

- степень загрузки каждой кассы:
касса 1 – 0,17; касса 2 – 0,12; касса 3 – 0,044; касса 4 – 0,052;
- время обслуживания заявок по каждой кассе:
касса 1 – 10,559; касса 2 – 10,100; касса 3 – 2,857; касса 4 – 3,217;
- максимальное время загрузки канала: 10,599.

Заключение

Построенное формализованное описание банка как гипертекстовой системы позволило провести виртуальный эксперимент для моделирования СМО с параллельной структурой и рассчитать оптимальный режим функционирования банковской системы. Это позволило повысить эффективность работы банка по обслуживанию клиентов на 15%.

Литература

1. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии. Учебное пособие. – М.:Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2005. – 304с.
2. Башлы П.Н. Современные сетевые технологии. Учебное пособие. – М.: «Горячая линия - Телеком». – 334с.
3. Блюмин А.М.,Феокистов Н.А. Мировые информационные ресурсы.Учебное пособие. – М.: «Дашков и К⁰». – 296с.
4. Годин В.В., Корнеев И.К. Управление информационными ресурсами. – М.: Инфра, 2000
5. Интернет ресурс «Википедия»: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Банк>
6. Интернет ресурс сайт Банка ВТБ: http://www.vtb.ru/group/soc_report/
7. Интернет ресурс «Citforum»: статья Галактионов В.И. «Оценка эффективности АБС» http://citforum.ru/abtec/articles/art_1.shtml
8. Пупков К.А., Крыжановская Т.Г. Концептуальные понятия при изучении и постановке научных исследований по моделированию процессов управления в системах. Учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2011. – 87 с.
9. Шрайбер Т. Дж. Моделирование на GPSS/ Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с.
10. Крыжановская Т.Г., Мурачев Е.Г. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Моделирование систем». – М.: Изд-во МГТУ «МАМИ», 2010. – 40 с.

К проблеме взаимосвязи характеристик механических свойств металлов

д.т.н. доц. Лисин А.Н., Набоков И.И.

ЭПИ НИТУ МИСИС

8 (916) 365-24-76, hello_atnp@mail.ru, 8 (903) 002-00-61, elijahnabokov@mail.ru

Аннотация. Настоящая работа является одной из попыток подойти к проблеме усталостного разрушения, базируясь на системном подходе, лежащем на стыке механики деформируемого твердого тела и физики прочности и пластичности. В работе изложены методы определения усталостной долговечности изделия, ориентированные на практическое использование при проведении проектировочных расчетов и доводочных исследований, основанные на базе существующих теорий прочности.

Ключевые слова: сопротивление усталости, кривая усталости, усталостная долговечность, статистические теории усталостного разрушения

В настоящее время имеется большое количество работ, посвященных анализу прочности и долговечности материалов и элементов конструкций. В ряде публикаций проблема прочности и разрушения рассматривается с феноменологических позиций - на базе концепций механики твердого тела. К другому направлению относятся работы по развитию физики прочности и пластичности материалов, в которых анализ разрушения проводится на атомарном и дислокационном уровнях, т.е. на микроуровне. В этих условиях весьма затруднитель-

но включение в параметры, управляющие разрушением, таких основных понятий механики, как, например, тензоры деформаций и напряжений или жесткость напряженного состояния. Таким образом, из рассмотрения исключаются величины, которые с относительной легкостью могут быть получены для реальных изделий. Поэтому в последнее время интенсивное развитие получило направление, которое пытается соединить макро- и микроподходы при описании процессов повреждения и разрушения материала и формулировке критериев разрушения.

Особое место среди задач оценки прочности изделия занимает проблема прогнозирования усталости, в условиях которой работает большинство современных конструкций. К настоящему времени существует множество работ, посвященных прогнозированию усталостного разрушения, а также создано несколько единых статистических теорий усталостного разрушения, основанных на различных физико-механических моделях накопления повреждений. Однако до практического инженерного применения доведена и широко применяется на практике только теория подобия усталостного разрушения, в то время как остальные или не получили широкого распространения, или находятся на стадии общих концепций.

