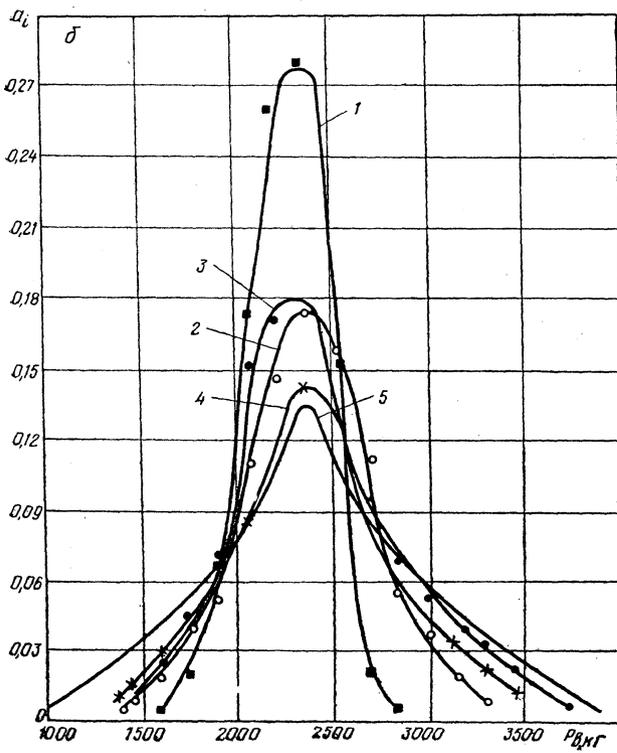
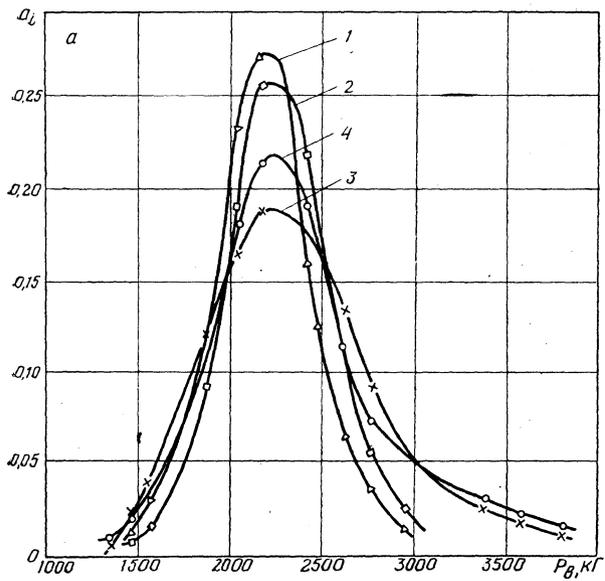
Примечание. В числителе дана скорость автомобиля v_a , км/ч , в знаменателе — K_d .

Изменение коэффициента динамической нагрузки K_d в зависимости от скорости движения автомобиля для различных типов дорог показано на рис. 3.

Анализ полученных результатов показывает, что с ухудшением дорожных условий динамичность нагрузки возрастает на 15—20% при одинаковой скорости движения.

Скорость движения автомобиля более резко влияет на величину K_d для дорог низшего класса, чем для дорог с улучшенным покрытием. Интенсивность изменения K_d в зависимости от скорости автомобиля и типа дороги характеризуется данными, приведенными в табл. 2.

Второй этап экспериментальных исследований предусматривал регистрацию длительно действующих нагрузок на колесо автомобиля с использованием режимомера РМ-ЗБ, представляющего собой электронный цифровой регистрирующий прибор, который позволяет получать интегральное или дифференциальное распределение мгновенных значений измеряемых динамических процессов с диапазоном частот от 0 до 50 гц .



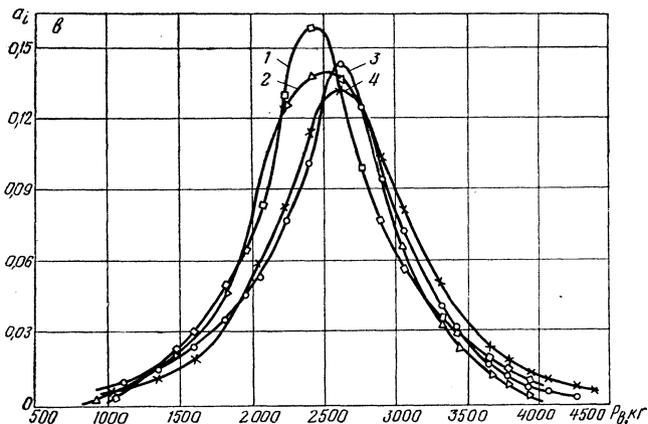


Рис. 2. Экспериментальные кривые распределения вертикальных нагрузок, действующих на ходовую часть автомобиля МАЗ-500В:

a — при движении по гравийному шоссе: 1 — $v_a = 15,5$ км/ч; 2 — $v_a = 25,4$ км/ч; 3 — $v_a = 32,5$ км/ч; 4 — $v_a = 58,6$ км/ч; б — при движении по булыжному шоссе удовлетворительного качества: 1 — $v_a = 18,4$ км/ч; 2 — $v_a = 38,6$ км/ч; 3 — $v_a = 52,0$ км/ч; 4 — $v_a = 65,5$ км/ч; 5 — $v_a = 82$ км/ч; в — при движении по грунтовой дороге удовлетворительного качества (кривые 1, 2) и разбитой грунтовой дороге (кривые 3, 4).

