

В. Е. Вихров, И. Г. Довгялло, Н. А. Долбин

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ СЛОЖНОМ НАГРУЖЕНИИ

Положительные качества древесины обуславливают ее широкое применение во всех отраслях народного хозяйства.

В условиях эксплуатации многие детали современных конструкций и изделий из древесины, кроме статических нагрузок, очень часто подвергаются воздействию различных факторов: динамическим нагрузкам, температурам, давлениям, вибрациям и т. д.

Несмотря на большую работу по методам испытаний (ГОСТ 11483—65÷ГОСТ 11499—65), проведенную к настоящему времени, условия работы различных деталей в значительной степени отличаются от условий существующих лабораторных исследований, вследствие чего имеет место несоответствие между их действительной и расчетной прочностью.

В связи с внедрением электронных счетно-решающих устройств конструкторы получили возможность проводить точные расчеты прочности деталей с минимальным коэффициентом запаса прочности. Но для этого нужны точные данные по механическим свойствам древесины, находящейся в различных условиях нагружения. Кроме того, знание физико-механических свойств древесины при влиянии на нее различных факторов крайне необходимо для изыскания новых способов обработки и новых областей применения древесины, как машиностроительного материала.

Поэтому разработка новых методик и оборудования для изучения физико-механических свойств древесины в условиях сложного нагружения является важной научной и практической задачей. Перспективным в этом направлении можно считать применение ультразвука, создающего в образце высокочастотные циклические напряжения в совокупности с различными статическими нагрузками.

К настоящему времени известны некоторые работы по применению ультразвука для исследований свойств древесины. В основном эти работы ограничиваются определением динамического модуля упругости E с использованием при этом известного соотношения:

$$C = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

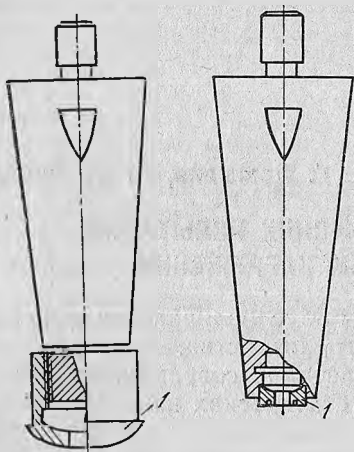


Рис. 1. Концентраторы конической формы.

1 — гайка, прижимающая образец к концентратору.

Для проведения исследований при статических испытаниях в ультразвуковом поле нами были разработаны и предложены специальные установки.

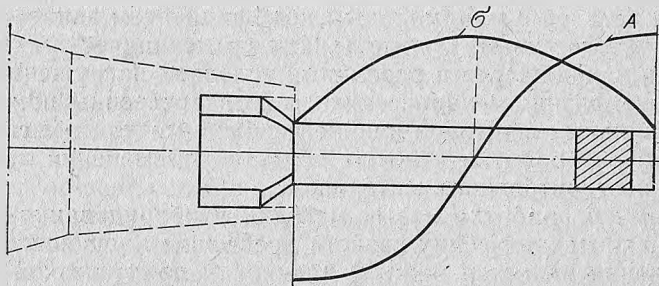


Рис. 2. Форма образцов.

σ — напряжения; A — амплитуда колебаний.

Для возбуждения в образцах циклических нагрузок ультразвуковой частоты мы применили ультразвуковой генератор УЗГ-10-22 с магнитострикционным преобразователем ПМС 15А-18 и сменными концентраторами энергии конической формы из алюминиевого сплава (рис. 1).

Образцы при помощи гайки плотно прижимались к концентратору. Форма и размеры образцов соответствовали ГОСТу и рекомендациям СЭВ и представлены на рис. 2.

где C — скорость распространения ультразвуковых колебаний в древесине.

ρ — плотность древесины.

Ультразвуковая дефектоскопия — один из методов неразрушающего контроля — также находит применение при контроле древесностружечных плит и пиломатериалов.

