

УДК 629.114.2

**АНАЛИЗ ДОЛГОВЕЧНОСТИ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СОЕДИНЕНИЯ ВАЛА
МУФТЫ СЦЕПЛЕНИЯ С ПЕРВИЧНЫМ ВАЛОМ
КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРОВ ХТЗ**

В.Г. Кухтов, д.т.н., профессор; А.В. Рябушенко, ассистент
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Описана методика и приведены результаты анализа долговечности экспериментального соединения вала муфты сцепления с первичным валом коробки передач тракторов ХТЗ класса 30 кН.

Введение

В настоящее время полимерные материалы находят широкое применение в конструкции силовых передач современных автомобилей и тракторов, поскольку зачастую обладают свойствами, недоступными традиционным конструкционным материалам, таким как сталь, чугун, сплавы металлов.

Анализ литературы

Механические свойства различных полимеров могут значительно отличаться. Они зависят как от типа полимера, степени кристалличности, так и режима нагружения, температурного режима и скорости деформирования. По мнению ряда ученых [1, 2] сложности применения полимерных деталей в трансмиссии машин на данном этапе связаны в большей мере не с технологическими проблемами, а с недостаточной разработанностью методов расчета. Приводимые в литературе теоретические зависимости для описания поведения полимерных материалов в различных условиях нагружения, в большинстве являются очень сложными, нелинейными и содержат большое число трудноопределимых коэффициентов и характеристик конкретного материала. Это затрудняет их применение в практике инженерных расчетов, где желательно иметь простые и, по возможности, универсальные методы.

В работе [3] показано, что вследствие износа боковых поверхностей эвольвентных шлицев средний ресурс сопряжения вала муфты сцепления с первичным валом КП тракторов ХТЗ класса 30 кН не превышает 2500 м.ч. В работе [4] описана конструкция экспериментального соединения вала муфты сцепления с первичным валом коробки передач для тракто-

ров ХТЗ, в котором крутящий момент передается не через эвольвентные шлицы, а через промежуточные пластмассовые вкладыши. Такое техническое решение позволяет компенсировать несоосность соединяемых валов и обеспечить работоспособность сопряжения.

Описание методики.

Конструктивные особенности предлагаемого экспериментального соединения иллюстрирует рисунок 1.

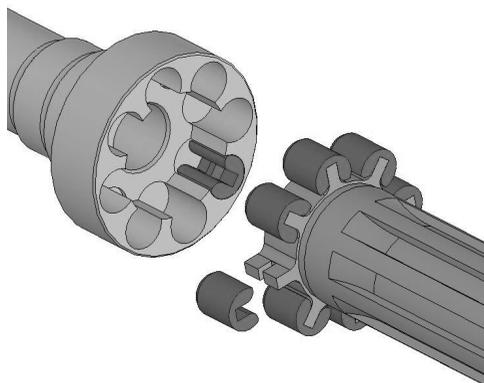


Рис. 1 – Экспериментальное соединение

Немаловажным преимуществом данной конструкции, помимо компенсации несоосности сопрягаемых валов, является более равномерное распределение нагрузки между всеми силовыми элементами (вкладышами, выступами валов) за счет упругости материала вкладышей. В шлицевом соединении вследствие погрешностей, особенно в начальный период эксплуатации, нагрузка между шлицами может распределяться неравномерно. При этом на рабочих поверхностях более нагруженных шлицев возрастают удельные нагрузки, что приводит к их интенсивному износу.

Очевидно, что ресурс экспериментального соединения будет определяться долговечностью полимерных вкладышей, которые непосредственно передают крутящий момент от двигателя. В настоящее время нет общепринятой теории и критериев усталостной прочности полимеров. Большинство авторов предлагают методики расчета долговечности полимеров, основанные на уравнении Журкова, которое связывает время до разрушения материала с температурой и напряжением. Их общим недостатком является использование неоднозначных и трудноопределимых характеристик материала.

В работе [5] показано, что изменения крутящего момента двигателя

трактора в процессе работы носят циклический характер с циклами нагружения, соответствующими режиму малоциклового усталости. Данный режим характеризуется сравнительно низкими частотами и большими уровнями напряжений, достигающими предела текучести материала.

