

Министерство образования и науки Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению контрольной работы по дисциплине

"Динамика и прочность металлургических машин"

для студентов заочного отделения специальности
7.090218 "Металлургическое оборудование"

Краматорск 2012

УДК 621.771

Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплине "Динамика и прочность металлургических машин" для студентов заочного отделения специальности 7.090218 "Металлургическое оборудование" / Сост. Э.П. Грибков. – Краматорск: ДГМА, 2012. – 16 с.

Приведены примеры расчетов и задания к контрольной работе.

Составители

Э.П. Грибков, доц.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Выполнение контрольной работы студентами заочной формы обучения является составной частью учебного процесса, активной формой самостоятельной работы студентов.

Цель контрольной работы состоит в закреплении и углублении теоретических знаний, приобретенных студентами в процессе изучения курса, выработке навыков самостоятельной работы с учебной, специальной литературой и справочными материалами.

Дисциплина «Динамика и прочность металлургических машин» изучается один триместр и заканчивается экзаменом. По данной дисциплине предусмотрено выполнение одной контрольной работы. В состав контрольной работы включены две задачи.

Каждый студент выполняет индивидуальное задание. В работе обязательно оставлять поля для замечаний. Каждое задание контрольной работы должно иметь свой заголовок.

В начале задачи необходимо выписать все данные для её решения, взятые из таблиц заданий, соответствующих ГОСТов и справочных таблиц. Условие задачи записывается кратко.

Этапы решения задачи последовательно нумеруются и озаглавливаются. Пояснения должны быть краткими, но достаточными для понимания задачи.

Работа должна быть написана четким, разборчивым почерком, грамотно и аккуратно.

Контрольная работа выполняется в соответствии с требованиями этих методических указаний.

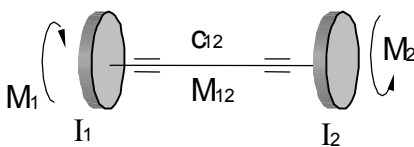
Сдать экзамен по курсу «Динамика и прочность металлургических машин» студент может только после защиты контрольной работы.

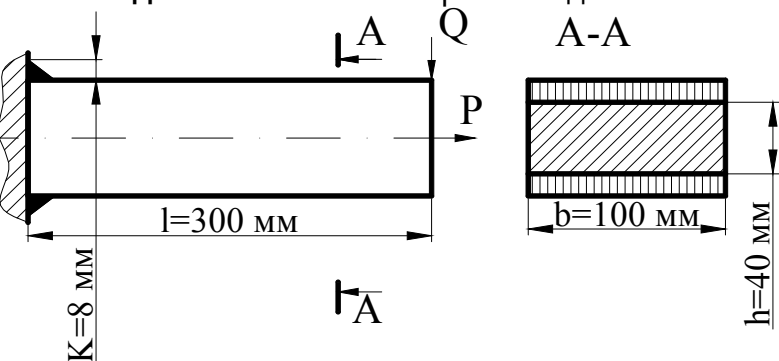
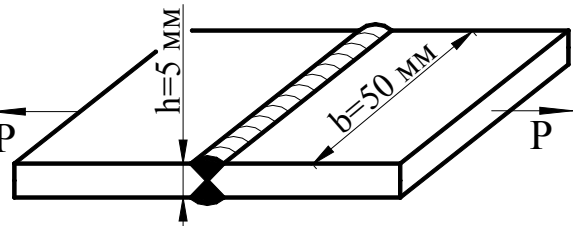
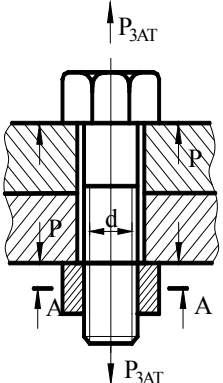
1 ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

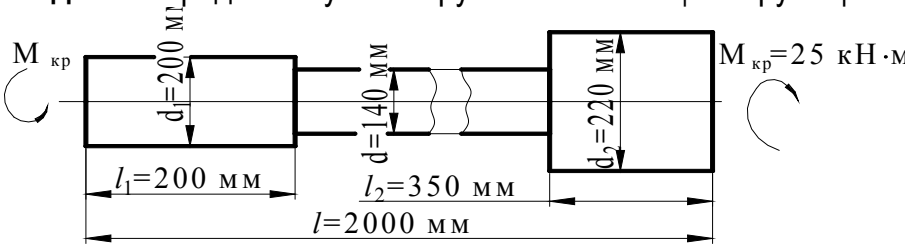
В контрольной работе предусмотрено два задания: две задачи (пример см. в табл. 1.1). Первое задание относится к первому модулю «Динамика металлургических машин», а второе – ко второму модулю «Прочность металлургических машин».