В работе приведены физико-механические модели разрушения, позволяющие прогнозировать накопление повреждений в материале при сложном нагружении, в условиях объемного напряженного состояния. Кроме того, разработаны комплексные методики оценки долговечности конструкций на основании совместного использования различных статистических теорий усталостного разрушения, имеющих в своей основе различные физические модели, с целью получения более достоверных оценок ресурса на стадии проектирования. Проведена оценка долговечности различных типов конструкций с применением как разработанных методик, так и широко применяемой в настоящее время теории подобия усталостного разрушения.

Ниже приведены методы прогнозирования, базирующиеся на статистических теориях прочности и позволяющие выполнять расчеты с целью оценки статистических характеристик сопротивления статическим и переменным нагрузкам элементов конструкций. Начало исследованиям процесса разрушения в вероятностном аспекте положено в работах Вейбулла В. [1], Афанасьева Н.Н. [3,4], Серенсена С.В., Когаева В.П. [15, 11], Волкова С.Д. [7,8,9]. Совершенствование и развитие статистической механики прочности приобрело в работах Селихова А.Ф. [14], Хазанова И.И. [18], Суркова А.И. [17], Коновалова Л.В. [12], Богдановича Дж.И., Козина Ф. [6], Ивановой В.С. [10].

Проблема предотвращения усталостных разрушений весьма актуальна во всех отраслях машиностроения. Эта проблема приобретает еще большее значение в связи с быстрым ростом мощностей в одном агрегате (без существенного изменения габаритов), увеличением скоростей, удельных нагрузок и других параметров рабочих процессов машин. Первоначально расчет на прочность деталей машин при напряжениях, переменных во времени, проводили по таблицам допускаемых напряжений, в которых не учитывался ряд факторов, оказывающих существенное влияние на сопротивление усталости. Исследование влияния на сопротивление усталости напряжений, масштабного фактора, качества поверхности, асимметрии цикла, вида и неоднородности напряженного состояния, а также других факторов позволило предложить формулы для расчета коэффициентов запаса прочности при переменных нагрузках, которые вошли в практику расчета деталей во всех отраслях машиностроения. В настоящее время они используются в нормативных расчетах, основанных на детерминистических представлениях.

В большинстве работ [например, 2,11] о сопротивлении усталости образцов или элементов конструкций представлены методы, в которых параметры функции распределения прочности микрообъемов материала оцениваются по параметрам функции распределения предела выносливости на заданной базе испытаний. При этом первоначально по экспериментальным данным строятся функции распределения долговечностей до разрушения, по полученным данным определяются параметры кривых усталости, по кривым усталости строятся

функции распределения предела выносливости на заданной базе испытаний. То есть имеет место существенное ограничение, заключающееся в необходимости пересчета исходных экспериментальных распределений долговечностей до разрушения в распределение пределов выносливости. Это требует аналитической записи кривой усталости. В настоящее время насчитывается от 5 до 10 выражений кривых усталости в зависимости от формального их представления. Следствием этого является различие функций распределения пределов выносливости, полученных различными авторами на базе одних и тех же экспериментальных данных. Незначительного улучшения ситуации можно добиться, используя метод вверх-вниз [16].

Таким образом, имеется потребность в создании физико-механической модели накопления повреждений, включающей в себя долговечность до разрушения зерна с действующими на него напряжениями и параметрами его диаграммы деформирования. При оценке параметров такой модели не потребуется пересчет исходных экспериментальных распределений долговечностей до разрушения в распределение пределов выносливости. Параметры модели можно было бы оценить из сравнения расчетной функции распределения долговечностей с экспериментальной. После получения оценок параметров модель может быть использована в практических расчетах для прогнозирования долговечности детали или элемента конструкции.

Ниже предлагается один из вариантов такой модели.

Вероятность нахождения рядом агрегата из n зерен из числа n определится как соотношение числа сочетаний из m по n к числу сочетаний из L по n

$$W = \frac{C_m^n}{C_L^n} = \frac{\frac{m!}{n!(m-n)!}}{\frac{L!}{n!(L-n)!}} = \frac{m!(L-n)!}{L!(m-n)!} = \left[\int_{\sigma_{i0D}/a}^{\infty} f(z) dz \right]^n = \left[1 - F\left(\frac{\sigma_{i0D}}{a}\right) \right]^n \quad (1)$$

откуда

$$W = \frac{(m-n+1)(m-n+2)\dots m}{(L-n+1)(L-n+2)\dots L} \approx \left(\frac{m}{L}\right)^n \quad (2)$$

Из формул (1) и (2) можно записать

$$\sigma_X = \left[A \sqrt[2]{(1-\omega)/\omega} \right] (\varepsilon E) \quad (3)$$

где $\omega = \sqrt[n]{W}$.