В результате циклического нагружения в материале вкладышей происходит непрерывный процесс накопления микродефектов (повреждений). В зависимости от типа полимерного материала разрушение при малоциклового усталости будет происходить или в результате исчерпания пластичности (квазистатическое разрушение), или вследствие возникновения и развития усталостной трещины.

Наибольшее распространение получил критерий малоциклового усталости Мэнсона – Коффина:

$$N^{m_1} \cdot \Delta \varepsilon_p = C, \quad (1)$$

где N - число циклов нагружения;

$\Delta \varepsilon_p$ - размах пластической деформации;

m_1, C - константы.

Коэффициенты m_1 и C определяются по формулам

$$m_1 = \lg N_1 \left[\lg \left(\frac{\sigma_B}{\sigma_T} \right) \right]^{-1} \quad (2)$$

$$C = \sigma_B^{m_1}$$

где N_1 – число циклов, соответствующее границе малоциклового области.

Проследить за ходом накопления повреждений в деталях при циклическом нагружении можно с помощью построения кривых повреждаемости, в основе которых лежит математический закон накопления повреждений. Наибольшее распространение получила гипотеза линейного накопления повреждений Пальмгрена-Майнера, согласно которой повреждение от циклического нагружения за n циклов пропорционально отношению n/N (где N - число циклов до разрушения по кривой Веллера), и общее повреждение не зависит от последовательности частичных повреждений.

Оценить ресурс опытного соединения можно, воспользовавшись методикой, изложенной в работе [5]. Для этого необходимо на некотором отрезке времени определить повреждаемость изучаемой детали от циклического программного нагружения. Затем найти такое напряжение симметричного эквивалентного цикла нагружения, который бы обеспечивал такую же повреждаемость детали, какая получилась при про-

граммном нагружении, и после этого определить гамма-процентный ресурс детали.

Вероятность отказа $P(t)$ в момент времени t определяется зависимостью

$$P(t) = F_0 \left(\frac{1 - \overline{D}_y \cdot t}{\sigma_D \cdot t} \right) \quad (3)$$

где $F_0(x)$ - табулированная функция нормального распределения;

\overline{D}_y - среднее значение удельной повреждаемости;

σ_D - среднеквадратическое отклонение.

Предельное значение ресурса для данного σ_{np} , когда $P(t_{np}) = 0$ определяется зависимостью:

$$t = t_{-1} / (\sigma_{np} / \sigma_{-1})^m \quad (4)$$

Результаты расчетов

Проведем расчет для вкладышей, изготовленных из материала полиамид ПА-610Л:

предел текучести $\sigma_T = 90 \text{ МПа}$,

предел усталости $\sigma_{-1} = 5 \text{ МПа}$,

предел прочности $\sigma_6 = 103 \text{ МПа}$.

Номинальный крутящий момент, передаваемый сопряжением, равен $M_{кр} = 563 \text{ Нм}$.

Поскольку зависимость напряжение-деформация для выбранного материала имеет линейный характер, достаточно решить задачу для режима нагружения (базового), который определяется передаваемым крутящим моментом $M_{кр0}$. Напряженное состояние для любого другого режима пересчитывается по формуле:

$$\sigma_i = \sigma_{0i} \cdot M_{0кр} / M_{кр} \quad (8)$$

где σ_i - напряжения в i -той точке при величине крутящего момента равном $M_{кр}$,

σ_{0i} - напряжения в i -той точке при крутящем моменте равном $M_{0кр}$, для которого проводился прочностной расчет.

Значения крутящего момента и времени работы трактора на различных передачах были взяты из работы [5].

В результате проведенных расчетов по указанной методике, можно получить трехмерные зависимости, характеризующие изменение ресурса от вероятности безотказной работы и амплитуды эквивалентного напряжения (рис.2).

