

Глава 9

Расчеты на прочность при членении
изменяющихся напряжений.

§ 9.1 Влияние усилителей материала.

Большинство расчетов машин и механизмов изображено в явном виде, при этом нагрузки, действующие на них, изменяются во времени, либо машина работает по определенному циклу. Это приводит к появление переменных изменяющихся напряжений в деталях.

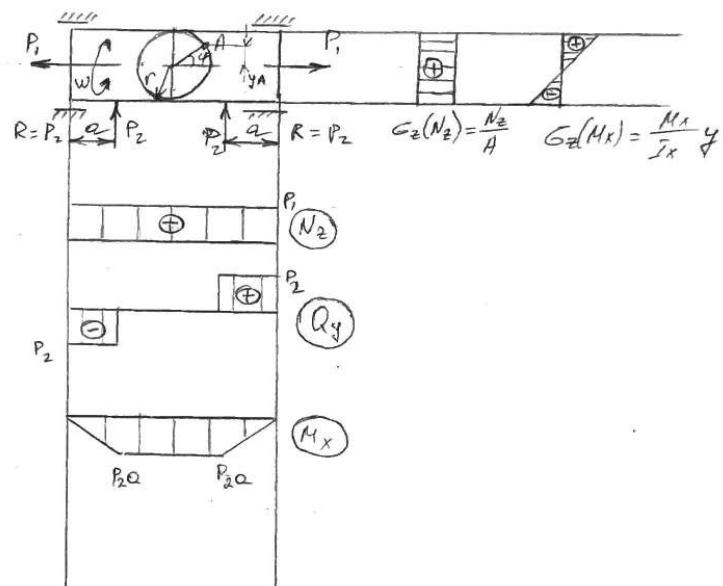
Разрушение деталей под действием переменных напряжений - усталостное разрушение.

Усталостный материал - машины повреждения при многократном нагружении, приводящих к возникновению усталостного трещин, а как спровоцировано разрушению.

Способность машин сопротивляться усталостному разрушению - способность материала (технический прочности)

Усталостное разрушение происходит при $\sigma_{\text{вн}} = \sigma_{\text{вн}}$ пределов прочности и меньшие пределов текучести в этом это опасность.

Возникающее перемещение напряжений в виде примере вала, бруса, консерватории, который повернут между и напряжениями.



При вращении балки в произвольный момент времени в произвольной точке А, напряжения будут определяться следующим образом:

$$\sigma_z^A = \frac{N_z}{A} \pm \frac{M_x}{I_x} y_A = \frac{P_1}{A} \pm \frac{P_2 \alpha}{w_x} \sin \omega t$$

$$w t = \varphi$$

$$w_x = \frac{I_x}{y_{\max}} = \frac{I_x}{r} ; \quad y_A = r \cdot \sin \omega t$$

Таким образом напряжение в точке А поворотного балки минимально по синусу равному ее среднему напряжению $\bar{\sigma}_M = \frac{P_1}{A}$ и амплитуде (middle),

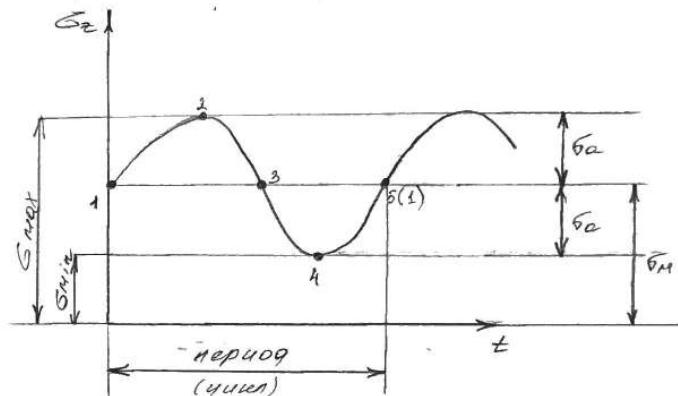
$$\text{напряжени} \bar{\sigma}_A = \frac{P_2 \alpha}{w}$$

Совокупность последовательных движений напряжений за период - цикл напряжений.