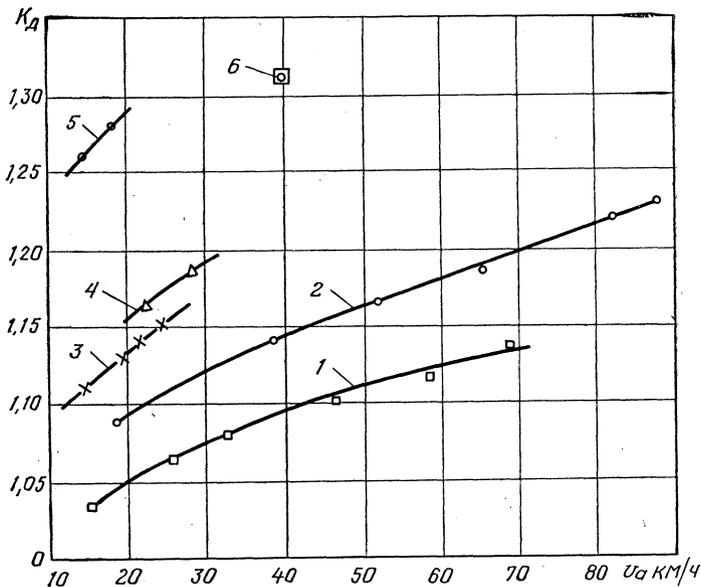


Рис. 3. Изменение коэффициента динамической нагрузки в зависимости от скорости движения автомобиля v_a и типа дороги: 1 — гравийное шоссе среднего качества; 2 — булыжное шоссе удовлетворительного качества; 3 — лесная ухабистая дорога; 4 — грунтовая дорога удовлетворительного качества; 5 — грунтовая разбитая дорога; 6 — булыжная разбитая дорога.

Таблица 2

**Результаты расчета интенсивности изменения K_d
в зависимости от типа дороги**

Параметры	Гравийное шоссе среднего качества	Булыжное шоссе удовлетворительного качества	Грунтовая дорога удовлетворительного качества	Грунтовая разбитая дорога	Лесная ухабистая дорога
Диапазон скоростей при испытаниях автомобиля, км/ч	15,5—68,8	18,4—87,5	22,8—28,6	14,4—17,9	14,5—24,5
Общий уровень изменения K_d , %	9,8	13	1,5	1,5	4,5
Интенсивность изменения величины K_d (%) при изменении скорости на 10 км/ч	1,84	1,88	2,6	4,3	4,5

В наших исследованиях режимомер использовался для получения относительного статического распределения уровней нагрузок на цапфе колеса автомобиля.

Прибор имеет 10 каналов (счетчиков), для каждого из которых устанавливался порог срабатывания, соответствующий уровню входного сигнала. Настройка прибора производилась при величине статической нагрузки на колесо ($P_{ст} = 2200 \text{ кг}$): Значения величины нагрузки ниже $P_{ст}$ регистрировались счетчиками 1—5, а нагрузка выше $P_{ст}$ — счетчиками 6—10.

Непосредственно перед испытаниями датчики на автомобиле тарировались, затем строились тарифовочные графики, позволяющие установить интервал нагрузки для каждого канала. Установив пороги срабатывания каналов равномерно в исследуемом диапазоне нагрузок, по показаниям счетчиков можно определить частоту (вероятность) нагружения цапфы колеса нагрузкой данного уровня, а следовательно, и закон распределения нагрузки.

Испытания проводились в типичных условиях эксплуатации при движении по различным дорогам. При этом выдерживался нормальный эксплуатационный режим движения, определяемый дорожными условиями, сохранностью автомобиля и безопасностью движения.

В результате математической обработки данных испытаний были построены экспериментальные кривые распределения вертикальных нагрузок для различных дорожных условий и определены значения коэффициента K_d по выражению (2).

Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Данные испытания нагруженности подшипников колес
с помощью режимомера РМ-3Б**

Тип дороги	Общий пробег, км	Средняя скорость движения автомобиля v_a , км/ч	K_d
Асфальт	536,9	40,8	1,09
Гравийное шоссе	327,8	34,0	1,16
Бульжное шоссе	156,5	33,1	1,31
Грунтовая дорога	15,2	19,8	1,34

Как видно из таблицы, результаты испытания близки к результатам, полученным осциллографированием.

Величина расчетного динамического коэффициента $K_{д. \text{ расч}}$ для ступиц колес в зависимости от условий эксплуатации может быть определена по выражению:

$$K_{д. \text{ расч}} = \sqrt[3.33]{\sum \frac{\alpha_i}{100} K_{д_i}^{3.33}}, \quad (3)$$

где α_i — продолжительность работы автомобиля в данных условиях эксплуатации в процентах от общего времени движения; $K_{д_i}$ — динамические коэффициенты, соответствующие данным типам дорог.

Выводы

1. Разработанная методика определения нагруженности подшипников ступиц колес автомобилей и результаты исследований позволяют более обоснованно подойти к разработке методики расчета подшипников колес как с учетом действительного характера действующих на колесо переменных нагрузок, так и с учетом типа и состояния дорожных покрытий.

2. Средняя величина действующей на подшипники колес нагрузки при любых условиях эксплуатации превышает статическую нагрузку.

3. Анализ численных значений K_d показывает, что при одной и той же скорости движения автомобиля с ухудшением дорожных условий динамичность нагрузки возрастает на 15—20%, а влияние скорости движения автомобиля на величину K_d более характерно для дорог низшего класса.

4. Полученные в результате испытаний значения динамического коэффициента нагрузки K_d в различных условиях эксплуатации могут быть использованы для количественной оценки влияния на долговечность подшипников переменных нагрузок при конструировании и расчетах подшипниковых узлов ходовой части автомобиля.