

Вопросы по дисциплине «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ »  
IV семестр

СЛОЖНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

1. **Что называется сложным сопротивлением (сложной деформацией)?**

Сложный вид деформации — вид деформации, состоящий из 2 или более видов т.н. простой деформации: плоский изгиб, кручение и осевое растяжение-сжатие, сдвиг.

2. **Какой изгиб называется пространственным (сложным)?**

Изгиб называется пространственным, если  $N=0$ ,  $M_z=0$ , а  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $Q_x$ ,  $Q_y <> 0$ .

3. **При каком способе нагружения реализуется сложный изгиб?**

Сложный изгиб реализуется, если внешние силы приложены как в плоскости, которой принадлежит главная центральная ось  $X$ , так и в плоскости, которой принадлежит главная центральная ось  $Y$ , перпендикулярно оси стержня.

4. **Как вычисляются напряжения при пространственном изгибе?**

$$\sigma := \frac{M_x}{I_x} Y + \frac{M_y}{I_y} X$$

5. **Что такое нейтральная (нулевая) линия?**

Н.О. — линия в поперечном сечении балки, в точках которой нормальные напряжения равны нулю.

6. **Условие прочности при пространственном изгибе стержня в общем случае.**

$$\frac{M_x}{I_x} Y + \frac{M_y}{I_y} X \leq (\sigma)$$

7. **Как можно записать условие прочности при пространственном изгибе стержня прямоугольного поперечного сечения (частный случай)?**

$$\frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq (\sigma)$$

8. **Как можно записать условие прочности при пространственном изгибе стержня кругового поперечного сечения (частный случай)?**

О Боже. Тёма сказал, что просто  $M_x/W_x$ .

9. **Как приложена нагрузка, под действием которой стержень находится в условиях косоугольного изгиба?**

Внешние силы приложены в плоскости, которой не принадлежит ни одна из главных центральных осей, перпендикулярно оси стержня.

10. **Как связаны между собой изгибающие моменты при косоугольном изгибе?**

$$\frac{M_y}{M_x} = \operatorname{tg}(\alpha)$$

11. **По какому закону изменяются нормальные напряжения при косоугольном изгибе?**

По линейному закону.

12. **Как проходит нейтральная линия при косоугольном изгибе? (две характеристики).**

1. Н.О. проходит через те квадранты, через которые не проходит линия действия силы.

2. Через центр тяжести.

13. **Каково взаимное расположение силовой (линии нагружения) и нейтральной линий при косоугольном изгибе?**

Они проходят через разные квадранты.

14. **Может ли балка круглого поперечного сечения испытывать косоугольный изгиб и почему?**

Не может, потому что через балку круглого сечения можно провести бесконечное множество пар главных центральных осей, одна из которых по своему положению будет такова, что одна ось из пары совпадёт с линией действия силы.

15. **Чему равно нормальное напряжение в центре тяжести поперечного сечения при косоугольном изгибе и почему?**

Нулю, потому что центр тяжести сечения при косоугольном изгибе принадлежит Н.О.

16. В каких точках поперечного сечения нормальные напряжения при косом изгибе достигают максимальных значений?

В точках, наиболее удалённых от Н.О.

17. Какой вид имеют условия прочности при косом изгибе для сечения произвольной формы?

$$\frac{M_X}{I_X} Y + \frac{M_Y}{I_Y} X \leq (\sigma)$$

18. Как можно записать условия прочности при косом изгибе для балок прямоугольного сечения (частный случай)?

$$M \left( \frac{\cos(\alpha)}{W_X} + \frac{\sin(\alpha)}{W_Y} \right) \leq (\sigma) \quad \frac{M_X}{W_X} + \frac{M_Y}{W_Y} \leq (\sigma)$$

19. Как вычисляются перемещения при косом изгибе?

По уравнениям для функции прогибов.

$$E \cdot I_X \cdot v^{11} = -M_X$$

$$E \cdot I_Y \cdot u^{11} = -M_Y$$

20. Как направлен вектор перемещения при косом изгибе?

Перпендикулярно Н.О.

21. При каких условиях реализуется внецентренное растяжение (сжатие)?

1. Наличие прямоосного стержня.

2. Равнодействующая всех внешних сил лежит на оси, параллельной оси стержня.

22. Как вычисляются напряжения при внецентренном действии нагрузок?

$$\sigma = \frac{N}{A} \left[ 1 + \frac{Y_F \cdot Y}{(i_X)^2} + \frac{X_F \cdot X}{(i_Y)^2} \right] \text{ вместо } N - F$$

23. Чему равно нормальное напряжение в центре тяжести поперечного сечения при внецентренном растяжении (сжатии)?

F/A

24. Как определяется положение нейтральной линии при внецентренном растяжении (сжатии)?

$$1 + \frac{Y_F \cdot Y}{(i_X)^2} + \frac{X_F \cdot X}{(i_Y)^2} = 0$$

25. Что такое "ядро сечения"? Для чего надо знать положение ядра сечения?

Ядро сечения — область вокруг ц.т. поперечного сечения, которая обладает следующими свойством: если точка приложения силы, параллельной оси стержня, лежит в области Я.С., то напряжение во всех точках поперечного сечения имеют один знак. Рационально прикладывать сжимающую силу в Я.С., если материал хрупкий, так как хрупкий материал плохо работает на растяжение.