В настоящей работе сделана попытка исследовать изменение физико-механических свойств древесины в процессе статического сжатия, статического и ударного изгиба с одновременным наложением ультразвуковых колебаний, а также определить усталостную прочность ее при циклической нагрузке ультразвуковой частоты вдоль волокон.

Вся колебательная схема состояла из резонансных элементов (преобразователь — концентратор — образец) и работала в режиме стоячей волны с частотой 17,6 кГц.

Для испытаний образцов из древесины в условиях сложного напряженного состояния, представляющего собой совместное действие сосредоточенной ударной нагрузки и продольных ультразвуковых колебаний, было предложено устройство, показанное на рис. 3.

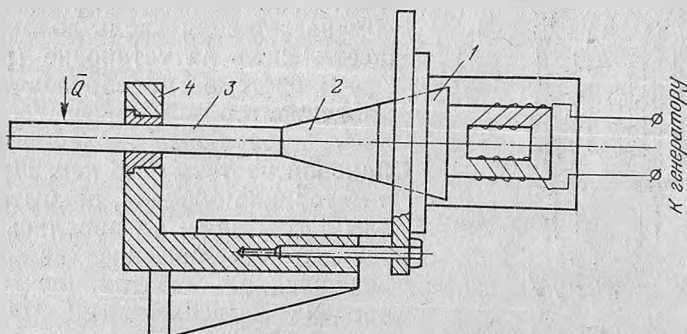


Рис. 3. Устройство для испытаний образцов древесины на ударный изгиб.

1 — преобразователь; 2 — концентратор; 3 — образец; 4 — стойка;
 $\bar{Q}$ — сосредоточенная ударная сила.

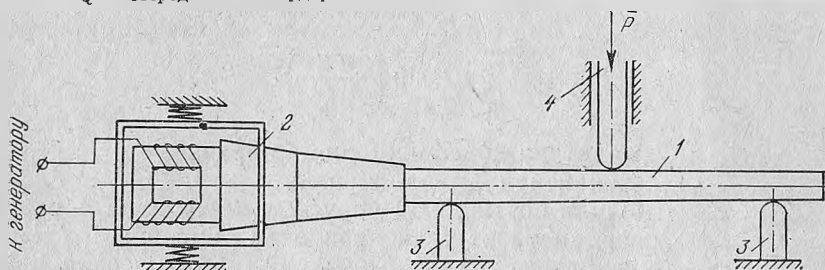


Рис. 4. Схема испытания на изгиб.

1 — образец; 2 — концентратор; 3 — опоры; 4 — пуансон; $\bar{P}$ — постоянная, изгибающая сила.

Продольные ультразвуковые колебания от преобразователя 1, усиливаясь концентратором 2, передавались на образец 3.

Образец одним концом крепился в концентратор и опирался на стойку 4 в узле колебаний. Одновременно с действием циклической нагрузки к образцу прикладывалась сосредоточенная ударная сила.

Данное устройство монтировалось на модернизированный копер МК-30.

Испытания на изгиб при одновременном действии ультразвуковых колебаний, проводились по схеме, показанной на рис. 4.

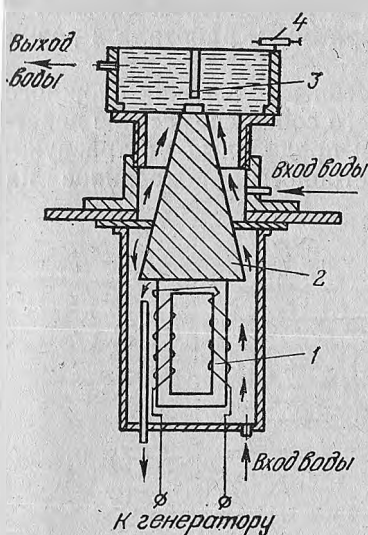


Рис. 5. Установка для определения усталостной прочности древесины.

1 — преобразователь; 2 — концентратор; 3 — образец; 4 — микроскоп.

