

В целом можно отметить, что компьютерные технологии MSC позволяют за счет ускорения процессов и сокращения их трудозатрат создавать современную и конкурентоспособную автомобильную технику.

Расширение применения расчетных методов актуально особенно сейчас в связи с требованиями заказчиков поставки новой автомобильной техники в сокращенные сроки. Кроме того, расширение применения расчетных методов уменьшает объем необходимых испытаний. Поэтому УГК увеличивает применение расчетных методов для ускорения выпуска новой техники.

Конкуренция на автомобильном рынке заставляет больше внимания уделять дизайну автомобилей.

С этой целью внедряется дизайнерский пакет фирмы Alias/ Wavefront, который имеет интерфейс с нашей центральной CAD/CAM системой UNIGRAPHICS.

С ростом объема электронной документации остро возникает потребность в системе управления данными о продукте производства и относящемся к этому процессами (PDM). Для Управления главного конструктора такой системой выбрана система IMAN (Information Manager).

Следует отметить, что внедрение зарубежных систем PDM требует значительно больших усилий для их настройки к условиям стран СНГ, чем систем CAD/CAM/CAE. Это объясняется тем, что система документации, стандартов и процессов, связанных с PDM, имеет серьезные отличия от принятых в СНГ.

Система IMAN имеет интерфейс с системами управления предприятиями (SAP R/3, Baan, Oracle Manufacturing и др.), что позволяет оперативно использовать конструкторскую электронную документацию в рамках всего предприятия.

Одним из развивающихся направлений является использование сети Internet для взаимодействия с поставщиками. Так, например, мы взаимодействуем с итальянскими, германскими и американскими фирмами по передаче трехмерных моделей по двигателям, деталям кабин, оснастке.

Для эффективного использования указанных систем необходима подготовка высококвалифицированных специалистов. Таких специалистов мы готовим через кафедру Белорусского национального технического университета на Минском автозаводе в процессе прохождения длительной специализированной практики, выполнения курсовых и дипломных проектов.

С использованных приведенных выше технологий срок создания новых автомобилей сокращен до 1,5 года.

УДК 620.178.3

**Е.К. Почтенный**

## **СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

*Институт механики машин Национальной академии наук Беларуси*

Результаты испытаний при регулярном нагружении в области многоциклового усталости с использованием экспериментально – аналитического метода позволяют вести вероятностные расчеты циклической долговечности. Планирование и анализ результатов испытаний проводятся с использованием уравнений кривой усталости [1-3]:

вероятностные расчеты циклической долговечности. Планирование и анализ результатов испытаний проводятся с использованием уравнений кривой усталости [1-3]:

$$N_i = \frac{Q}{\sigma_i} \cdot \ln \left\{ 1 + \left[ \exp \left( \frac{\sigma_i - \sigma_R}{v_0} \right) - 1 \right]^{-1} \right\}, \quad (1)$$

$$N_i = N_0 \cdot \ln \left\{ 1 + \left[ \exp \left( \frac{\sigma_i - \sigma_R}{v} \right) - 1 \right]^{-1} \right\}, \quad (2)$$

где  $\sigma_i$  – максимальное напряжение цикла в опасной зоне ( в месте зарождения магистральной трещины),  $N_i$  – число циклов до разрушения (или до предельного повреждения) при этом напряжении в условиях регулярного нагружения,  $v_0$  – параметр с размерностью напряжения,  $\sigma_R$  – предел выносливости,  $N_0$  – число циклов до точки нижнего перегиба кривой усталости в полулогарифмической системе координат,  $v = \left| \frac{d\sigma}{d \ln N} \right|$  - ха-

рактеристика угла наклона кривой усталости,  $Q = \sigma_R \cdot N_0$  – коэффициент сопротивления усталости.

При оценке параметров уравнения (1) используются экспериментальные значения  $\sigma_i$  и  $N_i$ . При вычислениях уравнение записывается в виде уравнения прямой:

$$y_i = \sigma_{Ri} + v_0 \cdot z_i,$$

где  $y_i = \sigma_i$ ,  $z_i = \ln \left\{ 1 + \left[ \exp \left( \frac{\sigma_i \cdot N_i}{Q} \right) - 1 \right]^{-1} \right\}$ .