26. Как проходит нейтральная линия, если сила приложена в ядре сечения?

Вне поперечного сечения.

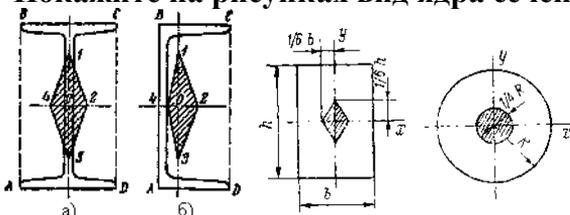
27. Как проходит нейтральная линия, если сила приложена на границе ядра сечения?

Н.О. касается поперечного сечения.

28. Как проходит нейтральная линия, если сила приложена за пределами ядра сечения?

Н.О. «протыкает» (пересекает) сечение.

29. Покажите на рисунках вид ядра сечения прямоугольника, круга и двутавра.



**30. Какие точки являются опасными при внецентренном растяжении (сжатии)?**

Если материал одинаково воспринимает как растягивающие, так и сжимающие нагрузки, то наиболее удалённые от Н.О.

**31. Как записывается условие прочности при внецентренном действии нагрузок для материалов, одинаково работающих при растяжении и сжатии?**

$$\frac{|F|}{A} \left[ 1 + \frac{Y_F \cdot Y_{Op}}{(i_X)^2} + \frac{X_F \cdot X_{Op}}{(i_Y)^2} \right] \leq (\sigma)$$

$Y_{Op}, X_{Op}$  — координаты наиболее удалённой от Н.О. точки.

**32. Как записывается условие прочности при внецентренном действии нагрузок для материалов, по-разному работающих при растяжении и сжатии?**

$$\frac{|F|}{A} \left[ 1 + \frac{Y_F \cdot Y_{Op}}{(i_X)^2} + \frac{X_F \cdot X_{Op}}{(i_Y)^2} \right] \leq (\sigma_{сж}; \sigma_{раст})$$

берем по модулю!

**33. Какие точки являются опасными при изгибе с кручением стержня круглого сечения?**

Точки контура.

**34. Как записывается условие прочности при изгибе с кручением круглого стержня по III гипотезе прочности?**

$$M_{экв} = \sqrt{M_{изг}^2 + M_{кр}^2} \quad \sigma = \frac{\sqrt{M_{изг}^2 + M_{кр}^2}}{W_x} \leq [\sigma]$$

**35. Как записывается условие прочности при изгибе с кручением круглого стержня по IV гипотезе прочности?**

$$M_{экв} = \sqrt{M_{изг}^2 + 0,75 * M_{кр}^2} \quad \sigma = \frac{\sqrt{M_{изг}^2 + 0,75 * M_{кр}^2}}{W_x} \leq [\sigma]$$

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

**36. Что такое обобщенная сила?**

Обобщённая сила — группа сил, пропорциональная одному параметру, удерживающая механическую систему в равновесии.

**37. Что такое обобщенное перемещение?**

Обобщённое перемещение — перемещение, на котором обобщённая сила совершает работу.

**38. Как связаны между собой обобщенная сила и обобщенное перемещение?**

$$A = F * \Delta_F$$

**39. Приведите примеры (3-4 примера) обобщенных сил и соответствующих им обобщенных перемещений.**

1. Вертикальная сила, приложенная на конце консоли — вертикальное перемещение точки приложения силы.
2. Две равные по величине противоположные силы, приложенные на торцах стержня и направленные по одной прямой — взаимное смещение торцов стержня, равное абсолютному удлинению стержня.
3. Пара сил, момент которой  $M = F * a$  — угол поворота.

**40. Сформулируйте теорему Клапейрона.**

Действительная работа обобщённой силы при статическом действии на линейно упругую систему равна половине произведения окончательного значения силы на окончательное значение соответствующего обобщённого перемещения.

**41. Почему в теореме Клапейрона появляется множитель 0,5?**

Поскольку работа вычисляется как площадь под графиком функции и функция линейная (рассматриваемые деформации не выходят за пределы действия закона Гука), величина площади под графиком находится как величина площади треугольника. А в формуле площади треугольника есть к-т 0,5.

42. Как определяется потенциальная энергия упругой деформации произвольно нагруженного пространственного стержня?

$$\Pi = \frac{1}{2} \sum_i \int \left[ \frac{N^2}{E \cdot A} + \frac{(M_X)^2}{E \cdot I_X} + K_Y \cdot \frac{(Q_Y)^2}{G \cdot A} + \frac{(M_Y)^2}{G \cdot A} + K_X \cdot \frac{(Q_X)^2}{G \cdot A} + \frac{(M_Z)^2}{G \cdot I_P} \right] dz$$

43. При каком выборе системы координат справедлива формула для потенциальной энергии упругой деформации стержня?

оси — главные центральные.

