

УДК 539.43

Бондарь А.В.

Научный руководитель: доцент, к.т.н. Семенюк С.М.

## МЕТОДИКА РАСЧЁТА ПРЕДЕЛА УСТАЛОСТИ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ В УСЛОВИЯХ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ

В местах изменения формы и размеров деталей машин и строительных конструкций возникают значительные местные напряжения, существенно превышающие номинальные напряжения, то есть напряжения, вычисленные в предположении отсутствия возмущения напряжённого состояния. Явление возникновения местных напряжений называется концентрацией напряжений, а причина, вызывающая концентрацию – отверстие или выточка – концентратором напряжений.

Существенное влияние оказывает концентрация напряжений на сопротивление усталости при циклическом нагружении. Для оценки влияния концентрации напряжений при циклическом нагружении были получены кривые усталости образцов из сплава Д16АТ (рисунок 1), а также кривые усталости того же сплава в условиях концентрации напряжений (рисунок 2). Кривая усталости образцов из сплава АМгб, а также кривая усталости того же сплава в условиях концентрации напряжений при нулевом нагружении представлены на рисунке 3. Концентратором напряжений служило круглое отверстие по оси образца. Теоретический коэффициент концентрации составлял  $\alpha_\sigma = 2,73$  для сплава Д16АТ и  $\alpha_\sigma = 2,3$  – для сплава АМгб.

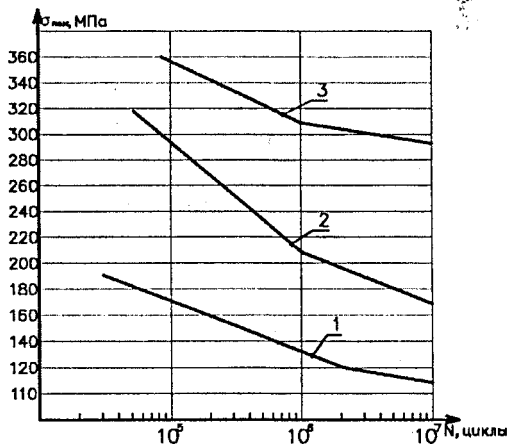


Рисунок 1 – Кривые усталости сплава Д16АТ: 1 –  $R = -1$ ; 2 –  $R = 0$ ; 3 –  $R = 0.5$

Влияние концентрации напряжений при циклическом нагружении оценивается эффективным коэффициентом концентрации напряжений при постоянной асимметрии цикла:

$$K_\sigma = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{max,k}}, \quad (1)$$

где  $\sigma_{max}$  и  $\sigma_{max,k}$  – максимальное напряжение цикла для гладких и образцов с концентратором напряжений при одинаковых значениях асимметрии цикла  $R$  и долговечности  $N$ .

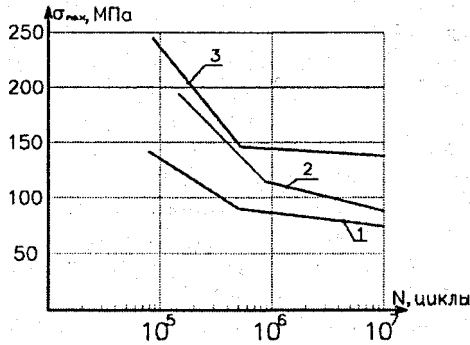


Рисунок 2 – Кривые усталости сплава Д16АТ в условиях концентрации Напряжений при  $\alpha_s = 2.73$ : 1 –  $R = -1$ ; 2 –  $R = 0$ ; 3 –  $R = 0.5$

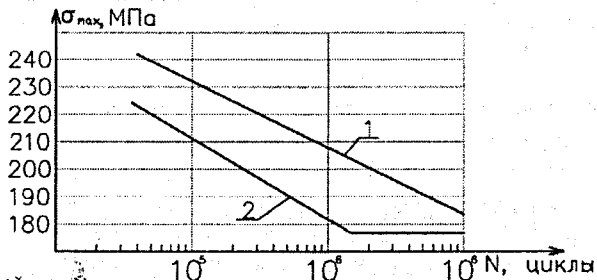


Рисунок 3 – Кривые усталости сплава АМг6 при  $R = 0$ :  
1 – для гладких образцов; 2 – образцов с концентратором напряжений  $\alpha_s = 2.3$

Зависимость эффективного коэффициента концентрации напряжений от долговечности для сплава Д16АТ представлена на рисунке 4.

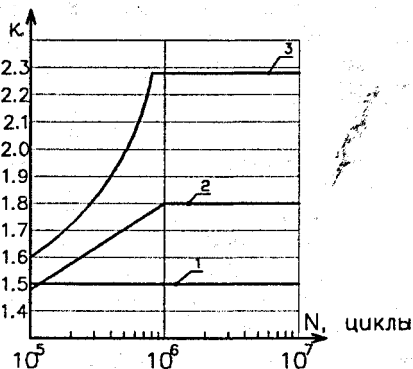


Рисунок 4 – Зависимости эффективного коэффициента концентрации напряжений  $K_s$  от долговечности до разрушения для сплава Д16АТ: 1 –  $R = -1$ ; 2 –  $R = 0$ ; 3 –  $R = 0.5$

Эффективный коэффициент  $K_c$  с увеличением долговечности возрастает, причём в области долговечности  $10^6+10^7$  циклов его значения стабилизируются, не достигая, однако, значения теоретического коэффициента концентрации напряжений. Аналогичный вид зависимости эффективных коэффициентов концентрации напряжений от долговечности представлен в [1]. Исключение составляет лишь нагружение симметричными циклами, когда с ростом долговечности эффективный коэффициент практически не изменяется. Значения эффективных коэффициентов для долговечностей около  $10^5$  циклов для различных асимметрий цикла нагружения практически совпадают со значениями эффективных коэффициентов при нагружении симметричными циклами. Для сплава Д16АТ установлено, что эффективный коэффициент с ростом асимметрии цикла возрастает, приближаясь к теоретическому значению коэффициента концентрации напряжений.