Параметры уравнения (1) определяются перебором значений  $Q$  с использованием метода наименьших квадратов разности ( $\sigma_{Ri} - \bar{\sigma}_R$ ). Для этого при заданном значении  $Q$  по найденному значению  $v_0$  определяют случайные значения предела выносливости  $\sigma_{Ri} = \sigma_i - v_0 \cdot z_i$  и среднее значение

$$\bar{\sigma}_R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \sigma_{Ri},$$

а так же среднеквадратичное отклонение

$$S_R = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} (\sigma_{Ri} - \bar{\sigma}_R)^2}.$$

Перебором на компьютере находят такую величину  $Q$  и соответствующие ему значения  $\bar{\sigma}_R$ ,  $v_0$ ,  $S_R$ , для которых  $\sum_{i=1}^{i=n} (\sigma_{Ri} - \bar{\sigma}_R)^2 = \min$ .

Таким же способом определяют параметры уравнения (2). Анализ метода определения параметров уравнений (1) и (2) выполнен ранее [4].

Теоретические и экспериментальные исследования [3] показали, что в области многоциклового усталости:

- рассеяние по числу циклов до разрушения при фиксированном напряжении определяется рассеянием значений предела выносливости;
- распределение значений предела выносливости с достаточной точностью аппроксимируется функцией нормального распределения.

Кроме того, в тех случаях, когда среднее и среднеквадратичное отклонение значений предела выносливости определяются по результатам испытаний небольших по объему выборок, частные значения предела выносливости при заданных вероятностях неразрушения или разрушения с достаточной точностью оцениваются с использованием доверительных интервалов для этих значений, определенных с заданной доверительной вероятностью.

Рассмотрим два примера вероятностной оценки циклической долговечности.

Результаты испытаний локальных моделей (рис.1) рамы тракторного прицепа [5] точками нанесены на график (рис.2). При испытаниях до предельного повреждения доведено 9 локальных моделей. Характеристики сопротивления усталости в виде параметров уравнения (1) и функции нормального распределения значений предела выносливости определены с использованием персонального компьютера:

$$Q = 7,92 \cdot 10^7 \text{ МПа} \cdot \text{цикл},$$

$$v_0 = 48,3 \text{ МПа},$$

$$\bar{\sigma}_R = 63,8 \text{ МПа},$$

$$S_R = 4,5 \text{ МПа}.$$

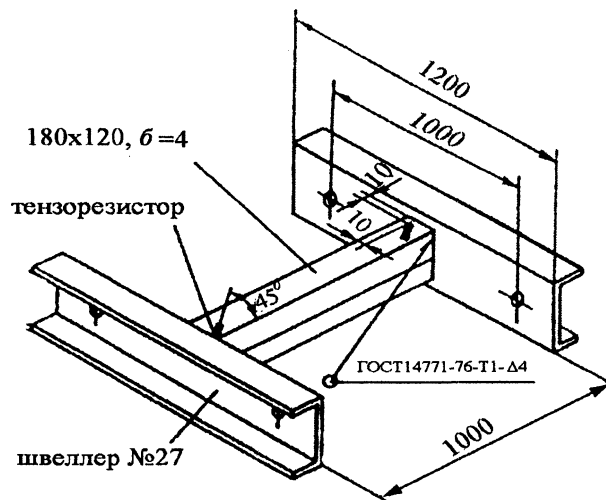


Рис. 1. Локальная модель опасной зоны тракторного прицепа.