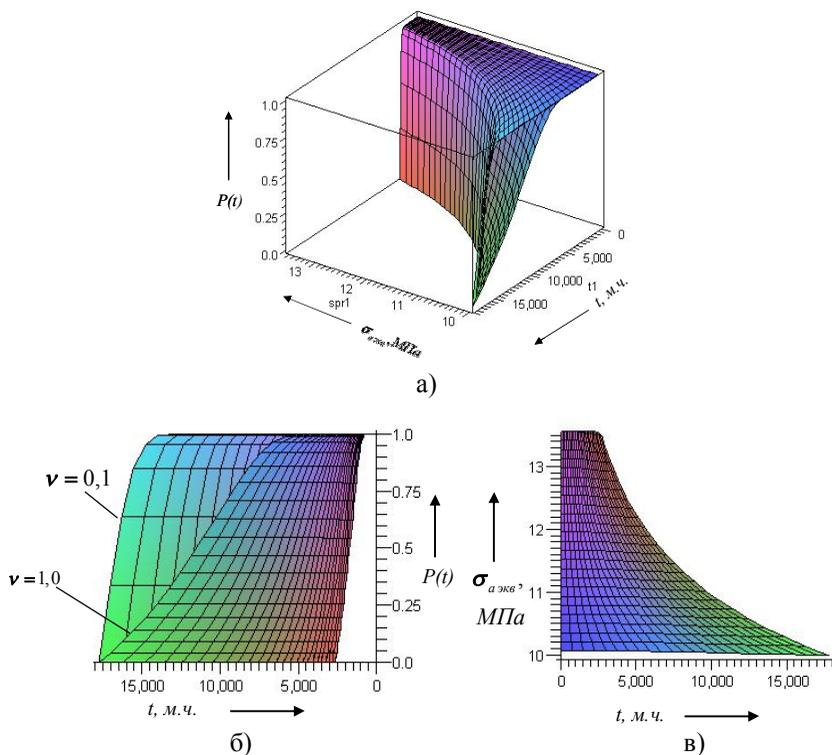


Рис. 2. Графическое представление изменения ресурса вкладышей из материала ПА-610Л от вероятности безотказной работы и амплитуды эквивалентного напряжения

График получен для значений коэффициентов вариации $\nu = 0,1$ и $\nu = 0,9$. Коэффициент вариации позволяет учесть разброс фактического числа циклов до разрушения. Полоса разброса ограничивается кривыми усталости, соответствующими равной вероятности разрушения и указывающими верхние и нижние границы работоспособности материала.

Выводы.

Полученные результаты позволяют оценить ресурс исследуемого соединения при изготовлении вкладышей из полиамида. В частности, видно, что вероятность безотказной работы 0,9 будет соответствовать ресурсу 16000 моточасов для значения коэффициента вариации $\nu = 0,1$, и 7500 моточасов – для $\nu = 0,9$. Для обеспечения ресурса 10000 моточасов эквивалентные напряжения не должны превышать 11 мПа.

Список использованных источников

1. Справочник по пластическим массам. Изд. 2-е. В двух томах. Под ред. В.М. Катаева – М.: «Химия». – 1975. – 448 с.
2. Пластмассовые детали машин и приборов. Мирзоев Р.Г. – Л.: «Машиностроение». – 1971. – 368 с.
3. С.Л. Абдула, В.Г. Кухтов, О.В. Рябушенко Дослідження працездатності експериментального з'єднання вал головного зчеплення – первинний вал коробки передач // Вісті академії інженерних наук України. - №1(28). - 2006 р. – с. 15-17.
4. Кухтов В.Г., Рябушенко А.В. Оценка износостойкости шлицевых соединений тракторов // Тракторная энергетика в растениеводстве: Сб. научн. тр. – Харьков. – 2003. – вып. 6. - 216-224.
5. Кухтов В.Г. Долговечность деталей шасси колесных тракторов. Монография. – Харьков: РИО ХНАДУ, 2004. – 291 с.

Анотація

АНАЛІЗ ДОВГОВІЧНОСТІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО З'ЄДНАННЯ ВАЛУ МУФТИ ЗЧЕПЛЕННЯ З ПЕРВИННИМ ВАЛОМ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРІВ ХТЗ

В.Г. Кухтов,, професор, О.В. Рябушенко, асистент

Описана методика і приведені результати аналізу довговічності експериментального з'єднання валу муфти зчеплення з первинним валом коробки передач тракторів ХТЗ класу 30 кН.

Abstract

ANALYSIS OF LONGEVITY OF AN EXPERIMENTAL JOINING OF CLUTCH SHAFT WITH MAIN DRIVE SHAFT OF TRACTOR KHTZ.

V. Kuhtov, A. Ryabushenko

The method and the results of analysis of longevity of experimental connection of clutch shaft with main drive shaft of tractor KhTZ class 30 kN are produce.