44. Как определяется потенциальная энергия упругой деформации стержня при осевой деформации?

$$\Pi = \frac{1}{2} \sum_i \int \left( \frac{N^2}{E \cdot A} \right) dz$$

45. Как определяется потенциальная энергия упругой деформации стержня при кручении?

$$\Pi = \frac{1}{2} \sum_i \int \left[ \frac{(M_Z)^2}{G \cdot I_P} \right] dz$$

46. Как определяется потенциальная энергия упругой деформации стержня при плоском изгибе?

$$\Pi = \frac{1}{2} \sum_i \int \left[ \frac{N^2}{E \cdot A} + \frac{(M_X)^2}{E \cdot I_X} + K_Y \cdot \frac{(Q_Y)^2}{G \cdot A} \right] dz$$

БЕЗ N^2/EA!!!!!!!

47. Запишите интеграл Мора в общем виде. Поясните смысл входящих в него величин.

$K_X, K_Y$  - безразмерные величины, зависящие от геометрической формы сечения и учитывают неравномерность распределения касательных напряжений в сечении при поперечном изгибе.

$N_F, Q_{XF}, Q_{YF}, M_{ZF}, M_{XF}, M_{YF}$  - внутренние силовые факторы, возникающие в поперечных сечениях заданной стержневой системы;  $N_1, Q_{X1}, Q_{Y1}, M_{Z1}, M_{X1}, M_{Y1}$  - внутренние силовые факторы, возникающие в поперечных сечениях заданной системы, от действия усилия  $F = 1$ .

$$\Delta_{1F} = \sum_j \int \left( \frac{N_1 \cdot N_F}{E \cdot A} + \frac{M_{X1} \cdot M_{XF}}{E \cdot I_X} + K_Y \cdot \frac{Q_{Y1} \cdot Q_{YF}}{G \cdot A} + \frac{M_{Y1} \cdot M_{YF}}{E \cdot I_Y} + K_X \cdot \frac{Q_{X1} \cdot Q_{XF}}{G \cdot A} + \frac{M_{Z1} \cdot M_{ZF}}{G \cdot I_P} \right) dz$$

48. Как определить поворот заданного сечения балки при плоском изгибе методом Мора?

$$\Delta_{1F} = \int_0^L \frac{M_1 \cdot M_F}{E \cdot I_X} dz$$

прикладываем единичный момент

49. Как определить величину прогиба в заданном сечении при плоском поперечном изгибе методом Мора?

$$\Delta_{1F} = \int_0^L \frac{M_1 \cdot M_F}{E \cdot I_X} dz$$

Прикладываем единичную силу.

### 50. Как определить направление перемещения при вычислении по способу Мора?

Прикладывается единичная нагрузка:

1. Единичный момент: если угол поворота получился отрицательный, то на самом деле поворот сечения произошёл в сторону, противоположную направлению единичного момента.
2. Единичная сила: если прогиб получился отрицательный, то на самом деле он произошёл в сторону, противоположную направлению единичной силы.

### 51. Какие приемы (способы) вычисления интеграла Мора Вы знаете?

Аналитический, Способ Верещагина (графико-аналитический), Численные методы, Формула Симпсона.

### 52. Почему при определении перемещений при плоском изгибе по методу Мора слагаемым, содержащим поперечную силу, обычно пренебрегают (пояснить)?

Влияние поперечных сил при определении перемещений, как показывает практика, не существенно, поэтому им можно пренебречь.

## СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫЕ СИСТЕМЫ

### 53. Какие системы называются статически неопределимыми? Что такое степень статической неопределимости?

Это системы, для которых все усилия или хотя бы их часть не могут быть определены из уравнений равновесия (статики).

ССН — число, показывающее, насколько количество неизвестных превышает количество независимых уравнений равновесия.

### 54. Что такое "лишние связи"? С какой точки зрения они лишние?

Связи, удаление которых превращает статически неопределимую систему в статически определимую геометрически неизменяемую систему (связи сверхминимального необходимого числа уравнений равновесия).

Называются лишними с той точки зрения, что число связей превышает число уравнений равновесия.

### 55. Что понимают под основной системой?

Статически определимая, геометрически неизменяемая система, полученная путём отбрасывания лишних связей от первоначальной системы.

### 56. Приведите примеры (3-4 примера) возможных основных систем для двухпролетной неразрезной балки.

Только ребёнок не нарисует.

### 57. Приведите примеры нескольких возможных основных систем для балки с одним жестко заделанным концом и дополнительной шарнирно-подвижной опорой.

Ну тут тоже.

### 58. Каков физический смысл канонических уравнений метода сил?

Физический смысл канонического уравнения метода сил заключается в отсутствии перемещений по направлению отброшенных связей.

### 59. Что представляют собой коэффициенты канонических уравнений метода сил и как они определяются?

$$\delta_{11} \cdot X_1 + \Delta_{1F} = 0$$

$\delta_{11}$ ,  $\Delta_{1F}$  находятся либо путём вычисления интеграла Мора, либо можно при помощи формул для функции прогибов.

$\delta_{11}$  — перемещение в основной системе в месте отброшенной лишней связи под действием единичной нагрузки.

$\Delta_{1F}$  — перемещение в основной системе в месте отброшенной лишней связи под действием сил из условия.