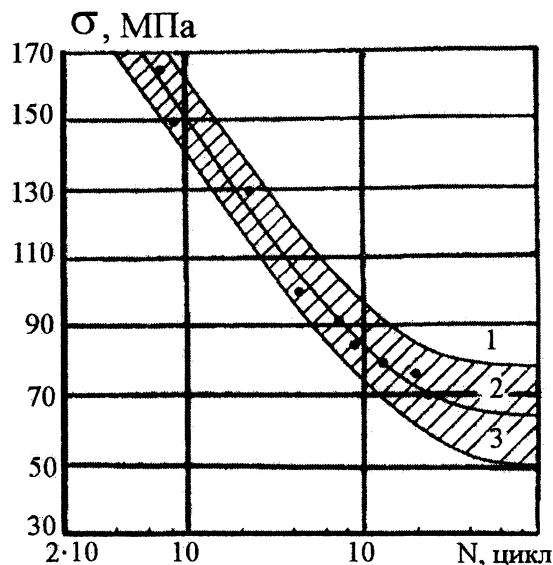


Рис. 2. Кривые усталости локальной модели. Точки-результаты эксперимента. Кривые 1 и 3 ограничивают область вероятности разрушения и неразрушения 0,9. Кривая 2 соответствует экспериментальной вероятности 0,5.

Доверительные интервалы при доверительной вероятности 0,95 для среднего равны 60,4.....67,3 МПа и для среднеквадратичного отклонения 3,0.....8,6 МПа. Доверительная область на рис.2 ограничена кривыми усталости, построенными с вероятностью разрушения  $F = 0,9$  и вероятностью неразрушения  $P = 0,9$  при максимальном и минимальном значениях доверительного интервала для среднего и максимального значения доверительного интервала для среднеквадратичного отклонения предела выносливости:

$$\sigma_{RF/RP} = \bar{\sigma}_{Rmax/Rmin} \pm t \cdot S_{Rmax},$$

где  $t \geq 0$  - квантиль нормального распределения. При построении кривых усталости использовано уравнение (1) с приведенными выше значениями параметров  $Q$  и  $v_0$ .

Результаты испытаний вторичного вала коробки передач автомобиля (см. [6] рис.81 на стр. 123) использованы для построения вероятностной диаграммы усталости - семейства кривых усталости равной вероятности неразрушения. При испытаниях доведено до разрушения 24 детали. Результаты испытаний точками нанесены на график (рис.3). Неварьирующие характеристики сопротивления усталости деталей в виде параметров уравнения (1) и параметры функции нормального распределения значений предела выносливости определены с использованием компьютера:

$$Q = 7,07 \cdot 10^7 \text{ МПа} \cdot \text{цикл}, \quad \bar{\sigma}_R = 105 \text{ МПа},$$

$$v_0 = 67,2 \text{ МПа}, \quad S_R = 26,9 \text{ МПа}.$$

Доверительные интервалы, найденные с доверительной вероятностью 0,95, для среднего значения предела выносливости равны 93.....117 МПа, а для среднеквадратичного отклонения равны 20,8.....38,3 МПа.

Кривые усталости равной вероятности неразрушения в диапазоне  $P$  от 0,5 до 0,99 нанесены на график (рис.3). При построении кривых использовано уравнение (1) с найденными значениями  $Q$  и  $v_0$ , а так же частные значения предела выносливости, соответствующие фиксированным значениям вероятности неразрушения  $P$ :

$$\sigma_{RP} = \bar{\sigma}_{Rmin} - t \cdot S_{Rmax} \quad (t \geq 0),$$

где  $t$  - квантиль нормального распределения при вероятности неразрушения  $P$ .

Отметим, что информация, полученная при усталостных испытаниях с использованием экспериментально - аналитического метода является основной при вероятностных расчетах ресурса деталей машин при регулярном и нерегулярном циклическом нагружении.