Конечно же график циклических напряжений в точке А по вращению (φ) в координатах $\sigma(t)$

§2. Характеристики и виды циклов напряжений

Рассмотренный выше цикл называется асимметричным $\bar{\sigma}_M \neq 0$. Это самая общая вид цикла



Цикл полносвязного колебания имеет 2 вспомогательные:

$$\sigma_{\text{ Moy}} = \sigma_M + \sigma_a - \text{ максимальное}$$

$$\sigma_{\text{ min}} = \sigma_M - \sigma_a - \text{ минимальное напряжение цикла}$$

или

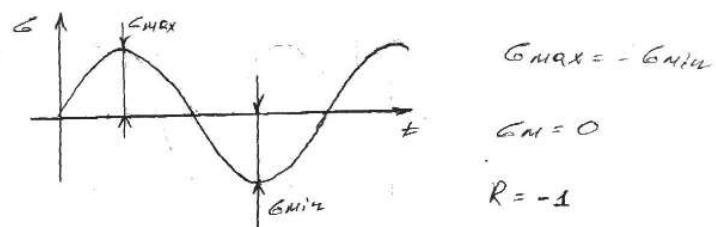
$$\sigma_M = \frac{\sigma_{\text{ max}} + \sigma_{\text{ min}}}{2} - \text{ среднее}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\text{ moy}} - \sigma_{\text{ min}}}{2} - \text{ амплитуда}$$

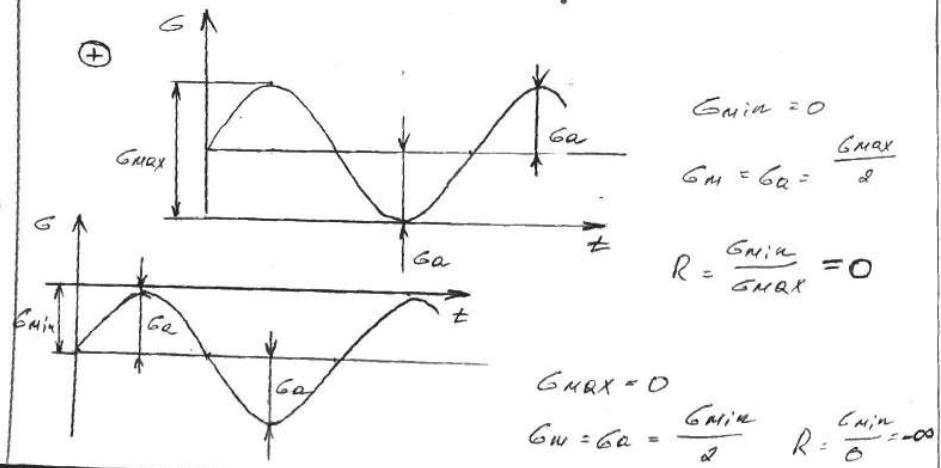
Так же ванеси гармон. обр. чине симметрии
напр. асимметрии

$$R = \frac{G_{\min}}{G_{\max}}$$

- Еще бы не было различающихся симметрических чин



- Пульсационный чин (однородной)



Чин, у которых ординаты R - породные.

Подобно симметрическим чинам можно представить как сумму симметрического чина с чином напряженности = амплитуде и постоянного напряжения = среднему напряжением гармоничного чина

Постоянное напряжение можно представить как частный случай переноса со сперечными гармон. чин

$$G_{\max} = G_{\min} = G$$

$$G_0 = G$$

$$G_a = 0$$

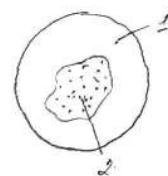
$$R = 1$$

§ 3 Кривые усталости. Предел выносливости

Число циклов, которое выдерживает разъем до разрушения, варьируется от 5-10 (многоразовый член проволки) до тысяч в зависимости от блоков. При малых блоках число разломов ограничено рамой.

Причиной усталостного разрушения является возникновение микротрешин в зонах повторяющегося напряжения (объемах не поверхности разлома, под окном внутреннего разреза)

При статических нагрузках микротрешин не опасны, при переменных - микротрешине разлома до размыва макротрешин
(она вредит)