Таблица 1.1 – Примеры заданий к контрольной работе по вариантам

	Задание
Вариант №1	<p>1 Задача. Составить двухмассовую расчетную схему механизма рольганга. Привод ролика рольганга включает электродвигатель и одноступенчатый цилиндрический редуктор. Приведение осуществить к вращательному движению вала электродвигателя.</p> <p>2 Задача. Рассчитать на усталостную прочность в сечении шейки опорный валок. Приводными являются опорные валки. Расчёт выполнить в виде определения коэффициента запаса прочности. Исходные данные: сила прокатки – 1МН; момент прокатки (на двух валках) – 200 кН·м; расстояние между подшипниковыми опорами $L=600$ мм; длина бочки $l=200$ мм; диаметр шейки $d=250$ мм; предел прочности $\sigma_B=850$ Н/мм²; коэффициенты: $k_\sigma=2,45$; $k_\tau=2,25$; $\beta=0,80$; $\varepsilon_\sigma=0,62$; $\varepsilon_\tau=0,54$, $[\eta]=1,2$</p>
Вариант №2	<p>1 Задача. Определить максимальные напряжения в вале. Исходные данные: $M_1=30$кН·м; $M_2=-20$кН·м; $I_1=1000$кг·м²; $I_2=200$кг·м²; $l=1$ м; $d=200$мм; $\theta=0,015$рад.</p>  <p>2 Задача. Рассчитать сварное соединение на выносливость. Соединение встык. Ширина листа – 120 мм, толщина листов – 6 мм. Исходные данные: предел прочности основного металла $\sigma_B=450$ Н/мм²; переменная нагрузка: $P_{\max}=50$ кН; $P_{\min}=-50$ кН; коэффициент концентрации $K_\sigma=1,9$, $[\eta]=1,6$</p>
Вариант №3	<p>1 Задача. Определить максимальные напряжения в балке. Исходные данные: $P=10$ кН; $n=800$ об/мин; $I=1000$ см⁴; $W=100$ см⁴; $S=1$ кН; $\delta=0,002$мм/Н.</p>  <p>2 Задача. Определить напряжения при ударе падающего груза массой 400 кг о брус площадью 1000 мм² высотой 0,5м. Высота падения груза – 48 мм</p>
Вариант №4	<p>1 Задача. Составить двухмассовую расчетную схему эксцентриковых ножниц, включающего электродвигатель, одноступенчатый редуктор, эксцентриковый вал, подвижный суппорт с ножом. Приведение осуществить к вращательному движению вала электродвигателя.</p> <p>2 Задача. Рассчитать болтовое соединение на выносливость. Опасным сечением является сечение по внутреннему диаметру резьбы болта. Исходные данные: диаметр опасного сечения $d=40$ мм; $\sigma_{-1}=280$ Н/мм²; сила затяжки $P_{\text{зат}}=20$ кН; коэффициент основной нагрузки $\chi=0,3$; коэффициенты: $K_\sigma=4$; $\beta=1$; $\varepsilon_\sigma=0,7$; внешняя нагрузка $P=450$ кН; количество болтов $z=8$; коэффициент запаса по амплитуде $[\eta_a]=3,2$; коэффициент запаса по максимальным напряжениям $[\eta_{\max}]=1,5$</p>

	Задание
Вариант №5	<p>2 Задача. Определить максимальные напряжения в валу. Исходные данные: $M_1=20\text{кН}\cdot\text{м}$; $M_2=-15\text{кН}\cdot\text{м}$; $I_1=5000\text{кг}\cdot\text{м}^2$; $I_2=1000\text{кг}\cdot\text{м}^2$; $l=2\text{м}$; $d=200\text{мм}$; $t_0=1\text{ с}$.</p>  <p>2 Задача. Аналитически определить напряжения от удара слитка массой m, который движется по рольгангу со скоростью V, о рабочий валок диаметром D</p>
Вариант №6	<p>1 Задача. Составить многомассовую расчетную схему индивидуального привода прокатного стана, представляющего собой электродвигатель, редуктор и рабочий валок. Приведение осуществить к вращательному движению рабочего валка.</p> <p>2 Задача. Рассчитать на усталостную прочность в приводном хвостовике рабочий валок реверсивного стана кварто 900 холодной прокатки полосы. Расчёт выполнить в виде определения коэффициента запаса прочности. Исходные данные: суммарный момент прокатки – $30\text{кН}\cdot\text{м}$; длина бочки – 900 мм; предел прочности материала в сечении хвостовика $\sigma_b=900\text{ Н/мм}^2$; коэффициент концентрации напряжений в месте перехода шейки валка в бочку $k_\tau=1,8$; коэффициент качества поверхности $\beta=0,8$; масштабные факторы: $\varepsilon_\tau=0,6$; полярный момент сопротивления сечения приводного хвостовика – $50\cdot 10^4\text{ мм}^3$; нормативное значение коэффициента запаса прочности $[\eta]=1,35$</p>
Вариант №7	<p>1 Задача. Определить коэффициент динамичности. Исходные данные: $P=8\text{ кН}$, $n=100\text{ об/мин}$, $S=0,4\text{кН}$.</p>  <p>2 Задача. Рассчитать сварное соединение с фланговыми швами на выносливость. Толщина свариваемых листов – 4 мм, протяженность сварного участка – 100 мм, количество швов – 2. На соединение действует растягивающая сила P.</p> <p>Исходные данные: предел прочности основного металла $\sigma_b=450\text{ Н/мм}^2$; максимальное срезающее усилие $P_{\max}=26\text{ кН}$; минимальное срезающее усилие $P_{\min}=5\text{ кН}$; эффективный коэффициент концентрации $K_\tau=2,7$; коэффициент запаса прочности $[\eta]=1,7$</p>