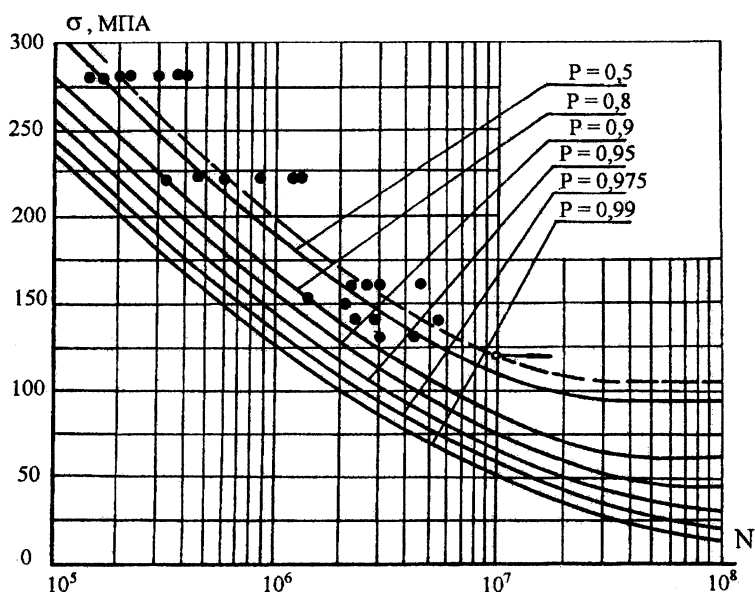


Рис. 3. Зависимость числа циклов до разрушения от величины напряжения для вторичного вала коробки передач

**Литература.** 1. Почтенный Е.К. К теории усталости металлов.- Прочность металлов при циклических нагрузках.- М.: Наука,1967,С.14 – 20. 2. Почтенный Е.К. Оценка циклической прочности деталей машин.- Вестник машиностроения, 1969, №9, С.11 – 15. 3. Почтенный Е.К. Прогнозирование долговечности и диагностика усталости деталей машин.- Мн.: Наука и техника,1983, 246 с., ил. 4. Почтенный Е.К. Анализ экспериментально-аналитического метода усталостных испытаний. – Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2000,№9, С.53 – 56. 5. Журавель А.И., Почтенный Е.К., Щурин К.В., Матусевич В.И. Оценка долговечности рам тракторных прицепов.- Вести АН БССР, серия физ.- техн. наук, 1987, №3, С.6 – 12. 6. Гольд В.В., Оболенский Е.П., Стефанович Ю.Г., Трофимов О.Ф. Основы прочности и долговечности автомобиля.- М.: Машиностроение,1967, 212 с.,ил.

УДК 621.001.2:621.833

**К.И. Заблонский, С.С. Гутыря**

## **ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СИСТЕМНОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПРОЕКТИРУЕМЫХ МАШИН**

*Одесский национальный политехнический университет  
Одесса, Украина*

*Квалиметрия* - быстро развивающаяся область науки, предметом которой являются количественные методы оценки и управления качеством разнообразной продукции общественного производства. Актуальность соответствующих научных исследований обусловлена прежде всего негативными последствиями одностороннего подхода к проектированию и производству промышленной продукции на основе критерия минимальных затрат при фиксировании достигнутых уровней других, не менее важных для потребителя, признаков качества изделия [1, 2].

За последние 15 лет в промышленно-развитых странах ассортимент продукции машиностроения увеличился более чем в 4 раза, ее сложность по числу составляющих деталей и узлов - удвоилась, период освоения производства новых моделей равен 2...3 года, а цикл обновления сократился до 7...10 лет. В современных экономических условиях только предложение изделий лучшего качества при одинаковых с конкурентами либо даже повышенных ценах обеспечивает устойчивый сбыт и расширенное производство. Следствием отмеченных процессов является:

- смещение приоритетов при управлении качеством изделия на протяжении жизненного цикла ЖЦ с этапа изготовления И на этап проектирования Пр, что существенно повышает его значимость и удлиняет период  $L'$  (рис. 1);

- интенсивная разработка компьютерных технологий CAD/CAM, включающих модули имитационного моделирования и оптимального проектирования.

Эффективность отмеченных процессов непосредственно определяется обоснованностью и состоятельностью базовых квалиметрических положений:

- критериями качества, т. е. “что оценивать?”;
- соответствующими технологиями - “как оценивать?”.

Для научного обеспечения технологий изделий системной сложности необходимо формализовать решение следующих задач: 1 - сформировать исходное множество признаков качества изделия  $X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , все элементы которого зависят от управляемых параметров проектирования и доступны для метрологического контроля на последующих этапах