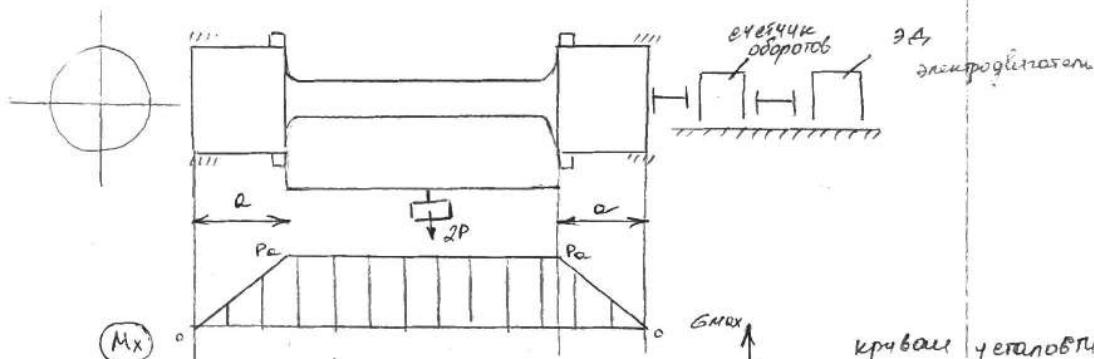


- 1 - Глубина зоны разыских трещин
- 2 - Крупнозернистый зоне хрупкого разрушения.



Физическую прочность материала оценивают величиной "предел выносливости"

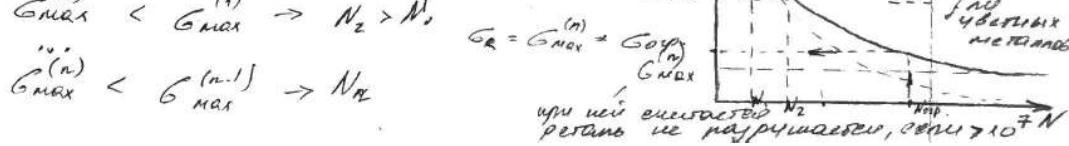
Величина предела выносливости определяется из кривой усталости, которую получают экспериментальными путями. Для этого испытывают парыло 10-15 из сплаварных материалов, имеющих образцов из этого материала, вращающихся в условиях членного членного разлома до разрушения



$$G_{\max}^{(1)} = \frac{M_x}{w_x} = 0,7 G_0 \rightarrow N_1$$

$$G_{\max}^{(2)} < G_{\max}^{(1)} \rightarrow N_2 > N_1$$

$$G_{\max}^{(n)} < G_{\max}^{(n-1)} \rightarrow N_n$$



Если образец не разрушается, выдержав $N = 10^7$ циклов, то так называемое практическое разрушение получается при $N_{\text{разр}} = 10^{20}$, (хотя это применимо к стальным образцам, а число 10^7 -базовое число циклов).

Для упрощения логарифм не учителем упрощенное число циклов, выраженное некоторое образец не разрушается, условно принимают $N = 10^8$.

Продел выполнимого $[G_R]$ - наибольшее значение макс. напряжения цикла, при котором образец не разрушается за базовое число циклов.

$G_R \rightarrow G_{-1}$ - симметрический

G_0 - пульсационный пологоякобинский

$G_{-\infty}$ - пульсационный остроякобинский

Если предположено, что N циклов работы, после чего ее заменят, то по правой зависимости можно определить ограничение продел выполнимости, (не превыше) G_{IN} G_R - опр. пред. выше

$$\text{если } G_{-1} = (0,4 \div 0,5) G_0$$

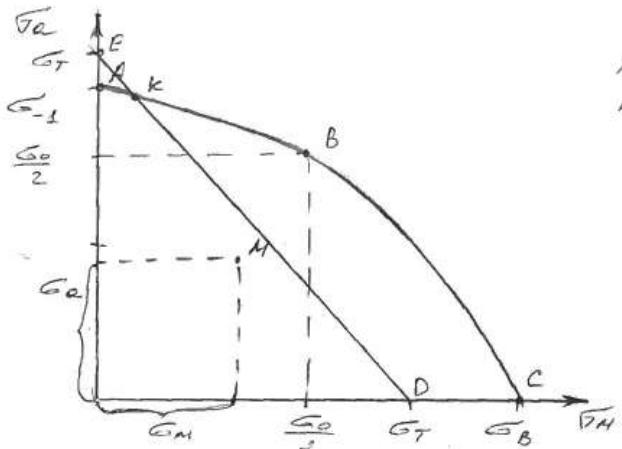
$$\text{чес. максимум } G_{-1} = (0,25 \div 0,5) G_0$$

$$\text{пласт. нагрузки } T_1 \approx 0,6 G_{-1}$$

$$\text{хрупкие нагрузки } T_1 \approx 0,8 G_{-1}$$

§ 4 Диаграмма прерывистых амплитуд

ХР-кие : ABC
пластичные : AKD



$$G_m = \frac{G_R(1+R)}{2} \quad (G_{\text{max}} = G_R)$$

$$G_a = \frac{G_R(1-R)}{2} \quad (G_{\text{min}} = R G_{\text{max}})$$

Если 1) М на диаграмме лежит ниже базовой АВС, то образец выдержит практическое разрушение (не менее базового). При этом нагрузка $G_{\text{IN}} = G_0 + G_m \leq G_0$ (предел текучести) для пласт. нагрузок

§5 Ракторы, влияющие на пререн высоковости.

