



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**



**ПРОЧНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Методическое пособие к курсовой работе
по курсу «МЕХАНИКА»
для студентов группы Э-01-16

Москва 2017

Указания по оформлению курсовой работы

- Курсовая работа (КР) состоит из двух частей. Каждая часть КР выполняется и защищается в соответствии с указанными сроками.
- Текстовая часть КР выполняется на листах писчей бумаги (белой или клетчатой) форматом А4 (210x297). Листы нумеруются и вместе со схемами сшиваются в папку. Бланк задания вкладывается в отчет.
- Текст пишется четко и аккуратно на одной стороне листа. Слева оставляются поля шириной 30 мм, справа – 15 мм, сверху и снизу по 20 мм. Запись условий каждой задачи обязательна.
- Схемы, графики и рисунки выполняются на листах миллиметровой или клетчатой бумаги форматом А4 (210x297) карандашом в строго выбранных масштабах с помощью чертежных инструментов. Все схемы, графики и рисунки должны иметь подрисуночную подпись и порядковый номер, согласно индексационной, сквозной или пораздельной нумерации.
- На схемах следует проставлять как буквенные обозначения, так и числовые значения размеров, нагрузок и опорных реакций с указанием соответствующих размерностей.
- Все расчеты должны выполняться с соблюдением правил приближенных вычислений с точностью до трех значащих цифр.
- Если расчеты выполняются на ЭВМ, в отчетах приводится описание программы, подшиваются ее распечатка и распечатка числовых результатов.
- При исправлении полученной от преподавателя проверенной работы не разрешается стирать вопросы и замечания, сделанные преподавателем. Мелкие исправления выполняются в соответствующем месте расчета (обязательно другими чернилами). Крупные исправления выполняются на новых листах и подшиваются к расчету, со ссылкой на них в месте ошибки.
- КР без бланка задания или оформленная с нарушением настоящих указаний не принимается.

ЧАСТЬ I. РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ И КРУЧЕНИИ

Задача № 1 (5)

Определить из расчета на прочность площади поперечных сечений стержней и установить по размерам ГОСТ размеры сечений, типы которых указаны на чертеже. Вычислить в процентах недогрузку (перегрузку) каждого из стержней. Материал стержней – сталь марки Ст. 3, $[\sigma] = 160$ МПа.

Указания а) брус АВ считать недеформируемым;

б) при подборе стержней учесть, что перегрузка более 5% не допускается;

в) для стержней круглого поперечного сечения стандартными являются следующие диаметры (в мм) от 5 до 40 через 1 мм, далее 42, 44, 45, 48, 50, 52, 54, 55, 58, 60, 62, 65, 68, 70 и т.д. до 100 мм, далее через 5 мм.

Данные к задаче № 1 (5)

Вариант №	P_1 , кН	P_2 , кН	q , кН·м ⁻¹	a , м	l_1 , м	l_2 , м	α , град	β , град
1	300	250	80	1,8	2,5	1	40	25
2	400	440	60	2	3	1,5	30	30
3	200	380	70	2,2	3,5	2	20	35
4	380	250	80	2,4	4	2,5	25	40
5	440	250	90	2,6	2,3	2	35	25
6	350	400	60	2,8	2,4	2,5	30	35
7	250	160	50	2,7	3,2	1,4	40	30
8	500	360	40	1,6	3,4	1,8	45	40
9	240	150	90	2	3,6	2,1	35	30
10	550	330	80	2,5	2,8	2,2	30	20
11	450	250	70	1,5	2,6	2,4	25	35
12	340	200	60	2,5	2,4	2,6	40	25
13	250	140	50	2	2,5	2,8	35	40
14	300	280	70	1	2,2	2,7	25	30
15	400	300	80	1,5	1,8	1,6	30	20
16	350	230	90	2	2	2,2	35	25
17	380	250	60	2,5	3,5	2,7	40	35
18	200	300	80	2	4	1,5	25	30
19	260	180	50	2,5	3,8	2,4	30	40
20	450	360	70	2	3,6	1	35	45
21	500	320	80	2,5	3,2	1,5	45	35
22	350	400	90	2	3	2,1	30	30
23	400	410	60	1,2	2,7	2,5	20	25
24	300	380	70	1,4	2,3	2	35	40
25	260	350	50	1,6	1,8	2,5	40	20
26	220	340	45	1,8	1,5	2	30	25

Задача № 2 (6)

