

## ЛИТЕРАТУРА

1. Усталостные испытания на высоких частотах нагружения /Под ред. Кузьменко В. А.- Киев.: Наукова думка.- 1979.
2. Dovgyallo I., Tsaruck F., Dolbin N., Dovgyallo A. Estimation of influence of frequency of flexural vibrations of structural sensitive characteristics of 20x13 steel // The 4Th. International Symposium on Creep and Coupled Processes. Bialostok, 1992.- P.57-63.

УДК 621.185.532

И.Г.Довгялло, доц.;  
 С.Е.Бельский, доц.;  
 Ф.Ф.Царук, ст.преп.;  
 А.Г.Капсаров, н.с.

**РАЗРАБОТКА ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЧАСТОТНОЙ  
 ЗАВИСИМОСТИ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ  
 МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗНЫХ СХЕМАХ  
 НАГРУЖЕНИЯ**

The results of experimental and theoretical study of the amplitude frequency parameters influence on the fatigue durability characteristics of the M1 copper, D16 aluminium alloy, 40X; and Ст 10 steel samples are represented.

Повышение надежности работы лесозаготовительного оборудования, имеющего гидроприводы, работающие в условиях сложного напряженного состояния, приводит к необходимости проведения большого количества усталостных испытаний. Проведенные исследования [1] показали перспективность использования для этих целей колебаний высоких частот, позволяющих за короткий промежуток времени обеспечить наработку значительного числа циклов нагружения. Однако отличие характеристик циклической прочности при низких и высоких частотах испытаний требует установления научно-обоснованных корреляционных зависимостей между схемой, параметрами нагружения и структурно-чувствительными свойствами металлов и сплавов.

Полученные нами экспериментальные результаты [2] позволяют констатировать, что основные признаки накопления усталостной повреждаемости в диапазоне частот 100 Гц - 20 кГц сохраняются. Таким образом, доказывается существование единой физической природы процесса усталостного разрушения металлов и сплавов при действии высоких и низких частот и установлена принципиальная возможность проведения ускоренных усталостных испытаний.

Для научного обоснования методики ускоренных испытаний необходимо выявление причин количественного различия характеристик усталости, полученных при разных частотах нагружения и в определении пределов низкочастотной выносливости по результатам высокочастотных испытаний. С этой целью осуществлен теоретический анализ частотной зависимости эволюции дислокационной структуры на первом этапе развития процесса усталостной повреждаемости в условиях сочетания статической и циклической нагрузок. Учитывая, что наряду с движением дислокаций на развитие процесса деформации значительное влияние оказывает их размножение, взаимодействие и поведение в больших ансамблях, использована модель Франка-Рида, в которой предложен механизм размножения дислокаций [3] с введением поправки, показывающей влияние дополнительного статического нагружения. Уравнение, моделирующее анализируемый процесс, может быть представлено в виде

$$A \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} + B \frac{\partial \zeta}{\partial t} - C \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2} = b \sigma \sin \omega t + \sigma_1 b,$$

где

$$C = \frac{2b^2}{(1-\nu)} - \text{масса единицы длины дислокации; } \rho - \text{плотность материала; } b - \text{вектор Бюргерса; } B - \text{коэффициент вязкого трения;}$$

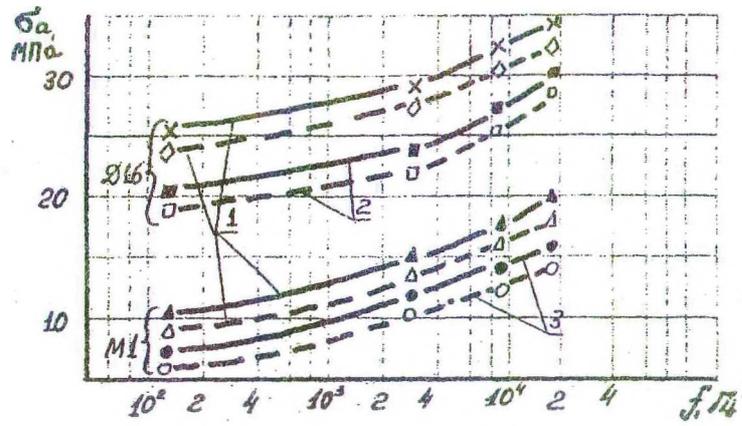
$$A = \frac{\rho b^2}{\pi} - \text{коэффициент натяжения выгнутой дислокации; } \nu - \text{коэффициент Пуассона; } \omega - \text{частота нагружения; } \sigma -$$

амплитуда знакопеременной нагрузки;  $\sigma_1$  - величина статической гидростатической нагрузки;  $\zeta$  - величина смещения дислокации из положения равновесия.