	Задание
Вариант №8	<p>1 Задача. Составить трехмассовую расчетную схему привода рабочей клетки дуо прокатного стана. Приведение осуществить к вращательному движению вала электродвигателя.</p> <p>2 Задача. Рассчитать сварное соединение на выносливость.</p>  <p>Исходные данные: предел прочности основного металла $\sigma_b=450 \text{ Н/мм}^2$; изгибающая нагрузка: $Q_{\max}=6 \text{ кН}$; $Q_{\min}=2 \text{ кН}$; растягивающее усилие $P=1 \text{ кН}$; эффективный коэффициент концентрации $K_\tau=1,9$; коэффициент запаса прочности $[\eta]=1,5$</p>
Вариант №9	<p>1 Задача. Составить двухмассовую расчетную схему привода дисковых многопарных ножниц. Приведение осуществить к вращательному движению вала электродвигателя.</p> <p>2 Задача. Рассчитать сварное соединение на выносливость.</p>  <p>Исходные данные: предел прочности основного металла $\sigma_b=450 \text{ Н/мм}^2$; переменная нагрузка: $P_{\max}=12 \text{ кН}$; $P_{\min}=-12 \text{ кН}$; эффективный коэффициент концентрации $K_\sigma=1,9$; коэффициент запаса прочности $[\eta]=1,6$</p>
Вариант №10	<p>1 Задача. Составить двухмассовую расчетную схему привода летучих барабанных ножниц. Приведение осуществить к вращательному движению вала электродвигателя.</p> <p>2 Задача. Рассчитать болтовое соединение на выносливость в опасном сечении. Опасным сечением является сечение по внутреннему диаметру резьбы болта. Расчёт на выносливость выполнить в виде определения коэффициента запаса по амплитуде n_a и максимальным напряжениям n_{\max}. Исходные данные: диаметр опасного сечения $d=24,4 \text{ мм}$; предел выносливости $\sigma_{-1}=280 \text{ Н/мм}^2$; сила затяжки $P_{\text{зат}}=20 \text{ кН}$; коэффициент основной нагрузки $\chi=0,3$; эффективный коэффициент концентрации $K_\sigma=4$; коэффициент поверхности $\beta=1$; масштабный фактор $\varepsilon_\sigma=0,7$; внешняя нагрузка $P=160 \text{ кН}$; количество болтов $z=8$; коэффициент запаса по амплитуде $[n_a]=3,2$; коэффициент запаса по максимальным напряжениям $[n_{\max}]=1,5$</p> 

	Задание
Вариант №11	<p>1 Задача. Составить двухмассовую расчетную схему эксцентриковых ножниц. Приведение осуществить к поступательному движению суппорта.</p> <p>2 Задача. Рассчитать толстостенный цилиндр на статическую прочность. Эквивалентное действующее напряжение определить по третьей теории прочности. Определить коэффициент запаса. Выполнить оценку прочности.</p> <p>Исходные данные: $p_b=21$ МПа; $p_n=5$ МПа; $r_b=60$ мм; $r_n=70$ мм; предел текучести материала цилиндра $\sigma_T=350$ Н/мм²; коэффициент запаса по пределу текучести $[n_T]=2,5$</p>
Вариант №12	<p>1 Задача. Определить угол закручивания вала φ от крутящего момента $M_{кр}$.</p>  <p>2 Задача. Рассчитать тонкостенный цилиндр на выносливость. Эквивалентное действующее напряжение определить по третьей теории прочности. Исходные данные: $D=120$ мм; $h=3$ мм; $p_{bmax}=6$ МПа; $p_{bmin}=2$ МПа; предел прочности материала цилиндра $\sigma_b=450$ Н/мм²; эффективный коэффициент концентрации $K_\sigma=1,8$; $\psi_\sigma=0,24$; коэффициент запаса прочности $[n]=2$</p>

2 ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача № 2.1

Определить максимальные нормальные напряжения в балке под правой опорой (рис. 2.1), максимальный прогиб балки и частоту, при которой наступит резонанс системы.