### 60. Что означает ноль в правой части канонического уравнения метода сил?

Ноль означает, что перемещений в месте лишней связи в исходной статически неопределимой системе нет, хотя в основной системе в месте отброшенной лишней связи перемещение будет (равное  $\Delta_{1F}$ ).

### 61. Как проверить правильность расчета статически неопределимой системы?

1. Выполнить деформационную проверку.
2. Выполнить статическую проверку.

**62. В чем заключается статическая проверка?**

Составляется уравнение равновесия: сумма моментов относительно любой точки схемы и проверяется условие равенства нулю. Если полученное уравнение равно нулю, значит, статически неопределимая система рассчитана верно.

**63. В чем заключается кинематическая (деформационная) проверка?**

Вычислить перемещение в исходной системе в лишней связи (путём вычисления интеграла Мора или по уравнению функции прогибов), которая рассматривалась как отброшенная. Если перемещение равно нулю, то проверка выполнена.

**64. Что характерно для эпюр изгибающих моментов статически неопределимых балок?**

Разнозначность. (обязательно должен быть + и -)

**65. Как определяются перемещения в статически неопределимых балках по методу Мора?**

Система рассматривается в грузовом и единичном состоянии, строятся грузовая и единичная эпюры, находятся усилия, вычисляется интеграл Мора, например по численному методу (перемножение эпюр по методам трапеции и симпсона)

**66. Как влияет неточность изготовления элементов (по длине) на напряжения в статически определимых стержневых системах?**

Никак.

**67. Как влияет неточность изготовления элементов (по длине) на напряжения в статически неопределимых стержневых системах?**

В результате монтажа неточно изготовленной статически неопределимой системы возникает система самоуравновешенных сил

**Температура окружающей среды изменилась. Изменятся ли при этом величины напряжений в статически определимых стержневых системах;**

Нет.

**68. Температура окружающей среды изменилась. Изменятся ли при этом величины напряжений в статически неопределимых стержневых системах?**

Да. Возникнет система самоуравновешенных сил

## УСТОЙЧИВОСТЬ СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ

**69. Какая форма равновесия называется устойчивой?**

Если при действии малых возмущений тело отклоняется от своего невозмущённого состояния равновесия незначительно, то оно называется устойчивым.

**70. Какая форма равновесия называется неустойчивой?**

Если при действии малых возмущений тело значительно отклоняется от своего невозмущённого состояния, то оно называется неустойчивым.

**71. Какая форма равновесия называется безразличной?**

Равновесие называется безразличным, если новое положение системы после отклонения от исходного остаётся положением равновесия и после удаления внешнего воздействия.

**72. Когда конструкция считается устойчивой?**

Конструкция считается устойчивой, если она сохраняет первоначальную форму упругого равновесия при действии внешних нагрузок.

**73. Что означает термин "потеря устойчивости"?**

(В Эйлера) Потеря первоначальной формы равновесия.

(В общем смысле) достижение системой такого состояния, при котором первоначальная форма её равновесия становится неустойчивой.

В строительной деле потеря устойчивости рассматривается как истощения работоспособности конструкции.

**74. Что такое критическая сила?**

(В общем смысле) Критическая сила — нагрузка, превышение которой приводит к потере устойчивости первоначальной формы равновесия.

(В смысле Эйлера) Наименьшая сжимающая сила, способная удержать стержень в искривлённом состоянии называется критической силой.

75. Как определяется критическая сила, если возникающие напряжения не превосходят предела пропорциональности?

$$F_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_X}{(\mu \cdot l)^2}$$

76. Что такое "приведенная длина стержня"?

Длина полуволны синусоиды в оси стержня, потерявшего устойчивость.  $L_{пр} = \mu \cdot L$   
 $\mu$ - коэффициент приведения длины.

77. От чего зависит коэффициент приведения длины?

От способа закрепления стержня.

78. Как изменится критическая сила для сжатой стойки, если одновременно увеличить диаметр и длину стойки в 2 раза? Формулу Эйлера считать применимой, ответ обосновать.

Увеличится в 4 раза. Обоснование: возьми да подставь в формулу Эйлера.

$$I_X = \frac{\pi d^4}{64}$$

79. Стойка большой гибкости закреплена по концам. Во сколько раз изменится критическая сила, если одновременно убрать верхнее защемление и увеличить диаметр в 2 раза? Формулу Эйлера считать применимой, ответ обосновать.

Не изменится. Обоснование: формула Эйлера.  $\mu$  было 0,5, стало 2.

80. Стойка большой гибкости закреплена по концам. Как изменится критическая сила, если один из концов сделать шарнирно опертым, не меняя всех прочих условий? Формулу Эйлера считать применимой, ответ обосновать.

Уменьшится в 1,96

81. Что такое гибкость стержня?

Гибкость стержня — отношение приведённой длины к минимальному радиусу инерции.

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i_{min}}$$

82. Как определяется предельная гибкость для материала?

$$\lambda_{Пред} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{\sigma_{Пц}}}$$

83. Чему равны критические напряжения, если гибкость стержня равна предельной?

$$\sigma_{Кр} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$$

84. Как классифицируются стержни по их гибкости?

Стержни малой гибкости, стержни средней гибкости и большой гибкости.