Решение данного уравнения, проведенное с использованием интегральных преобразований Лапласа, позволило определить критическую величину знакопеременного напряжения  $\sigma_{кр.}$ , при которой источник начинает генерацию дислокаций и тем самым происходит развитие процесса усталостного разрушения материала

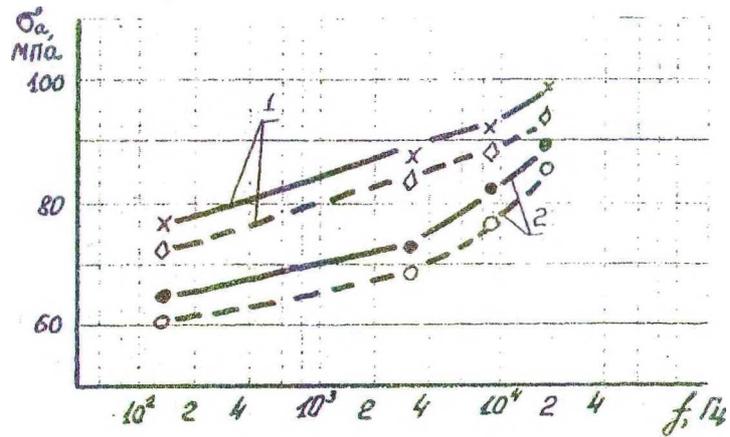
$$\sigma \geq \left[ \langle \zeta \rangle - \frac{\sigma_1 l^2}{2Gb} \frac{\pi}{3} (1-\nu) \right] \left[ \frac{1 + \frac{\omega^2 B^2 l^4}{4G^2 l^2}}{\pi(1-\nu) l^2} 3Gb \right] \left[ 1 + \frac{4\pi B l^2}{Gb^2} \right]$$

где  $l$  - длина дислокационного сегмента;  $G$  - упругий модуль сдвига;  $t$  - линейная частота;  $\langle \zeta \rangle$  - характерное среднее смещение дислокационного сегмента, кратное по величине нескольким длинам дислокационного сегмента.



1- $\sigma_3^{cr}=0$ ; 2- $\sigma_3^{cr}=50$  МПа; 3- $\sigma_3^{cr}=30$  МПа

а)

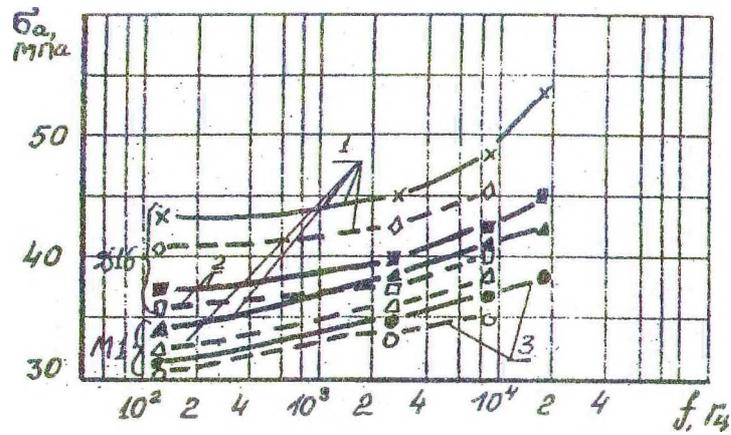


1- $\sigma_3^{cr}=0$ ; 2- $\sigma_3^{cr}=136$  МПа;

б)

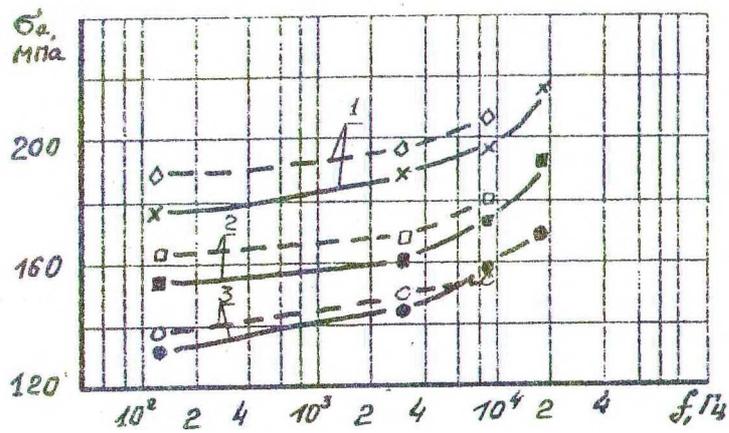
Рис. 1. Сопоставление экспериментальных пороговых напряжений с критическими напряжениями, определенными теоретически для меди М1 и сплава Д16 (а) и стали 40Х (б):

————— результаты эксперимента;  
 - - - - - теоретические кривые



1- $\sigma_{cr}=0$ ; 2- $\sigma_{cr}=50$  МПа; 3- $\sigma_{cr}=30$  МПа

а)



1- $\sigma_{cr}=0$ ; 2- $\sigma_{cr}=68$  МПа; 3- $\sigma_{cr}=136$  МПа

б)

Рис. 2. Экспериментальные и прогнозируемые пределы выносливости меди М1 и сплава Д16 (а) и стали 40Х (б):

———— результаты эксперимента;

----- теоретические кривые

Данное уравнение описывает начальную стадию работы источника. Характерно, что уменьшение частоты напряжения приводит к величине  $\sigma_{кр.}$ , характерной для статической нагрузки.