Опыты показывают, что на пререн высоковости существенно влияют следующие факторы:

1. концентрации напряжений
 2. Размеры резцов
 3. Составные поверхности
 4. Характер технологической обработки
 5. Температура
1. - Резное сужение фронтов сужения (отверстия, выточки, пазры) значительно уменьшает пререн высоковости по сравнению со стандартным выражением Чаплыгина, образуя. Такое сужение получается за счет вспомогательных когд. концентрации напряжений, определенных экспериментально.

Берем 2 пары образцов с концентрациями и без. Проверяется зависимость на чистоте.

$$k_f = \frac{d_1}{d_{-1k}} \geq 1 \quad \begin{matrix} \text{бз. конц.} \\ \text{с концентрацией} \end{matrix}$$

- когд. концентрации напряжений.

$$k_f = \frac{r_1}{r_{-1k}} \geq 1 \quad (\text{при испытание на износ})$$

2. Влияние абсолютных размеров поперечного сечения (маштабный фактор)

Чем большие размеры поперечного сечения, тем меньше пререн высоковости. Это может быть обеспечено тем, что в большем объеме материала вспомогательноеование никро и макро резцов, которые придают к поперечному чистотеобразным трещинам (пузырькам, редонкам, кристал. решеткам)

Маштабный фактор очищается когд.

влияние абсолютных размеров поперечного сечения пререн высоков. большого образца

$$k_d = \frac{d_{-1d}}{d_{-1d_0}} \quad \begin{matrix} \text{пререн высоков. падораг. образца} \\ d_0 = 6-10 \text{мм} \end{matrix}$$

$$d > d_0$$

* Сужение с радиусами d и d_0 должны иметь подобные геометрические сужения.

Коинеес определяется и на образцах с концентрическими.

$$k_d = \frac{(G_{-1} k) d}{(G_{-1} k) d_0}$$

3. Составление поверхности

Несправедливо предполагают, что глубокая обработка поверхности снижает предел выносливости.

Лучшее качество поверхности связано с вспомогательным методом обработки, что приводит к развитию трещин в районе микроповерхности.

$$K_F = \frac{G_{-1}}{G_{-1} \Pi} \begin{cases} \text{пред. выше-тн полированного образца} \\ \leq 1 \\ \text{пред. выше-тн обычного образца} \end{cases}$$

Изменение из высокопрочной стали, работающей в условиях чистоты из азота, глубокой обработкой трещину обработки поверхности.

Увеличение металла и частицы менее превративы к обработке.

4. Характер технологического обработки.

Различные способы поверхностного упрочнения (накатка, цементация, азотирование и др.) увеличивают предел выносливости. Это объясняется потерей поверхности упрочнения.

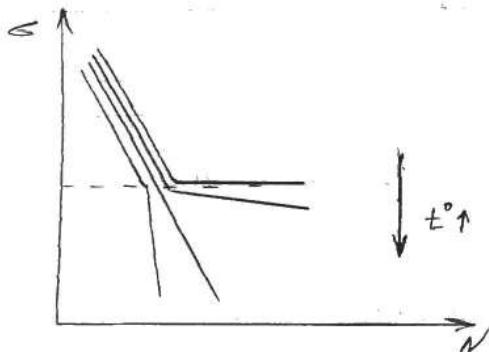
$$K_V = \frac{G_{-1 V}}{G_{-1}} \begin{cases} \text{с упрочненной пов. ш} \\ \text{стандартного образца} \end{cases}$$

5. Температура

Понижение температуры понижает предел выносливости. Например при испытании образца в пирором азоте (-196°C) предел выносливости на 50% выше, чем у образца испытанных в комнатной т. Это обусловлено повышением предела текучести, материал при этом становится более хрупким, но процесс обработки уменьшает трещину, связанные с концом пластической деформации, сильно замедляем член членов до разрушения повышается.