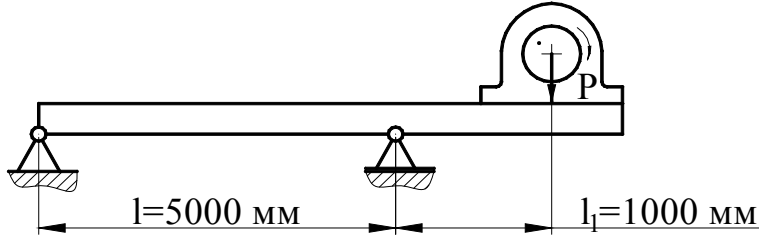


Рисунок 2.1 – Расчётная схема к задаче 2.1

Исходные данные:

$P=5$ кН; $n=500$ об/мин; вращающиеся части привода не уравновешены, на балку действует центробежная сила 500 Н; момент инерции сечения балки $I=815$ см⁴; момент сопротивления сечения $W=82$ см³.

Ход решения

1 Относительный прогиб δ (податливость) в сечении балки в месте расположения привода определяется по способу Верещагина от единичной силы (рис. 2.2).

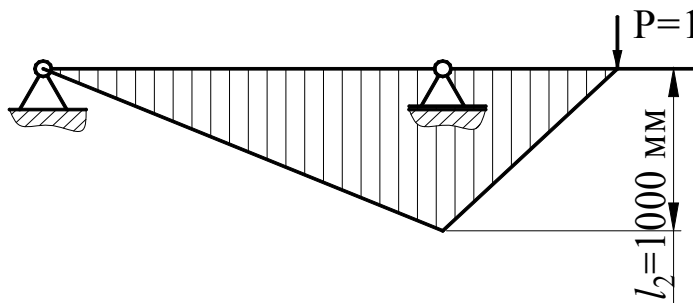


Рисунок 2.2 – Расчётная схема к определению податливости по методу Верещагина

Прогиб под правой опорой

$$\delta = \sum \frac{\Omega \bar{y}_c}{EI} = \frac{1}{EI} \left(\frac{l_2 l_1}{2} \frac{2}{3} l_2 + \frac{l_2 l_1}{2} \frac{2}{3} l_2 \right) = \frac{1}{3EI} l_2^2 (1 + l_1) =$$

$$= 1 / (3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 815 \cdot 10^4) \cdot 1000^2 (5000 + 1000) = 0,0012 \text{ мм/Н},$$

где Ω – площадь грузовой эпюры; E – модуль упругости материала; \bar{y}_c – координата центра тяжести грузовой эпюры.

2 Частота собственных колебаний системы с одной степенью свободы

$$p = \sqrt{c/m} = \sqrt{\frac{1}{m\delta}} = \sqrt{\frac{g}{P\delta}} = \sqrt{\frac{9,81 \cdot 10^3}{5000 \cdot 0,0012}} = 40 \text{ с}^{-1}.$$

3 Закон изменения возмущающей силы –

$$S(t) = S \cos(\varphi t),$$

где частота вынужденных колебаний

$$\varphi = \pi n / 30 = \pi \cdot 500 / 30 = 52 \text{ с}^{-1}.$$

4 Коэффициент динамичности

$$K_D = \frac{1}{1 - p^2 / \varphi^2} = \frac{1}{1 - 40^2 / 52^2} = 2,45.$$

5 Максимальный динамический прогиб правого конца балки (при $\cos(\varphi t) = 1$)

$$\Delta_{\max}^D = S \delta K_D = 500 \cdot 0,0012 \cdot 2,45 = 1,47 \text{ мм.}$$

6 Максимальный полный прогиб правого конца балки

$$\Delta_{\max}^P = \Delta_{\max}^D + \Delta_{\text{ст}} = \Delta_{\max}^D + P \delta = 1,47 + 5000 \cdot 0,0012 = 7,47 \text{ мм.}$$

7 Напряжения от динамических нагрузок под правой опорой балки

$$\sigma_D = M_{\text{изгD}} / W = (S K_D l_1) / W = \frac{500 \cdot 2,45 \cdot 1000}{82 \cdot 10^3} = 14,9 \text{ Н/мм}^2.$$