1. Определить из расчета стержней на прочность допускаемое значение силы P , приложенной к брусу AB . Материал стержней – сталь марки Ст. 3, $\sigma_T = 240$ МПа, нормативный коэффициент запаса прочности $[n] = 1,5$. Брус AB считать недеформируемым.
2. Определить усилия и напряжения в стержнях, если отмеченный на схеме стержень нагрет на ΔT . Расчет выполнить в предположении, что при нагреве стержня сила P отсутствует, принять $E = 200$ ГПа, $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ 1/град.
3. Вычислить напряжения, возникающие в поперечных сечениях стержней при совместном действии силы P , равной ее допускаемому значению, и температурном воздействии.
4. Вычислить в процентах недогрузку (перегрузку) системы, обусловленную изменением температурного режима.

Данные к задаче № 2 (6)

Вариант №	k_1	k_2	ΔT , град	l_2 , м	l_1 , м	a , м	F , см ²
1	2	3	12	2	1,2	0,9	5
2	3	2	15	1,8	1,5	0,7	4
3	2	3	10	2,4	1	0,6	8
4	3	4	14	1,6	1,2	1,1	5
5	2	3	15	2	1,6	1	8
6	3	2	20	2,2	2	0,9	6
7	2	3	10	2,4	2,2	0,8	4
8	3	4	12	2,5	1,8	0,7	8
9	2	3	16	2	1	0,6	7
10	3	2	18	2,5	1,2	1,1	5
11	2	3	10	2	2,2	1	6
12	3	4	12	2,2	1,8	0,5	4
13	2	3	14	2,5	1,6	0,6	7
14	3	2	15	2	1,4	0,8	8
15	2	4	16	1,8	1,5	0,9	5
16	2	3	18	1,6	1,8	1,2	4
17	3	4	20	2,4	2	1	7
18	2	3	10	2,2	1,4	0,7	6
19	3	3	20	2	1,2	0,5	8
20	3	2	12	2,5	1	0,9	4
21	2	2	15	2,6	2	0,8	6
22	3	3	18	2,8	1,8	1	5
23	2	4	20	1,8	1,5	0,8	8
24	3	4	12	2	1,2	0,6	9
25	2	3	10	1,6	1	0,7	7
26	2	3	30	1,4	1,2	1	6

Задача № 3 (8)

Для стального ступенчатого стержня кругового поперечного сечения требуется:

1. Построить эпюры крутящего момента M_z и максимальных касательных напряжений $\max \tau$.
2. Для опасного сечения из расчетов на прочность и жесткость определить допускаемое значение момента m .
3. Построить эпюру углов закручивания φ .

Принять: $G = 80$ ГПа, $[\tau] = 100$ МПа.

Данные к задаче № 3 (8)

Вариант №	d , мм	a , м	γ	β	$[\theta]$, рад/м
1	150	1,0	1,9	0,80	0,010
2	160	0,7	1,1	0,70	0,015
3	170	0,5	1,2	0,80	0,020
4	190	0,9	1,3	0,72	0,025
5	200	0,8	1,4	0,92	0,030
6	220	1,0	1,5	0,82	0,035
7	230	0,8	1,6	0,84	0,040
8	240	0,6	1,7	0,74	0,045
9	220	0,7	1,8	0,85	0,050
10	210	0,9	1,9	0,75	0,035
11	200	0,7	2,0	0,70	0,030
12	190	0,6	0,9	0,80	0,040
13	180	1,1	0,8	0,75	0,025
14	170	1,0	0,7	0,85	0,020
15	180	0,9	0,6	0,95	0,015
16	220	0,8	0,5	0,78	0,010
17	200	0,7	1,8	0,70	0,030
18	170	0,6	1,1	0,72	0,040
19	180	1,1	1,2	0,75	0,035
20	190	1,0	1,3	0,80	0,020
21	160	0,5	1,0	0,90	0,040
22	240	0,6	1,5	0,85	0,020
23	210	0,8	2,0	0,80	0,030
24	200	0,9	1,8	0,75	0,040
25	170	1,2	1,0	0,70	0,045
26	185	1,3	1,7	0,65	0,035

ЧАСТЬ II. ИЗГИБ И СЛОЖНОЕ НАГРУЖЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ

Задачи № 4 (1) и 5 (2)

Для заданных стержневых систем, находящихся под воздействием нагрузок P , q и m , требуется:

1. Используя уравнения равновесия статики, определить опорные реакции.
2. Построить эпюры внутренних силовых факторов.