85. При каких напряжениях теряют устойчивость стержни большой гибкости? По какой формуле определяется для них критическая сила?

$$\sigma_{Кр} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2} \quad F_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_X}{(\mu \cdot l)^2}$$

86. При каких напряжениях теряют устойчивость стержни средней гибкости? По какой формуле определяется для них критическая сила?

По формуле Ясинского: 
$$\sigma_{Кр} = a - b\lambda + c\lambda^2$$

$$F = \sigma_{Кр} \cdot A$$

$a, b, c$ - коэффициенты зависящие от свойств материалов (Мпа)

87. Можно ли пользоваться формулой Эйлера за пределом пропорциональности материала?

Нельзя.

**88. Как записывается условие устойчивости сжатого стержня и какие задачи оно позволяет решать?**

$$\frac{|N|}{A} \leq (\sigma_{уст})$$

Условие устойчивости позволяет решать следующие задачи:

1. Подбор сечения.
2. Расчёт грузоподъёмности.
3. Проверка устойчивости.

**89. Как определяется допускаемое напряжение на устойчивость?**

$$(\sigma_{уст}) = (\sigma_{проч}) \cdot \varphi(\lambda)$$

**90. В каких пределах находится величина коэффициента понижения основного допускаемого напряжения (коэффициент продольного изгиба), от чего этот коэффициент зависит?**

$$0 < \varphi \leq 1$$

Зависит от материала и гибкости стержня.

**91. Какие поперечные сечения считаются наиболее рациональными для центрально сжатых стержней**

У которых  $I_x = I_y$ . Например: круг, кольцо, квадрат, равносторонний треугольник.

## ДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

**92. Какие нагрузки считаются статическими?**

Статические нагрузки — нагрузка, значение, направление и место приложения которой изменяются столь незначительно, что при расчёте сооружения их принимают независимыми от времени и поэтому пренебрегают влиянием сил инерции, обусловленных такой нагрузкой.

**93. Какие нагрузки считаются динамическими?**

Динамическая нагрузка — нагрузка, характеризующаяся быстрым изменением во времени её значения, направления или точки приложения и вызывающая в элементах конструкции значительные силы инерции.

**94. В чем суть принципа Даламбера?**

Движущееся тело можно рассматривать как находящееся в состоянии мгновенного равновесия, если кроме внешних нагрузок учесть силы инерции.

**95. Что такое "динамический коэффициент"?**

Динамический коэффициент — отношение динамического значения некоторого фактора к соответствующему статическому значению этого фактора.

**96. Как вычисляется динамический коэффициент при подъеме груза с ускорением?**

$$K_{дин} = 1 + \frac{a}{g}$$

**97. Какие Вам известны разновидности удара?**

Продольный, поперечный, скручивающий

**98. Какие допущения принимаются при выводе формулы для динамического коэффициента при продольном ударе?**

1. Удар неупругий (совместное движение тел).
2. Размеры падающего тела малы (ударная нагрузка — сосредоточенная сила).
3. Возникающие напряжения не превосходят предела пропорциональности (справедлив закон Гука).
4. Силами инерции, связанными с массой стержня, пренебрегаем.
5. Пренебрегаем потерями энергии.
6. Процессы в зоне контакта не рассматриваем.

**99. Как вычисляется динамический коэффициент при продольном ударе?**

$$K_{дин} = 1 + \sqrt{1 + 2 \cdot \frac{H}{\delta_{стат}}}$$

$\delta_{стат}$  — деформация упругой системы в точке, где производится удар, при статическом приложении груза  $G$  (падающего груза).

100. Как влияет на величину коэффициента динамичности учет веса деформируемого тела?

$$K_{\text{дин}} = 1 + \sqrt{1 + 2 \frac{H}{\delta_{\text{стат}}} \cdot \eta}$$

$$\eta = \frac{M}{m + M}$$

$M$  — ударяющая масса,  $m$  — ударяемая масса. Чем больше ударяемая масса, тем меньше динамический коэффициент.

101. Каково значение динамического коэффициента при внезапном приложении нагрузки? Ответ обосновать.

$K_{\text{дин}} = 2$ , так как  $H = 0$ .

102. Как изменятся динамические напряжения в стержне при продольном ударе, если при прочих равных условиях увеличить его длину (ответ обосновать)?

Динамическое напряжение уменьшится, так как увеличится  $\delta_{\text{стат}}$

103. Как изменятся динамические напряжения в стержне при продольном ударе, если при прочих равных условиях использовать материал с большим модулем нормальной упругости (ответ обосновать)?

Увеличится, так как увеличится жесткость, а значит уменьшится  $\delta_{\text{стат}}$ , следовательно коэффициент динамичности возрастет.

104. Как вычисляется динамический коэффициент при поперечном ударе?

$$K_{\text{дин}} = 1 + \sqrt{1 + 2 \cdot \frac{H}{\delta_{\text{стат}}}}$$

105. Как определяются динамические напряжения и перемещения при ударе?

$$\Delta_{\text{дин}} = K_{\text{дин}} \cdot \delta_{\text{ст}}$$

$$\sigma_{\text{дин}} = K_{\text{дин}} \cdot \sigma_{\text{ст}}$$

106. Какие колебания называют свободными, какие – вынужденными?