8 Напряжения от полной нагрузки под правой опорой балки

$$\sigma_P = \sigma_D + \sigma_{\text{ст}} = \sigma_D + \frac{P \cdot l_1}{W} = 14,9 + \frac{5000 \cdot 1000}{82 \cdot 10^3} = 75,9 \text{ Н/мм}^2.$$

9 Резонанс системы наступит тогда, когда частота вынужденных колебаний будет равна частоте собственных колебаний системы, то есть при $\varphi = p$. При этом число оборотов электродвигателя составит:

$$n_p = \frac{30 p}{\pi} = \frac{30 \cdot 40}{\pi} = 382 \text{ об/мин.}$$

Задача № 2.2

Определить максимальные напряжения в вале для двухмассовой системы, совершающей вращательное движение (рис. 2.3) при мгновенном приложении момента технологического сопротивления.

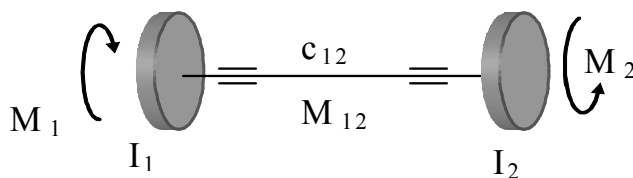


Рисунок 2.3 – Расчётная схема к задаче 2.2 и 2.3

Исходные данные:

$M_1 = 30 \text{ кН} \cdot \text{м}$; $M_2 = -20 \text{ кН} \cdot \text{м}$; $I_1 = 10000 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $I_2 = 4000 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $l = 2 \text{ м}$; $d = 200 \text{ мм}$.

Ход решения

1 Значение статического (амплитудного) момента технологического сопротивления:

$$M_a = \frac{I_1 M_2 + I_2 M_1}{I_1 + I_2} = \frac{10000 \cdot 20 + 4000 \cdot 30}{10000 + 4000} = 22,86 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

2 Для заданных начальных условий движения системы, а именно: $t = 0$, $M_{12} = 0$, $dM_{12} / dt = 0$ – уравнение для определения момента технологического сопротивления будет иметь вид $M_{12} = M_a(1 - \cos pt)$, откуда при $\cos pt = -1$ максимальное значение момента технологического сопротивления будет равно: $M_{12} = M_a(1 - (-1)) = 2M_a$, то есть коэффициент динамичности $K_D = M_{12\max} / M_a = 2M_a / M_a = 2$.

3 Максимальное значение момента технологического сопротивления, возникающего в упругой связи системы (вале),
 $M_{12\max} = K_D M_a = 2 \cdot 22,86 = 45,72 \text{ кН} \cdot \text{м}.$

4 Максимальные напряжения в вале

$$\tau_{\max} = \frac{M_{12\max}}{0,2 d^3} = \frac{45,71 \cdot 1000}{0,2 \cdot 0,2^3} = 28,57 \cdot 10^6 \text{ Н} / \text{м}^2 = 28,57 \text{ Н} / \text{мм}^2.$$

Задача № 2.3

Определить максимальные напряжения в вале для двухмассовой системы, совершающей вращательное движение (см. рис. 2.3).

Исходные данные:

$M_1 = 30 \text{ кН} \cdot \text{м}$; $M_2 = -20 \text{ кН} \cdot \text{м}$; $I_1 = 10000 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $I_2 = 4000 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $l = 2 \text{ м}$; $d = 200 \text{ мм}$, $t_0 = 1 \text{ с}.$

Ход решения

1 Значение статического (амплитудного) момента технологического сопротивления:

$$M_a = \frac{I_1 M_2 + I_2 M_1}{I_1 + I_2} = \frac{10000 \cdot 20 + 4000 \cdot 30}{10000 + 4000} = 22,86 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

2 Коэффициент жёсткости вала

$$c = \frac{G I_p}{l} = \frac{0,82 \cdot 10^5 \cdot 25,13 \cdot 10^5}{2000} = 0,1030 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{мм} / \text{рад} = 103 \text{ кН} \cdot \text{м} / \text{рад},$$

где $I_p = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{\pi \cdot 200^4}{2000} = 25,13 \cdot 10^5 \text{ мм}^4$ – полярный момент инерции сечения

вала; $G = \frac{E}{2(1+\mu)} = \frac{2,1 \cdot 10^5}{2(1+0,3)} = 0,82 \cdot 10^5 \text{ Н} / \text{мм}^2$ – модуль упругости второго рода для стали; E – модуль упругости первого рода; μ – коэффициент Пуассона.