Полученные в результате исследований закономерности позволили предложить зависимость, которая связывает предел выносливости гладких образцов и составляющие цикла предела выносливости образцов с концентратором напряжений для одной и той же асимметрии цикла нагружения и может использоваться для вычисления предела выносливости при любой асимметрии цикла нагружения в том числе в условиях концентрации напряжений.

$$\sigma_{\max} = a\sigma_{ak} + \alpha\sigma_m, \quad (2)$$

где  $a$  – значение эффективного коэффициента концентрации напряжений  $K_c$  при симметричном цикле нагружения для любых долговечностей, либо при несимметричном цикле – для долговечности  $10^5$  циклов;  $\sigma_{ak}$  – амплитуда и  $\sigma_m$  – среднее напряжение цикла, на уровне предела выносливости в условиях концентрации напряжений.

В табл.1 представлены результаты вычисления по формуле (2) пределов выносливости сплавов Д16АТ и АМгб для различных значений асимметрии цикла нагружения по составляющим цикла предела выносливости в условиях концентрации напряжений в сравнении с их экспериментальными значениями.

Таблица 1 – Экспериментальные и вычисленные значения предела усталости алюминиевых сплавов для различных ассиметрий цикла нагружения

Марка сплава	Асимметрия цикла					
	$R=-1$		$R=0$		$R=0.5$	
	По формуле (2)	Экспериментальное значение	По формуле (2)	Экспериментальное значение	По формуле (2)	Экспериментальное значение
Д16АТ	105	110	190	170	327	300
АМгб	-	-	203	180	-	-

Погрешность вычисления по формуле (2) по сравнению с экспериментальными данными не превышает 12%.

Хорошая сходимость результатов вычислений и экспериментальных данных позволяет сделать вывод, что концентрация напряжений (на уровне пределов выносливости) наибольшее влияние оказывает на средние напряжения цикла нагружения и учитывается теоретическим коэффициентом концентрации  $\alpha$ . Влияние же концентрации напряжений на амплитудную составляющую предела выносливости значительно меньше и учитывается коэффициентом  $a = 1,5$  для сплава Д16АТ и для сплава АМгб.

Зависимость (2) может быть использована при ускоренных испытаниях указанных материалов в условиях концентрации напряжений.

## Выводы

1. Исследованы закономерности влияния концентрации напряжений на долговечность алюминиевых сплавов при циклическом нагружении. Получены зависимости эффективного коэффициента концентрации напряжений для различных значений асимметрии цикла нагружения.

2. На основе полученных в результате исследования закономерностей предложена зависимость, которая может использоваться для вычисления предела выносливости при любой асимметрии цикла нагружения, в том числе при ускоренных испытаниях.

3. Наибольшее влияние концентрация напряжений оказывает на средние напряжения цикла нагружения на уровне пределов выносливости, влияние же концентрации напряжений на амплитудную составляющую цикла значительно меньше.

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Петинов, С.В. Основы инженерных расчетов усталости судовых конструкций. – Л.: Судостроение, 1990. – 224 с.

2. Трощенко, В.Т. Сопротивление усталости металлов и сплавов / В.Т. Трощенко, Л.А. Сосновский. – Киев: Наукова думка, 1987. – 510 с.

УДК 712:796.5(476.7)

Буйко Е. М.

Научный руководитель: доцент Власюк Н. Н.

## ДЕКОРАТИВНАЯ ДОВОМЯЯ РЕЗЬБА ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ

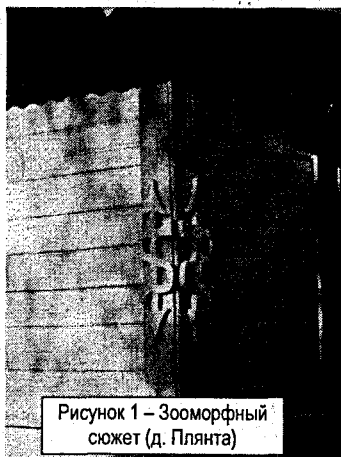


Рисунок 1 – Зооморфный сюжет (д. Плянта)

Декоративное украшение традиционного деревянного зодчества – одна из малоизученных страниц в истории белорусской культуры и архитектуры. Декор деревянных домов Беларуси является региональным вариантом распространенной с глубокой древности традиции декоративного украшения архитектурных деревянных и каменных строений.

Исходя из специфики сохранения деревянных строений в природных условиях, самые старые точно датированные существующие дома с деревянным резным декором в основном относятся к середине XIX в., наиболее старые сохранившиеся дома с резным декором в г. Ветка (Гомельская область) – к 1850-м годам [1].

В Беларуси деревянный декор наиболее распространен на юге и востоке. По мере движения с востока на запад насыщенность его уменьшается, но увеличивается использование таких декоративных средств, как шалевка, пластическое оформление конструкций, использование разноцветной окраски, побелка. В белорусском деревянном декоративном украшении выделяется несколько региональных традиций: полесская (наличие больших соляных символов на фронтоне), осиповичско-бобруйская (орнаментация на основе