При росте $t^{\circ}\text{C}$, перед температурой t_1 Р.К. синтезаешь прочность изменяется, температура увеличивается пластичность и ускоряется процесс коррозии.

Обеднение резко + уменьшается прочность кристаллических сплавов при $t^{\circ} > 100^{\circ}\text{C}$



Свойства материала передают биомеханическим конкретного изделия и получившего образца из этого же материала выражаются:

$$\sigma_{-1}^{439} = \frac{\sigma_{-1}}{k} \quad k - \text{сингулярный } x\text{-коэф.}$$

$$\tau_{-1}^{439} = \frac{\tau_{-1}}{k}$$

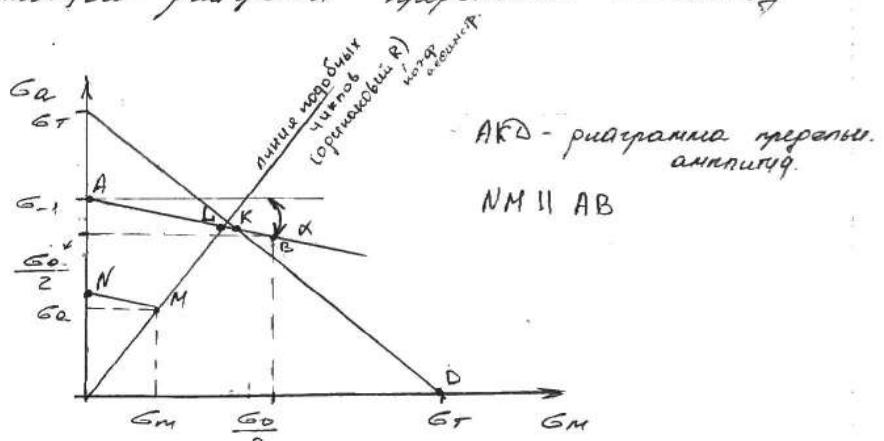
k - коэффициент перехода биомеханического

$$k = \left(\frac{k_G}{k_d} + \frac{1}{k_F} - 1 \right) \frac{1}{k_V k_A}$$

k_A - коэффициент технологическое анизотропия материала.

§ 6 Расчеты решений на ~~техническую~~ прочность.

Расчеты на прочность есть, как правило, сводятся к определению коэффициента технической прочности и сравнению его с нормативами прочности для рабочей нагрузки. Коэффициент прочности можно определить с помощью рисунков приведенных в таблице.



AKD - рисунок решения.
антиплаг.

NM II AB

(.) в - соответствующий предельному члену

$G_A + G_M$ для него радиус предела вычисляется

При условие подобия заданного и предельного членов котор. зависят от членности прочности будем радиус

$$n_G = \frac{O_b}{OM} = \frac{OA}{ON} = \frac{G_{-1}}{G_A + \psi_G G_M}$$

$\psi_G = \tan \alpha$ - котор. чувствительность материала к асимметрии членов ширинеции

смоль: $\psi_G = 0,02 + 2 \cdot 10^4 G_B$ (G_B в МПа) только при

$$\psi_T = 0,5 \psi_G$$

$$n_T = \frac{T_{-1}}{Ta + \psi_T T_M}$$

котор. зависят от радиуса изогнутых изгибаний

Если прочность образцов определяется геометрией материала, то радиус

$$n_G = \frac{G_T}{G_A + G_M}$$

$$n_T = \frac{T_T}{Ta + T_M}$$

Для конкретной решки учитывается также котор. значение членов близкими. Использовано показывая, что этот котор. влияет только на передающую способность членов

$$n_G = \frac{G_{-1}}{kG_A + \psi_G G_M}$$

$$n_T = \frac{T_{-1}}{kTa + \psi_T T_M}$$

котор. зависит от радиуса изогнутости

$$n_G = \frac{G_T}{kG_A + G_M}$$

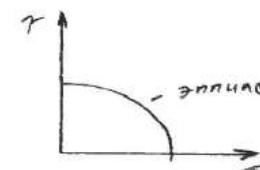
$$n_T = \frac{T_T}{kTa + T_M}$$

Если в решке возникают одновременно изогнутое и изогнутое напряжение, то котор. зависят от членности прочности:

$$n = \frac{n_G n_T}{\sqrt{n_G^2 + n_T^2}}$$

$$1,3 \leq n \leq 2,0$$

Гора - Поппарде



выборочная
из цикла
эллипса