

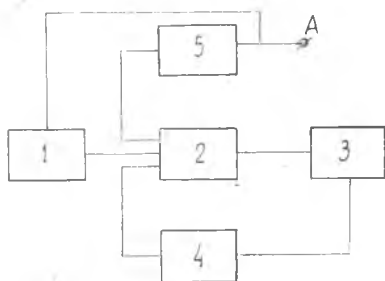
Б. А. Лавров, В. И. Иванченко, В. Т. Тимшин

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПРОГРАММНЫХ НАГРУЗКАХ С ПЕРЕМЕННОЙ ЧАСТОТОЙ

За последнее время широкое распространение получила практика замены испытаний при случайном нагружении стендовыми испытаниями при программных нагрузках. При этом сложный процесс случайного нагружения с широким диапазоном частот заменяется программным нагружением с некоторой постоянной частотой. Такая замена возможна только в том случае, когда изменение частоты не оказывает заметного влияния на результаты испытаний.

В связи с этим в предлагаемой работе ставится задача исследования влияния характера изменения частоты программного нагружения на долговечность образцов. Приводятся результаты экспериментальных исследований, которые сопоставлены с данными испытаний при случайном нагружении [1].

1. Экспериментальная установка, блок-схема которой показана на фиг. 1, состоит из блока



Фиг. 1. Блок-схема экспериментальной установки

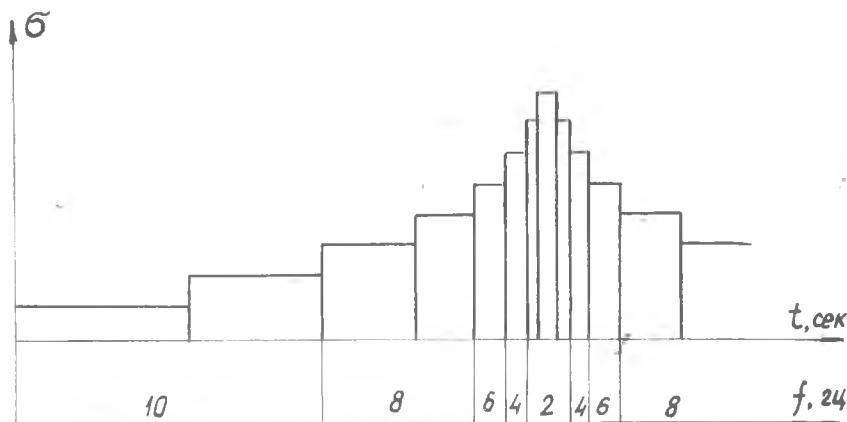
переменного коэффициента 1, служащего для набора функции изменения частоты, величины и продолжительности нагрузки; системы автоматического регулирования 2 величины нагрузки и ее среднего значения (в системе использовалась АВМ МН-7); исполнительного устройства 3; контрольно-измерительной аппаратуры 4; генератора переменной частоты 5, имеющего вход А для функции изменения частоты. Ис-

полнительное устройство и контрольная аппаратура такие же, как и в установке, описанной в [1].

На данной экспериментальной установке были проведены два типа испытаний: 1) испытания с качающейся частотой; 2) испытания с программным изменением частоты.

Для обоих видов испытаний были выбраны 8 ступеней изменения амплитуды. Длительность блока программы равнялась 104 сек.

При программных испытаниях с качающейся частотой использовался диапазон изменения частот 1—10 гц. Частота линейно



Фиг. 2. Программа изменения частоты и амплитуды

возрастала от 1 до 19 гц и линейно падала от 10 до 1 гц. Период этих изменений равнялся 101 сек.

Таким образом, в процессе испытаний, из-за различия в длительности качания частоты и блока программы, частота в ступенях с одинаковыми амплитудами следующих друг за другом блоков была различной.

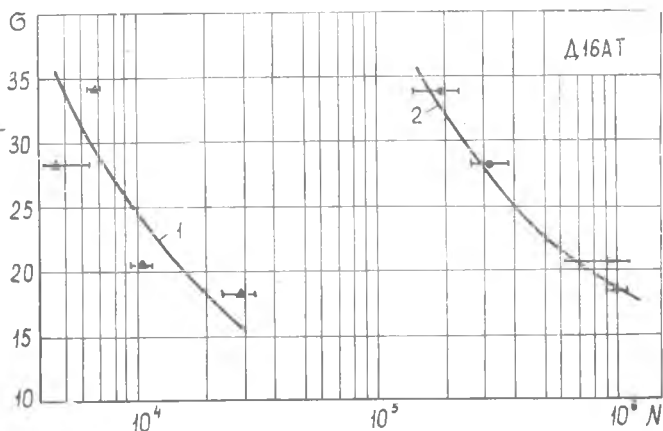
При программных испытаниях с программным изменением частоты последняя изменялась от 2 до 10 гц. Длительность отдельного блока программы изменения частоты равнялась 104 сек. Были выбраны 5 ступеней для программного изменения частоты. На фиг. 2 показаны программы изменения амплитуды и частоты. Здесь, как и в реальных процессах, более низким частотам соответствуют большие амплитуды.