При справедливости формулы записи для диаграммы деформирования образца в виде

$$\sigma_T = \sigma_{T0} + b(\sigma - \sigma_T)^{(1/a)} \quad (4)$$

долговечность до разрушения одного зерна можно определить из интеграла

$$N = \int_{\sigma_{T0}}^{\sigma_{OTP}} \frac{d\sigma}{(\sigma_X - \sigma) f'(\sigma)} \quad (5)$$

$$f'(\sigma) = \frac{\frac{a}{b} (\sigma_X - \sigma_T)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}}{1 + \frac{a}{b} (\sigma_X - \sigma_T)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}}$$

где

- производная функции (6).

Функция (3) является функцией распределения случайной величины σ_X , подставляя которую в последнее соотношение можно получить функцию распределения случайной величины

$$N = Q \int_{\sigma_{T0}}^{\sigma_{OTP}} \frac{dx}{(B-x)^q} + \ln \frac{B - \sigma_{T0}}{B - \sigma_{OTP}} \quad (7)$$

где $B = \sigma_a A \sqrt{(1-\omega)/\omega}$, $\omega = \sqrt[n]{W}$, $\sigma_a = \alpha_s \sigma_{aH}$ - максимальная амплитуда, $Q = a/b$, $q = (2-a)/b$.

Последнюю формулу можно назвать функцией распределения кривой усталости, поскольку при фиксировании величины напряжения σ_a получается функция распределения долговечностей $W = W(N)$, а при фиксировании базы N_0 получается функция распределения предела выносливости σ_a .

Полученная формула полезна тем, что позволяет использовать непосредственные результаты стандартных испытаний образцов на усталость до разрушения при определении ее параметров, а затем использовать модель для прогнозирования долговечности детали или элемента конструкции в условиях эксплуатации. В этой формуле не известны: σ_{TO} , σ_{OTP} , A , α , n , a , b .

Следовательно, в зависимости от того, что известно из конкретных условий эксперимента или эксплуатации, изменяется тактика прогноза. Например, предположим, что известно распределение долговечностей образцов, испытанных при σ_a , аппроксимируемое лог-нормальным законом

$$\lg N_F = \lg N + u_p S_{\lg N}. \quad (8)$$

После интегрирования выражения (7) получим

$$N = C_3 \left[(B - \sigma_{TO})^E - (B - \sigma_{OTP})^E \right] + \ln \frac{B - \sigma_{TO}}{B - \sigma_{OTP}}, \quad (9)$$

где $C_3 = Q/E$, $E = 1 - q$.

По результатам статических и циклических испытаний гладких образцов получены оценки $\sigma_{OTP} = 510$ МПа, $A = 1,082$, $\alpha = 8,77$, $n = 3,84$, $\sigma_{TO} = 120$ МПа, $Q = 1,33$, $q = 2,87$. Циклические испытания были проведены при изгибе с вращением гладких стандартных образцов [13]. На рисунке 1 приведена экспериментальная кривая усталости гладких образцов, испытанных при изгибе с вращением (см. пунктирную линию для коэффициента концентрации $\alpha_s = 1,00$). По этой кривой усталости после уточнения $n = 0,15$ получена расчетная кривые усталости гладких образцов, приведенная на рисунке 1 сплошной линией для $\alpha_s = 1,00$. С использованием совокупности полученных оценок параметров модели (9) был осуществлен прогноз кривых усталости образцов с концентраторами напряжений при $\alpha_s = 1,53$ и $\alpha_s = 1,93$.

Расчетные кривые усталости образцов с концентраторами напряжений, испытанных при изгибе с вращением, приведены на рисунке 1 (сплошные линии) в сопоставлении с экспериментальными кривыми усталости (пунктирные линии). Как видно из рисунка 1, имеет место хорошее совпадение расчета и эксперимента.