3 Частота собственных колебаний системы

$$p = \sqrt{c \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2}} = \sqrt{103 \cdot 10^3 \frac{10000 + 4000}{10000 \cdot 4000}} = 6,0 \text{ с}^{-1}.$$

4 Коэффициент динамичности

$$K_D = M_{12\max} / M_a = 1 + \frac{\sin \pi \lambda}{\pi \lambda} = 1 + \frac{\sin \pi 0,956}{\pi 0,956} = 1,046,$$

где $\lambda = t_0 / T = t_0 p / 2\pi = 1 \cdot 6 / 2\pi = 0,956$ – вспомогательный параметр.

5 Максимальное значение момента технологического сопротивления, возникающего в упругой связи системы (вале),

$$M_{12\max} = K_D M_a = 1,046 \cdot 22,86 = 23,91 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

6 Максимальные напряжения в вале

$$\tau_{\max} = \frac{M_{12\max}}{0,2 d^3} = \frac{23,91 \cdot 1000}{0,2 \cdot 0,2^3} = 14,94 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 = 14,94 \text{ Н/мм}^2.$$

Задача № 2.4

Определить динамические нагрузки в вале механизма, имеющего радиальный зазор θ . Механизм приведен к двухмассовой расчетной схеме (рис. 2.4). Определить величину действующих напряжений.

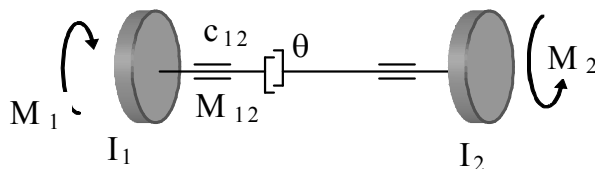


Рисунок 2.4 – Расчётная схема к задаче 2.4

Исходные данные:

законы изменения внешних нагрузок: $M_1(t) = \text{const}$; $M_2(t) = \text{const}$; $M_1 = 30 \text{ кН}\cdot\text{м}$; $M_2 = -20 \text{ кН}\cdot\text{м}$; $I_1 = 10000 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $I_2 = 4000 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; диаметр вала $d = 200 \text{ мм}$, длина вала $l = 2 \text{ м}$; величина приведенного радиального зазора $\theta = 0,03 \text{ рад}$.

Ход решения

1 Значение статического (амплитудного) момента технологического сопротивления:

$$M_a = \frac{I_1 M_2 + I_2 M_1}{I_1 + I_2} = \frac{10000 \cdot 20 + 4000 \cdot 30}{10000 + 4000} = 22,86 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

2 Коэффициент жёсткости вала

$$c = \frac{G I_p}{l} = \frac{0,82 \cdot 10^5 \cdot 25,13 \cdot 10^5}{2000} = 0,1030 \cdot 10^9 \text{ Н}\cdot\text{мм/рад} = 103 \text{ кН}\cdot\text{м/рад},$$

где $I_p = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{\pi \cdot 200^4}{2000} = 25,13 \cdot 10^5 \text{ мм}^4$ – полярный момент инерции сечения

вала; $G = \frac{E}{2(1+\mu)} = \frac{2,1 \cdot 10^5}{2(1+0,3)} = 0,82 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$ – модуль упругости второго рода для стали; E – модуль упругости первого рода; μ – коэффициент Пуассона.

3 Частота собственных колебаний системы

$$p = \sqrt{c \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2}} = \sqrt{103 \cdot 10^3 \frac{10000 + 4000}{10000 \cdot 4000}} = 6,0 \text{ с}^{-1}.$$

4 Угловая скорость к концу выборки зазора

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{2M_1\theta}{I_1}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 0,03}{10000}} = 0,135 \text{ с}^{-1}.$$

5 Коэффициент динамичности:

$$K_D = M_{12\max} / M_a = 1 + \sqrt{1 + \left(\frac{\omega_0 c}{M_a p}\right)^2} = 1 + \sqrt{1 + \left(\frac{0,135 \cdot 103}{22,86 \cdot 6}\right)^2} = 2,28.$$

6 Максимальное значение момента технологического сопротивления, возникающего в упругой связи системы (вале),

$$M_{12\max} = K_D M_a = 2,28 \cdot 22,86 = 52,12 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

7 Максимальные напряжения в вале

$$\tau_{\max} = \frac{M_{12\max}}{0,2 d^3} = \frac{52,12 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 0,2^3} = 32,6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 = 32,6 \text{ Н/мм}^2.$$

Задача № 2.5

Определить напряжения при ударе в механической системе (рис.2.5). Массой балки пренебречь.