2. На экспериментальной установке испытывались плоские образцы из Д16АТ и 30ХГСА с концентратором в виде отверстия [1].

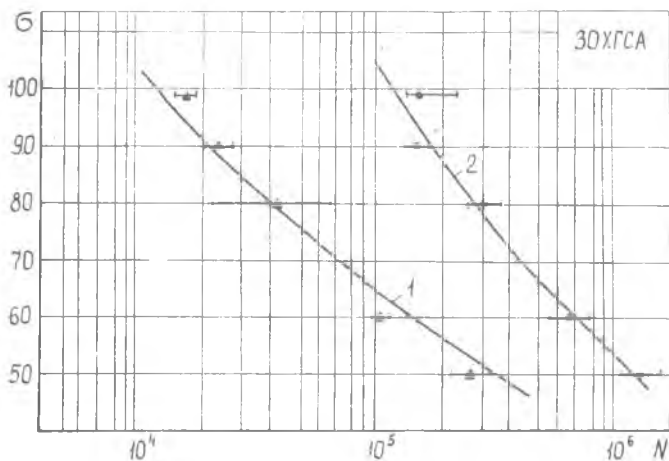
Программа составлялась на основании обработки записей случайного нагружения методом подсчета максимальных пик случайной нагрузки между двумя последовательными точками пересечения кривой нагружения нулевого уровня [2]. Максимальная амплитуда симметричного программного блока принималась равной трем

среднеквадратичным отклонениям случайной нагрузки. Были выбраны четыре уровня максимальной амплитуды блока программы. На каждом уровне испытывались 6 образцов.

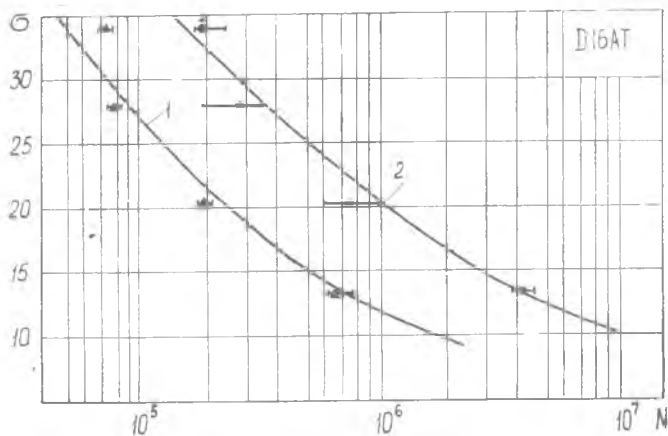
Результаты испытаний статистически обработаны, исходя из логарифмически нормального закона распределения долговечности. Обработка производилась как по моменту появления видимой трещины, так и по разрушению. Кривые усталости аппроксимировались уравнениями $\sigma^m N = A$ для Д16АТ и $(\sigma - \sigma_{-1})^m N = A$ для 30ХГСА. Оценки параметров m и A вычислялись на ЭЦВМ.



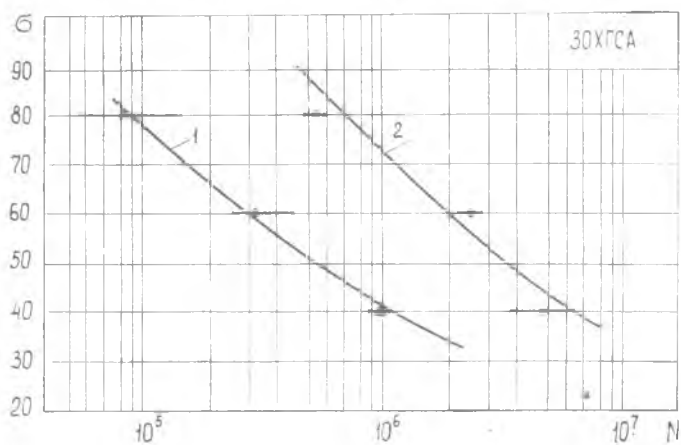
Фиг. 3. Кривые усталости образцов из Д16АТ при качающейся частоте (1 — появление трещины, 2 — разрушение)



Фиг. 4. Кривые усталости образцов из 30ХГСА при качающейся частоте (1 — появление трещины, 2 — разрушение)



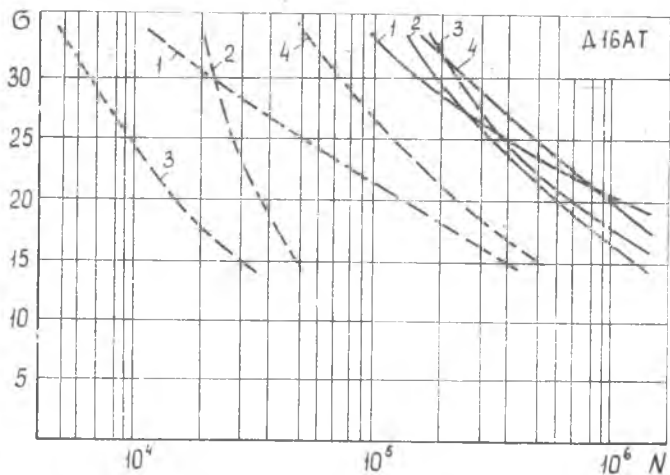
Фиг. 5. Кривые усталости образцов из Д16АТ при программном изменении частоты (1 — появление трещины, 2 — разрушение)