Предлагаемая модель интересна тем, что охватывает микромеханические свойства материала через параметры σ_{TO} , a и b диаграммы деформирования зерна (6). В модель входят параметры σ_{OTP} , A и α диаграммы деформирования поликристаллического образца, характеристика локальной нагруженности σ_a и масштабного фактора n .

В связи с этим предложенной моделью можно воспользоваться при анализе влияния технологических факторов на сопротивление усталости металла через параметры модели σ_{TO} , a и b диаграммы деформирования зерна (6). Например, если предположить, что в связи с изменением или модификацией сплава произошло изменение параметров диаграммы (6), то изменение комплекса зависимых параметров $Q = a/b$ и $q = (2-a)/b$, как показал расчет,

может следующим образом повлиять на долговечность. Увеличение, например, параметра Q в 2 раза приводит к относительно небольшому смещению кривой усталости вверх, изменение же параметра q в 1,5 раза привело к смещению кривой усталости почти на порядок (в логарифмах циклов).

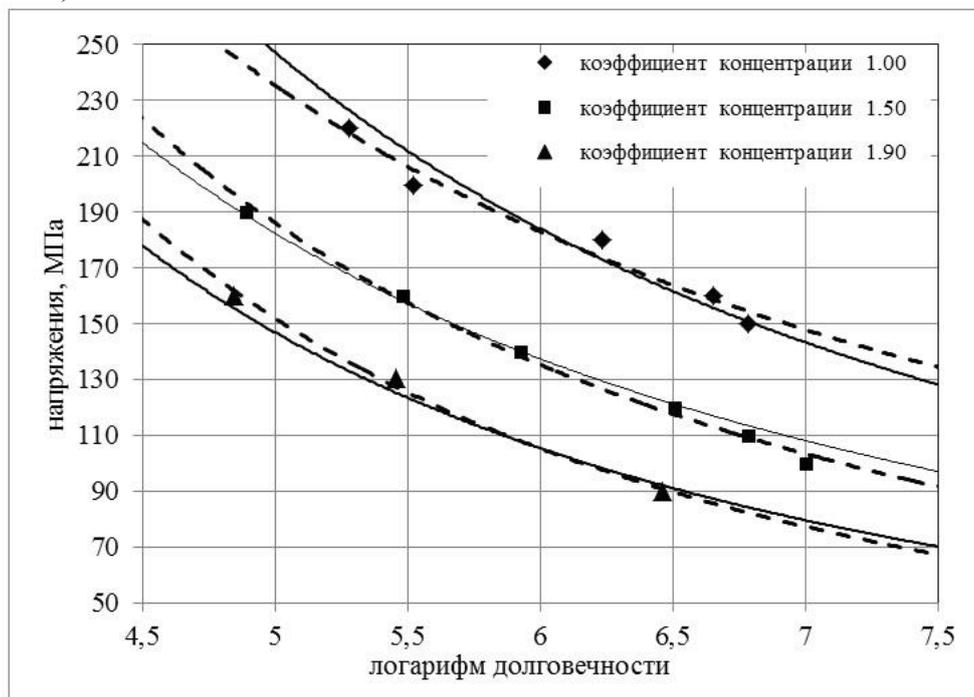


Рисунок 1. Расчетные (сплошные линии) и экспериментальные (пунктирные линии) кривые усталости образцов из сплава АКБ с различной концентрацией напряжений

Выводы

Влияние параметров n , $\sigma_{отр}$, A и α на изменение долговечности не однозначно, а зависит от уровня прикладываемого напряжения и величины нагружаемого объема.

То есть изменение технологии, приводящее к изменению диаграммы деформирования макрообразца (конгломерата зерен) и, как следствие, изменению параметров A и α , по-разному отражается на сопротивлении усталости изделий в зависимости от изменения сопротивления разрушению $\sigma_{отр}$ и в зависимости от изменения относительного количества W рядом расположенных микрочастиц, приведших к разрушению.

Учитывая полученные результаты целесообразно рассмотреть влияние указанных выше параметров на характеристики закона функции распределения долговечностей, что позволило бы в дальнейшем связать технологические режимы с этими характеристиками.