Свободные — колебания, которые совершает система без поступления энергии извне после начального внешнего возмущения.

Вынужденные — колебания, вызванные и поддерживаемые переменными внешними силовыми воздействиями.

107. Что такое круговая (циклическая) частота?

Круговая частота — хар-ка периодического колебательного процесса.

108. Как связаны период и циклическая частота свободных колебаний?

Число колебаний, совершаемых за  $2\pi$  единиц времени. Угловая частота  $\omega = 2\pi\nu = 2\pi/T$ , где  $\nu$  — частота колебаний,  $T$  — период колебаний. Обычно используемая единица времени — секунда; тогда угловая частота измеряется в рад/с.

109. Как вычисляется круговая частота свободных колебаний механической системы с одной степенью свободы?

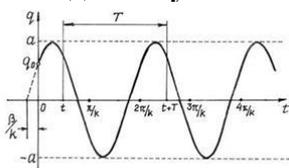
$$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$$

$c$  — жёсткость,  $m$  — масса, сконцентрированная в одной точке.

110. Какими параметрами определяется амплитуда свободных колебаний механической системы с одной степенью свободы?

Амплитуда свободных колебаний зависит как от начального отклонения тела из положения покоя, так и от начальной скорости. При этом направление начальной скорости не влияет на амплитуду.

111. Нарисуйте график, описывающий свободные колебания механической системы с одной степенью свободы без учета сил сопротивления.



112. Нарисуйте график, описывающий свободные колебания механической системы с одной степенью свободы в случае слабого сопротивления.

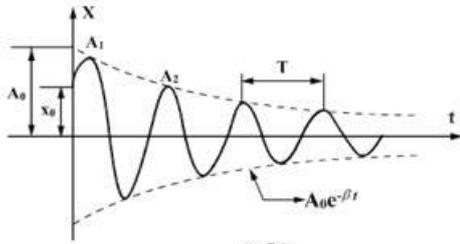


рис 7.8

113. Как вычисляется динамический коэффициент для механической системы с одной степенью свободы при гармоническом воздействии?

$$k_{\text{дин}} = \frac{|q(t)_{\text{max}}|}{q_{\text{ст}}} = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\theta^2}{\omega^2}\right)^2 + 4\beta^2 \frac{\theta^2}{\omega^2}}}$$

$\theta$  — частота изменения возмущающей силы.  $\beta$  — удельный коэффициент вязкого сопротивления.

114. Какое явление называется резонансом (в чем проявляется и при каких обстоятельствах)?

Резонанс — неограниченный рост перемещений, при совпадении возмущающей и собственной частоты. Явление резкого возрастания амплитуды наступает при приближении частоты внешнего воздействия к одной из тех частот, с которыми происходят собственные колебания в системе, возникающие в результате начального толчка.

## ПЕРЕМЕННЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ

115. Могут ли при постоянной нагрузке возникать переменные напряжения? Если да, то приведите примеры.

Да, вращающийся вал.

116. Что называется усталостью?

Усталость — процесс постепенного накопления повреждений в материале под действием переменных напряжений, приводящих к образованию трещин и разрушений.

117. Что называется выносливостью материала?

Выносливость — свойство материала противостоять усталости.

118. Что такое цикл напряжений?

Будем называть циклом напряжений однократную их смену, соответствующую полному периоду их изменения.

Совокупность всех последовательных значений переменных напряжений за один период процесса их изменения называется циклом напряжений.

119. Какой цикл называется симметричным (проиллюстрируйте графиком)?

Если напряжения  $\sigma_{\text{max}}$  и  $\sigma_{\text{min}}$  равны друг другу по абсолютной величине и обратны по знаку, то цикл называют симметричным.  $R = \sigma_{\text{min}}/\sigma_{\text{max}}$  — коэффициент асимметрии цикла



120. Какой цикл называется знакопостоянным (проиллюстрируйте графиком)?

Если знаки  $\sigma_{\text{max}}$  и  $\sigma_{\text{min}}$  одинаковы, то цикл называется знакопостоянным.  $0 < R < 1, R > 1$

121. Какой цикл называется знакопеременным (проиллюстрируйте графиком)?

Если знаки  $\sigma_{\text{max}}$  и  $\sigma_{\text{min}}$  различны, то цикл называется знакопеременным.  $-1 < R < 0, R < -1$

**122. Какой цикл называется отнулевым (проиллюстрируйте графиком)?**

Когда одно из напряжений равно нулю, такой цикл называется отнулевым.  $R=0$ ,  $R=+\text{inf}$

**123. Перечислите основные параметры цикла.**

1. Среднее постоянное напряжение цикла  $\sigma_m$ .
2. Амплитуда цикла — наибольшее значение переменной составляющей цикла напряжений  $\sigma_a$ .
3.  $\sigma_{\max}$ ,  $\sigma_{\min}$
4. r-коэффициент асимметрии

**124. Запишите соотношения, связывающие характеристики цикла напряжений**

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

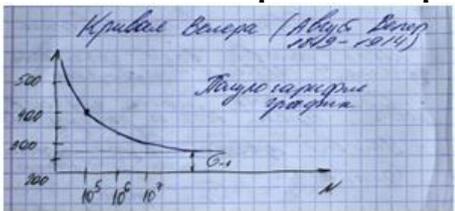
**125. Что такое коэффициент асимметрии цикла?**

$$r = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} \quad R!!!!$$

**126. Какие циклы считаются подобными?**

Подобными называются циклы — циклы, имеющие одинаковые значения k-та асимметрии (характеристики цикла).