Выполненные теоретические и экспериментальные исследования позволили предположить, что величина  $\sigma_{кр.}$  практически соответствует напряжениям, ниже которых не отмечается необратимых изменений структурно-чувствительных свойств материалов при неограниченно больших базах испытаний. Данные напряжения названы пороговыми напряжениями  $\sigma_a^n$ . Превышение их приводит к ускоренному размножению дислокаций с образованием характерной ячеистой структуры, уменьшению размеров блоков и росту микротвердости материалов.

Возрастание частоты приводит к увеличению пороговых напряжений, ускоряющемуся в диапазоне 9-18 кГц, причем для исследованных материалов (стали 10 и 40Х, медь М1, сплав Д16) зависимости носят качественно одинаковый характер, в том числе и при дополнительном статическом нагружении. Для подтверждения справедливости предложенной модели проведено сопоставление (рис.1) расчетных критических и экспериментальных значений пороговых напряжений, определенных, например, по изменению микротвердости материалов. Теоретические кривые расположены ниже экспериментальных, что связано с рядом структурных факторов, особенностями проведения эксперимента и допущениями, принятыми при разработке данной модели. Это касается потерь на диссипацию энергии за счет внутреннего трения, имеющего место в испытываемой среде.

Учитывая, что кривые пороговых напряжений и пределов выносливости материалов располагаются в исследованном диапазоне частот и величин статического нагружения практически эквидистантно, открывается возможность физически обоснованного прогнозирования характеристик низкочастотной усталостной прочности по результатам высокочастотных испытаний.

На рис.2 представлены результаты сопоставления экспериментальных пределов выносливости с прогнозируемыми, определенными в соответствии с изложенной в работе [4] методикой.

Полученные результаты показывают, что более высокая точность прогноза достигается у материалов, имеющих меньшее число примесей и упрочняющих фаз. Наличие асимметрии цикла (при различных величинах внутреннего давления) не увеличивает погрешности прогноза. Таким образом, использование разработанной модели и метода прогнозирования обеспечивает достаточно точное определение низкочастотной усталости по результатам высокочастотных испытаний, что позволяет значительно сократить их продолжительность, трудо- и энергоемкость.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Матохнюк Л.Е. Ускоренные усталостные испытания высокочастотным на грузением. - Киев: Наукова думка. - 1988.
2. Dovgyallo I., Tsaruck F., Dolbin N., Dovgyallo A. Estimation of influence of flecuency of flexural vibrations of structural sensitive characteristics of 20x13 steel // The 4Th. International Symposium on Creep and Coupled Processes. Bialostok, 1992. - P.57-63.
3. Чишко К.А., Нацик В.Д. ФТТ, 1975, т.17, №1, с.348-353.
4. Довгялло И.Г., Капсаров А.Г., Бельский С.Е. Прогнозирование низкочастотной циклической прочности сложнагруженных элементов трубопроводов по результатам высокочастотных испытаний. // Труды БГТУ, вып. 5. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. - Мн., 1997, с.84-88.

УДК 621.785.532

А.И. Сурус, ассистент;  
 А.И. Пыжик, студент;  
 П.В. Боровский, студент

### **ПОВЫШЕНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ЛЕСНЫХ МАШИН ПУТЕМ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ**

Data dealing with the influence of hingfrecuence mechanical vibrations during surface strenghening of 40X and 38X2MЮA steels on strength in the cyclic bending have been given.

Одной из актуальных проблем, связанных с повышением эффективности технологических процессов в лесозаготовительной области, является повышение эксплуатационной надежности лесных машин. Актуальность этой проблемы подтверждается прежде всего тем, что лесозаготовительные работы отличаются своей энергоемкостью. Физический труд в данной области является малопроизводительным. Повышение производительности достигается прежде всего использованием в технологических процессах надежных и эффективных машин и механизмов.

В свою очередь, надежность и долговечность лесных машин во многом определяются особыми условиями их работы, существенно отличающимися от условий работы подобной техники в других условиях (сельском хозяйстве, транспорте и т.д.); особенностями организации технического обслуживания, ремонта и хранения, не всегда позволяющими на практике своевременно и качественно выполнять требования, регламентированные технической документацией.