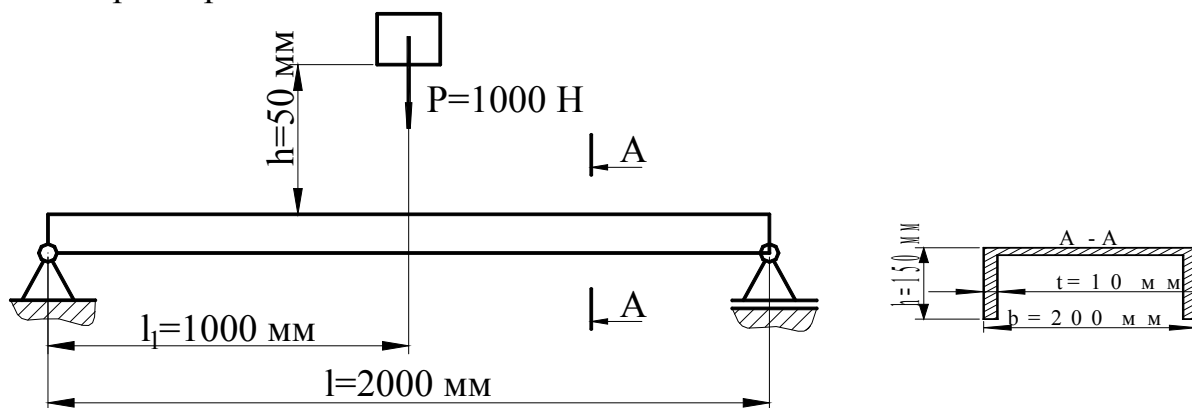


Рисунок 2.5 – Расчётная схема к задаче 2.5

Ход решения

1 Определяем параметры сечения балки. Примем за начало отсчёта линию, проходящую через центр тяжести прямоугольника размерами 200×10 мм. Тогда вертикальная координата центра тяжести фигуры будет равна

$$y_c = \frac{\sum S_x}{\sum F_x} = \frac{b t 0 + (h - t) 2t ((h - t)/2 + t/2)}{b t + (h - t) 2t} =$$

$$= \frac{0 + (150 - 10) \cdot 2 \cdot 10 \cdot (140/2 + 10/2)}{200 \cdot 10 + (150 - 10) \cdot 2 \cdot 10} = 43,75 \text{ мм}.$$

Момент инерции сечения балки

$$I = \sum (I_i + a_i^2 F_i) = \frac{bt^3}{12} + y_c^2 bt + \frac{t(h-t)^3}{12} + \left(\frac{h}{2} - \frac{t}{2} - y_c \right)^2 (h-t)2t =$$

$$= \frac{200 \cdot 10^3}{12} + 43,75^2 \cdot 200 \cdot 10 + \frac{10 \cdot 140^3}{12} + (75 - 5 - 43,75)^2 \cdot 140 \cdot 2 \cdot 10 =$$

$$= 806 \cdot 10^4 \text{ мм}^4 = 806 \text{ см}^4.$$

Момент сопротивления сечения балки

$$W = I / y_{\max} = I / (h - t/2 - y_c) = 806 / (15 - 0,5 - 4,375) = 79,61 \text{ см}^3.$$

2 Прогиб посередине балки от статического действия силы Р

$$\Delta_{\text{ст}} = \frac{P l^3}{48 E I} = \frac{1000 \cdot 2000^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 806 \cdot 10^4} = 1,575 \text{ мм}.$$

3 Коэффициент динамичности

$$K_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\Delta_{\text{ст}}}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 50}{1,575}} = 9,029.$$

4 Наибольший изгибающий момент от статического действия силы Р

$$M = P/2 \cdot l/2 = 1000/2 \cdot 2/2 = 500 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

5 Максимальные нормальные напряжения от статического действия силы Р:

$$\sigma_{\text{ст}} = M / W = 500 \cdot 10^3 / 79,61 \cdot 10^3 = 6,28 \text{ Н} / \text{мм}^2.$$

6 Максимальные нормальные напряжения от динамического действия силы Р

$$\sigma = \sigma_{\text{ст}} K_d = 6,28 \cdot 9,029 = 56,7 \text{ Н} / \text{мм}^2.$$

Задача № 2.6

Определить напряжения при ударе в механической системе (см. рис.2.5) с учётом массы системы.

Ход решения

Пункты 1, 2 выполняются аналогично предыдущей задаче.

3 Масса балки

$$m = [b t + (h - t) 2t] l \rho = [0,2 \cdot 0,01 + (0,15 - 0,01) 2 \cdot 0,01] 2 \cdot 7800 = 75 \text{ кг}.$$

Вес балки $Q = mg = 75 \cdot 9,81 = 735 \text{ Н}.$

4 Коэффициент динамичности

$$K_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\Delta_{\text{ст}} [1 + \beta(Q/P)]}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 50}{1,575 [1 + 17/35 \cdot 735/1000]}} = 7,91,$$

где $\beta = 17/35$ – коэффициент приведения массы для изгибающего удара посередине балки.