**127. Что называют кривой Вёлера? Укажите её вид.**



Кривая Вёлера — кривая усталости с ординатой максимальных напряжений цикла, при которых происходит разрушение детали. Абсцисса — число циклов  $N$ , которое выдержала деталь до разрушения.

**128. Изобразите временную диаграмму цикла с коэффициентом асимметрии равным -1.**

**129. Изобразите временную диаграмму цикла с коэффициентом асимметрии равным 1.**

**130. Что называется пределом выносливости материала?**

Предел выносливости  $\sigma_R$  — характеристика усталостной прочности.

Предел выносливости — наибольшее напряжение, при котором образец не разрушается при практически неограниченном количестве циклов.

**131. Может ли предел выносливости быть равным пределу текучести, пределу прочности?**

Не может. Потому что предел выносливости = 0,4-0,5 сигма прочности.

**132. Какие факторы влияют на величину предела выносливости?**

1. Вид созданного напряжённого состояния.
2. Характеристики цикла.
3. Увеличение размеров (масштабный фактор)
4. Концентрация напряжений
5. Внешняя среда
6. Обработка поверхности

**133. Как влияют абсолютные размеры поперечного сечения детали на величину предела выносливости?**

Увеличение размеров (образец и реальная деталь) приводит к уменьшению предела выносливости, так как:

1. Неоднородность недонапряжённого состояния.
2. Большая вероятность дефектов.

**134. Как влияет качество обработки поверхности на величину предела выносливости детали?**

Чем некачественнее обработка поверхности, тем меньше предел выносливости.

## РАСЧЕТ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ ПО ПРЕДЕЛЬНОЙ (РАЗРУШАЮЩЕЙ) НАГРУЗКЕ

### 135. Какое состояние считается опасным при расчете по методу допускаемых напряжений?

Для пластичных материалов — такое состояние, при котором хотя бы в одной точке опасного сечения значение напряжения достигает предела текучести  $\sigma_T$ .

### 136. Какое состояние считается опасным при расчете по методу разрушающих (предельных) нагрузок?

Опасным называется такое состояние, когда хотя бы в одном сечении во всех точках начинается пластическое течение.

### 137. Для каких материалов можно использовать расчет по методу предельных нагрузок?

Для пластичных.

### 138. Изобразите диаграмму Прандтля. Какие характерные участки можно на ней выделить?

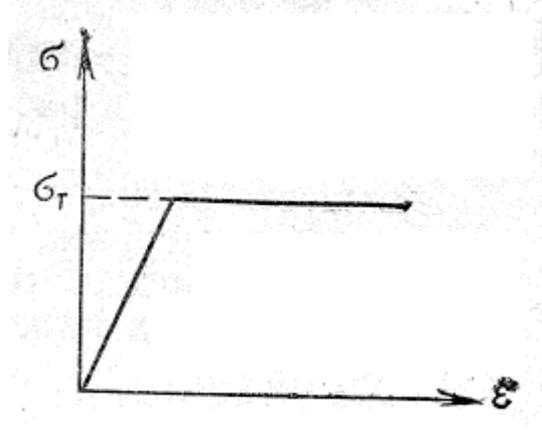


Рис. 3.10. Идеализированная диаграмма работы пластичной стали

### 139. Какое состояние сечения считается предельным при осевой деформации? Как при этом выглядит эпюра нормальных напряжений в сечении?

Состояние, при котором хотя бы в одном сечении во всех точках начинается пластическое течение. равномерно распределённое напряжение.

### 140. Какими резервами прочности обладают статически неопределимые стержневые системы, элементы которых работают на растяжение и сжатие?

Повышение грузоподъемности за счет учета пластических деформаций статически неопределимой системы  $[F]_{\text{пред}}/[F]_{\text{упр}}=1,155$

### 141. Какими резервами прочности обладают статически определимые стержневые системы, элементы которых работают на изгиб?

Повышается грузоподъемность за счет учета пластических деформаций  $[M]_{\text{пред}}/[M]_{\text{упр}}=W_T/W_X=n$

### 142. Какими резервами прочности обладают статически неопределимые стержневые системы, элементы которых работают на изгиб?

Увеличивается расчетная грузоподъемность при учете пластических деформаций:

$$39 \cdot n / 32$$

### 143. Какое состояние сечения считается предельным при плоском изгибе? Как при этом выглядит эпюра нормальных напряжений в сечении?

Состояние пластического шарнира.

### 144. Что такое "пластический шарнир"?

Пластический шарнир — состояние сечения, когда во всех его точках развиваются пластические деформации.

### 145. Как проходит нейтральная линия в предельном состоянии при плоском изгибе?

Положение Н.О. определяется из равенства нулю продольной силы.