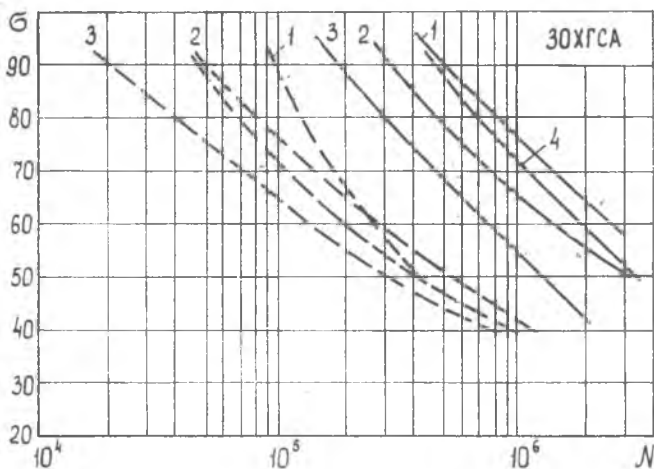
Фиг. 6. Кривые усталости образцов из 30ХГСА при программном изменении частоты (1 — появление трещины, 2 — разрушение)

«Урал-2» методом наименьших квадратов. Значение предела выносливости для 30ХГСА, равное $20 \frac{\text{даи}}{\text{мм}^2}$, взято из работы [1]. На фиг. 3 и 4 показаны кривые усталости при качающейся частоте, а на фиг. 5 и 6 — при программном изменении частоты.

3. Результаты испытаний образцов при программном нагружении с переменной частотой сравнивались с данными испытаний при случайном нагружении и при программном нагружении с



Фиг. 7. Кривые усталости образцов из Д16АТ при различных нагрузках (1 — случайная, 2 — программная с постоянной частотой, 3 — качающаяся частота, 4 — программное изменение частоты)



Фиг. 8. Кривые усталости образцов из 30ХГСА при различных нагрузках (1 — случайная, 2 — программная с постоянной частотой, 3 — качающаяся частота, 4 — программное изменение частоты)

постоянной частотой (10 гц). Кривые усталости образцов при случайных и программных нагрузках с постоянной частотой взяты из работ [1, 2].

Сравнение результатов эксперимента удобно проводить, если кривые усталости для соответствующих нагрузок размещены на

одном графике. На фиг. 7 и 8 показаны кривые усталости ($P=50\%$) по моменту появления трещины (пунктирные линии) и по разрушению (сплошные линии).

Из рассмотрения фиг. 7 видно, что характер нагружения существенно влияет на момент появления трещины в образцах из Д16АТ. Самое раннее появление трещины отмечено для программных нагрузок с качающейся частотой, а самое позднее — при нагрузке с программной частотой.

Для образцов из 30ХГСА (фиг. 8) при высоких уровнях напряжений наблюдалась аналогичная картина, но с уменьшением уровня напряжений влияние характера процесса нагружения на момент появления трещины падало. Следовательно, для материалов, имеющих физический предел выносливости, влияние характера нагружения в выбранном диапазоне частот зависит от уровня напряжения.

Для Д16АТ скорость развития трещины также зависит от вида нагружения. Наиболее быстро трещина развивается при нагрузках с программным изменением частоты. Анализ процесса развития трещины для 30ХГСА показал, что при всех видах нагружения наблюдается примерно одинаковая скорость развития трещины. Таким образом, для образцов из 30ХГСА скорость развития трещины мало зависит от характера нагружения.

Сравнение кривых усталости по разрушению показывает, что долговечность образцов из Д16АТ не зависит существенно от вида нагружения. Для образцов же из 30ХГСА долговечность зависит от вида нагружения. Так, наименьшая долговечность наблюдалась при программном нагружении с качающейся частотой.

ВЫВОДЫ

1. Характер процесса нагружения для образцов из Д16АТ существенно влияет на момент появления усталостной трещины при всех уровнях напряжения, а для образцов из 30ХГСА — лишь при высоких.

2. Характер процесса нагружения влияет на долговечность образцов из 30ХГСА, в то время как долговечность образцов из Д16АТ почти не зависит от вида нагрузки.

3. Кривые усталости всех рассмотренных программных нагрузок для образцов из Д16АТ близки к кривой усталости при случайном нагружении, а для 30ХГСА — к этой кривой наиболее близка кривая усталости при программном изменении частоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Х. С. Хазанов, Б. А. Лавров, В. И. Иванченко, М. А. Петровичев. Исследование влияния формы спектральной плотности стационарной случайной нагрузки на усталостную прочность образцов из сплава Д16АТ и стали 30ХГСА. Труды КуАИ, вып. 29, 1967.

2. Б. А. Лавров. Сравнительная оценка усталостной прочности при случайных и программных нагрузках. Статья помещена в настоящем сборнике.