Литература

1. Weibull W. A statistical theory of the strength of materials, - Ingeniors vetenskaps akademien, Handlingen, Nr. 151, Stockholm, 1939.
2. Агамиров Л.В. Разработка статистических методов оценивания характеристик усталостных свойств материалов и показателей надежности элементов конструкций авиационной техники. М: МАИ, Автореферат докторской диссертации. УДК 669.01:620.178.3. 1994г., 42с.
3. Афанасьев Н.Н. Статистическая теория усталостной прочности металлов. ЖТФ, 1940, т.Х, N19, стр.1553-1568.
4. Афанасьев Н.Н. Статистическая теория усталостной прочности металлов. Киев, Изд-во АН УССР, 1953, 128 с.
5. Басюк С.Т., Евтеев Ф.И., Ковалев С.И. Экспертная система проектирования и изготовления авиационных колес. М: Вопросы авиационной науки и техники, Серия: Технология легких сплавов, Вып.11, ВИЛС, 1987г., стр.58-61.
6. Богданов Дж., Козин Ф. Вероятностные модели накопления повреждений. М: Мир,

1989г., 340с.

7. Волков С.Д. - Статистическая теория прочности, М., Машгиз, 1960, 176с.
8. Волков С.Д. К теории макротрещин. Сообщение I. Простейшие модели, М: Проблемы прочности, 1981г.,N 2, стр.44-48.
9. Волков С.Д., Дубровина Г.И., Соковнин Ю.П. Устойчивость сопротивления материала в механике разрушения. М: Проблемы прочности, 1978г.,N 6, стр.65-69.
10. Иванова В.С., Терентьев В.Ф. Природа усталости металлов. М: Metallurgia, 1975г., 456с.
11. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. Москва, Машиностроение, 1977, 232с.
12. Коновалов Л.В. Проектирование с учетом усталости - необходимое условие создания работоспособных механических систем. М: Вестник Машиностроения. N 3, 1993, стр. 3-11.
13. Лисин А.Н. Разработка методологии оценивания характеристик сопротивления усталости и живучести колес транспортных средств. М: МАТИ, Автореферат докторской диссертации. УДК539.422.24/629.735.33, 2012г., 40с.
14. Селихов А.Ф., Чижов В.М. Вероятностные методы в расчетах прочности самолета. Москва, Машиностроение, 1987, 238с
15. Серенсен С.В. Усталость материалов и элементов конструкций. Избранные труды, Том 1,2,3 Киев, Наукова думка, 1985, 256с.
16. Степнов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний. Справочник, Москва, Машиностроение, 1985, 230с.
17. Сурков А.И. Вероятностная оценка прочности при переменных нагрузках по медианным пределам выносливости образцов различных типоразмеров. М: Проблемы прочности, 1982г., N12, стр.42-50.
18. Хазанов И.И., Агафонов Ю.А., Мозалев В.В.-Оптимизация моментов проведения регламентных осмотров при эксплуатации авиационных колес по техническому состоянию. М., Труды Гос. НИИГА, 1980, вып. 183, стр.17-22.

Управление качеством технических изделий на стадии технического проекта

Мартишкин В.В.
Университет машиностроения

Аннотация. Рассматриваются методы управления качеством изделий на стадии технического проекта. На стадии технического проекта основное значение в повышении качества имеют показатели стандартизации и унификации. В результате предварительной оценки предполагаемого качества изделий и внесения в документацию соответствующих коррективов, значительно сокращается трудоемкость и себестоимость получения качественных изделий в процессе их производства.

Ключевые слова: качество продукции, управление качеством, параметры качества, технические изделия, базовые изделия, методы оптимизации

Введение

Проектирование начинается с постановки задачи на создание изделия.

ГОСТ 2.103-68* устанавливает разбивку процесса проектирования на определенные стадии. Стадии устанавливают в зависимости от сложности изделия и программы его выпуска. Однако стадии технического и рабочего проектов (далее ТП и РП) проходят практически все изделия независимо от их сложности. В данной работе описан метод управления качеством технических изделий на стадиях ТП и РП.

Требования к выполнению технического проекта устанавливает ГОСТ 2.120-73. Технический проект содержит технические решения и данные, достаточные для полного пред-