**146. Что такое "пластический момент сопротивления"?**

Момент сопротивления в поперечном сечении изгибаемого стержня, определяемый из условия образования в сечении пластического шарнира.

**147. Какое состояние сечения считается предельным при кручении? Как при этом выглядит эпюра касательных напряжений в сечении?**

Когда касательные напряжения будут равны пределу текучести и распространятся от наружных волокон к внутренним на все поперечное сечение.

**148. Как понимать термин "число степеней свободы объекта"?**

Степени свободы — это совокупность независимых координат перемещения и/или вращения, полностью определяющая положение системы или тела.

Число степеней свободы — наименьшее число независимых координат, определяющих положение и конфигурацию тела или системы в пространстве.

**149. Сколько внутренних усилий возникает в поперечных сечениях стержня в общем случае нагружения? Назовите их.**

$M_x, M_y, M_z, Q_x, Q_y, N$ .

**150. По какому признаку классифицируются виды деформации стержня?**

1. Простые виды деформации: осевое растяжение-сжатие, плоско-поперечный изгиб, кручение.
2. Сложные (в том числе составные) виды деформации.

Фактически получается по количеству ненулевых усилий.

**151. В чем состоит принцип независимости действия сил (принцип суперпозиции)?**

Результат воздействия нескольких сил равен сумме результатов воздействия отдельных сил.

**152. Что называется напряжением в точке и какова его размерность?**

Напряжение — это интенсивность внутренних сил. Размерность — Паскали.

**153. Какое напряжение называется нормальным и какое — касательным?**

Нормальное напряжение — проекция полного напряжения на нормаль рассматриваемого сечения.

Касательное напряжение — проекция полного напряжения на рассматриваемое сечение.

**154. Что такое концентрация напряжений и как она оценивается в упругой стадии работы материала?**

Концентрация напряжений — резкая неравномерность распределения напряжений со значительными пиками напряжений вблизи нерегулярности формы.

$$K = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\text{ср}}}$$

**155. Как приложена нагрузка, под действием которой стержень находится в условиях осевой деформации?**

По оси стержня.

**156. Как записывается условие прочности при осевой деформации? Какие задачи можно решать с помощью этого условия?**

$$\frac{N}{A} \leq (\sigma)$$

Задачи:

1. Подбор сечения.
2. расчёт грузоподъёмности.
3. проверка прочности.

**157. Какая величина называется пределом пропорциональности?**

Это максимальное значение нормального напряжения, при котором ещё выполняется закон Гука.

**158. Какая величина называется пределом текучести?**

Наименьшее напряжение, при котором происходит рост деформаций при постоянном нагружении, называется пределом текучести.

**159. Какая величина называется пределом прочности (временным сопротивлением)?**

Напряжение, соответствующее наибольшему нагружению, предшествующему разрушению образца, называется временным сопротивлением.

**160. Какие напряжения называются главными?**

Главные напряжения — это нормальные напряжения (имеют экстремальные значения), действующие на главных площадках.

**161. На каких площадках нормальные напряжения достигают экстремальных значений?**

На главных.

**162. Чему равно наибольшее касательное напряжение в точке тела и на какой площадке оно действует?**

Действует на площадке, расположенной под  $45^\circ$  к главной площадке.

$$\tau_{\text{экстр}} = \frac{\sigma_{\text{гл1}} - \sigma_{\text{гл2}}}{2}$$

**163. Что такое эквивалентное (расчетное) напряжение?**

Эквивалентное напряжение — это условная расчетная величина, значение которого зависит не только от заданного типа напряженного состояния (значений соответствующих ему главных напряжений), но и от принятого для расчета прочности критерия эквивалентности напряженного состояния.

**164. Как определяется эквивалентное (расчетное) напряжение по III гипотезе прочности?**

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$$

**165. Как определяется эквивалентное (расчетное) напряжение по IV гипотезе прочности?**

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

**166. Как записывается условие прочности при кручении для круглого вала и какие задачи оно позволяет решать?**

$$\frac{|M_{z\text{max}}|}{W_p} \leq (\tau)$$

Задачи:

1. Подбор сечения.
2. расчёт грузоподъёмности.
3. Проверка на прочность.

**167. Какие оси называются главными осями инерции?**

Оси, относительно которых центробежный момент инерции обращается в нуль, называются главными осями инерции.

**168. Как приложена нагрузка, под действием которой стержень находится в условиях плоского изгиба?**

1. Перпендикулярно оси стержня.
2. В плоскости, содержащей ось стержня и одну из главных центральных осей поперечного сечения.

**169. Как записывается условие прочности при плоском изгибе для балок из пластичных материалов?**

$$\frac{|M_{x\text{max}}|}{W_x} \leq (\sigma)$$

**170. Какая величина называется моментом сопротивления сечения при изгибе и какова ее размерность?**

$$W_x = \frac{I_x}{(|y|)_{\text{max}}}, \text{ размерность — см}^3.$$

**171. Как записываются граничные условия для шарнирной опоры?**

$$V(0) = 0$$

$$V(l) = 0$$

0, l — координаты опор.

**172. Как записываются граничные условия для жесткой заделки?**

$$V(l) = 0$$

$$\theta(l) = 0$$

$l$  — координата заделки.