Образец 1, к которому подводились продольные ультразвуковые колебания от концентратора 2, опирался на опоры 3. При помощи пуансона 4 к образцу в узле колебаний прикладывалась постоянная изгибающая сила P .

Определение усталостной прочности древесины при ультразвуковом нагружении вдоль волокон осуществлялось на установке (рис. 5).

В системе преобразователь — концентратор — образец возбуждались продольные колебания резонансной частоты 17,6 кгц. При этом в материале образца, покрытом тонким слоем лака, развивались значительные механические напряжения растяжения — сжатия, достигающие предела выносливости. Максимум этих напряжений находился в узле колебаний. Измеряя амплитуду колебаний торца образца, рассчитывались напряжения в сечении по длине образца по формуле:

$$\sigma = \pm 2A_0 \frac{\pi}{l_p} E \sin \left(\frac{\pi x}{l_p} \right) \cdot e^{i\omega t} \cdot n,$$

где A_0 — амплитуда колебаний торца образца;

l_p — резонансная длина образца;

E — модуль нормальной упругости материала образца;

x — координата от узла крепления образца;

$e^{i\omega t}$ — множитель, характеризующий гармонический закон изменения мгновенных величин;

n — коэффициент усиления.

В опасном сечении максимальные напряжения были равны:

$$G_{\max} = \pm 2KEA_0,$$

где $K = \frac{2\pi f}{C}$ — волновое число;

f — частота колебаний;

C — скорость звука в материале образца.

Предел прочности древесины при сжатии вдоль волокон с наложением ультразвуковых колебаний определялся на модернизированной машине УММ-5 (рис. 6).

Ультразвуковые колебания различной интенсивности передавались на образец с размерами $20 \times 20 \times 30$ мм, который опирался на специальное устройство, позволяющее передавать нагрузки вдоль продольной оси образца. Статическое нагружение производилось с различными скоростями. Испытания проводились до разрушения образца.

Модернизация установок позволила производить испытания при различных схемах нагружения. Это дало возможность, кроме усталостных испытаний, исследовать механические свойства древесины как при одной статической нагрузке (с выключенным генератором), так и при

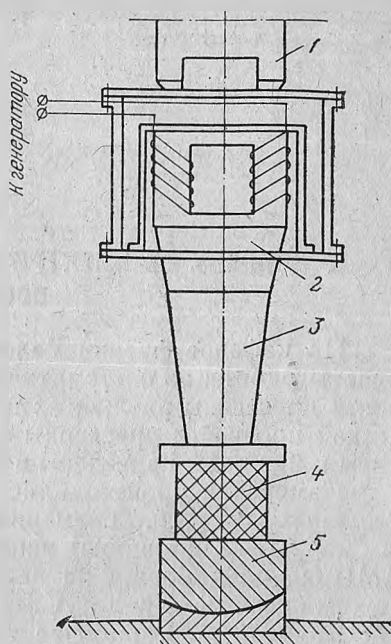


Рис. 6. Установка на базе машины УММ-5.

1 — захват машины; 2 — преобразователь ПМС15А-18; 3 — концентратор; 4 — образец; 5 — опорное устройство.

сложном нагружении: статической нагрузке с наложением ультразвуковых колебаний (с включенным генератором).

Выводы

1. Разработана методика исследования физико-механических свойств древесины при одновременном действии на нее статических и циклических нагрузок ультразвуковой частоты.

2. На базе разработанной методики осуществлена модернизация испытательных машин, что позволяет получать качественную и количественную оценку изменения физико-механических свойств древесины при наложении ультразвуковых колебаний на процесс статических испытаний.

3. Использование ультразвуковых колебаний при испытании древесины создает эффективный метод испытания, во многом отражающий действительные условия работы детали.

4. Применение высокочастотных усталостных установок дает возможность значительно сократить время проведения экспериментов и вести испытания на базах, измеряемых миллиардами циклов нагружения.

5. Использование ультразвуковых колебаний дает возможность интенсифицировать некоторые способы обработки древесины.