5 Наибольший изгибающий момент от статического действия силы Р

$$M = P/2 \cdot l/2 = 1000/2 \cdot 2000/2 = 500 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

6 Максимальные нормальные напряжения от статического действия силы Р

$$\sigma_{\text{ст}} = (M + Q \cdot l \cdot 1/2 \cdot 1/4) / W = (M + Q \cdot l/8) / W = \\ = (500 \cdot 10^3 + 735 \cdot 2000/8) / 79,61 \cdot 10^3 = 8,59 \text{ Н/мм}^2.$$

7 Максимальные нормальные напряжения от динамического действия силы Р

$$\sigma = \sigma_{\text{ст}} K_d = 8,59 \cdot 7,91 = 67,9 \text{ Н/мм}^2.$$

Задача № 2.7

Определить напряжения при ударе в механической системе (рис.2.6) с учётом наличия пружины под правой опорой балки с жёсткостью 300 Н/мм.

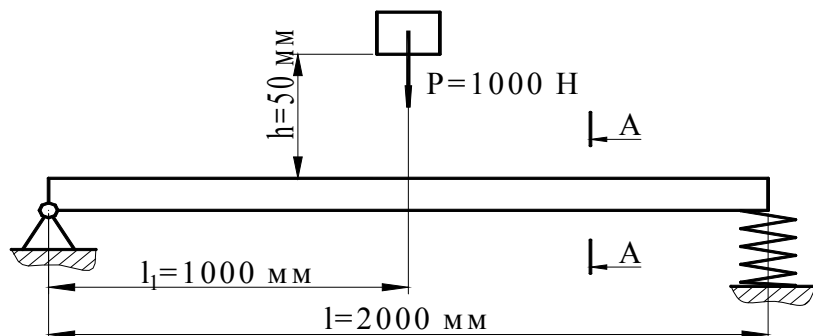


Рисунок 2.6 – Расчётная схема к задаче 2.7

Ход решения

Пункт 1 выполняется аналогично задаче 2.5.

2 Прогиб посередине балки от статического действия силы Р

$$\Delta_{\text{ст}} = \frac{P l^3}{48 E I} + \frac{P}{4c} = \frac{1000 \cdot 2000^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 806 \cdot 10^4} + \frac{1000}{4 \cdot 300} = 2,41 \text{ мм}.$$

3 Коэффициент динамичности

$$K_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\Delta_{\text{ст}}}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 50}{2,41}} = 7,52.$$

4 Наибольший изгибающий момент от статического действия силы Р

$$M = P \cdot l \cdot 1/2 = 1000 / 2 \cdot 2000 / 2 = 500 \text{ Н·м}.$$

5 Максимальные нормальные напряжения от статического действия силы Р

$$\sigma_{\text{ст}} = M / W = 500 \cdot 10^3 / 79,61 \cdot 10^3 = 6,28 \text{ Н/мм}^2.$$

6 Нормальные напряжения от динамического действия силы Р

$$\sigma = \sigma_{\text{ст}} K_d = 6,28 \cdot 7,52 = 47,2 \text{ Н/мм}^2.$$

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Динамика и прочность прокатного оборудования / Ф.К. Иванченко, П.И. Полухин, М.А. Тылкин, В.П. Полухин. – М.: Металлургия, 1970. – 486 с.
- 2 Машины и агрегаты металлургических заводов: в 3 т. – Т.3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката: Учебник для вузов / А.И.Целиков, П.И.Полухин, В.М.Гребеник и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1988. – 680 с.
- 3 Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. – М.: Машиностроение, 1977. – 232 с.
- 4 Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів: Навч. посібник / Ф.К. Іванченко, В.М. Гребеник, В.І. Ширяєв. – К.: Вища школа, 1995. – 455 с.
- 5 Прочность и износостойкость деталей машин / В.П.Когаев, Ю.Н.Дроздов. – М.: Высш. шк., 1991. – 319 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки
до виконання контрольної роботи з дисципліни
«Динаміка і міцність металургійних машин»
для студентів заочного відділення спеціальності
7.090218 «Металургійне обладнання»
(російською мовою)

Укладач

Грибков Едуард Петрович

Редактор

Підп. до друку . Формат 60×84 1/16.
Папір офсетний. Різограф. друк. Ум. друк. арк. Обл.-вид. арк.
Тираж 25 прим. Зам. №

Видавець і виготівник
«Донбаська державна машинобудівна академія»
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
серія ДК №1633 від 24.12.03