Указания а) используя независимое уравнение статики, сделать проверку правильности определения опорных реакций

б) для каждого участка выписать аналитические выражения для Q_y и M_x , построение эпюр выполнять по характерным ординатам, используя дифференциальные зависимости: $dQ_y/dz = q$, $dM_x/dz = Q_y$, $d^2M_x/dz^2 = q$

в) расчетную схему и эпюры изобразить на одном листе

Данные к задачам № 4 (1) и 5 (2)

Вариант №	q , кН·м ⁻¹	P , кН	a , м	l_1 , м	l_2 , м	c	k_1	k_2	k_3	γ
1	10	210	2	1	0,8	0,5	2,5	0,7	0,2	1,9
2	15	100	1	1,5	1	0,3	2,2	0,6	0,4	1,1
3	20	150	1,5	1,5	1,2	0,6	2,6	0,7	0,3	1,2
4	25	220	2	1	1,6	0,4	1,5	0,9	0,8	1,3
5	30	245	2,5	0,8	1,4	0,7	2	0,8	0,3	1,4
6	35	200	2	0,7	1,2	0,8	2,5	0,5	0,6	1,5
7	40	215	2,5	1	1	0,5	1,8	0,6	0,5	1,6
8	45	230	2	1,2	1,5	0,3	2,1	0,9	0,2	1,7
9	50	205	2,5	1,4	1,4	0,4	2,6	0,8	0,1	1,8
10	55	210	2	1	1,2	0,7	2,4	0,7	0,5	1,9
11	60	120	1,2	1	1,2	0,6	1,6	0,5	0,2	2
12	65	140	1,4	1,2	1,4	0,8	2,5	0,6	0,1	0,9
13	70	160	1,6	1,4	1	0,5	2,2	0,8	0,3	0,8
14	75	180	1,8	1,5	1,4	0,2	2	0,7	0,6	0,6
15	80	200	2	0,8	1,2	0,4	1,6	0,6	0,4	0,7
16	75	220	2,2	1,2	0,7	0,3	1,8	0,9	0,7	0,5
17	70	240	2,4	0,7	0,9	0,8	2,2	0,8	0,1	1,8
18	65	265	2,6	1	1,4	0,7	2,4	0,5	0,6	1,4
19	60	225	2,8	1,2	1	0,5	2,8	0,7	0,3	1,1
20	55	245	2,7	1,5	0,8	0,6	2,6	0,9	0,4	1,2
21	50	160	1,6	1,5	0,7	0,3	1,5	0,6	0,7	1
22	45	210	2	0,9	0,8	0,4	2,5	0,8	0,6	1,5
23	40	205	2,5	0,6	1,4	0,5	1,9	0,9	0,8	2
24	35	150	1,5	0,8	1,5	0,6	1,7	0,7	0,2	1,8
25	30	255	2,5	0,7	1,6	0,8	2	0,5	0,1	1
26	30	220	1,3	1	1,4	0,7	1,5	0,4	0,2	2

Задача № 6 (4)

Для заданного поперечного сечения определить положение центра тяжести и вычислить главные центральные моменты инерции J_x и J_y .

Задача № 7

1. Используя схему и решение задачи №4(1), для опасного сечения построить эпюры нормальных напряжений для двух случаев расположения поперечного сечения балки, изображенного на схеме задачи №6(4). Для указанного расположения сечения и повернутого на 90^0 , выбрать рациональное с точки зрения прочности расположение поперечного сечения и определить фактический коэффициент запаса прочности. Принять $\sigma_T = 240$ МПа. Если имеет место перегрузка, указать во сколько раз должна быть уменьшена нагрузка, действующая на балку, с тем, чтобы соблюдалось условие прочности $n > [n]$. Принять нормативный коэффициент запаса прочности $[n] = 1,5$.
2. С помощью интеграла Максвелла-Мора и метода Симпсона определить линейное или угловое перемещение сечения k .
Принять: $E = 200$ ГПа, $[\sigma] = 200$ МПа.

Задача № 8

1. Из расчета на прочность по допускаемым напряжениям изгиба подобрать номер прокатного сечения балки, приведенной на схеме задачи №5 (2). Для выбранного сечения построить эпюру нормальных напряжений.

Задача № 9 (11)

Стержневая система нагружена пространственной системой сил.

1. Построить эпюры изгибающих моментов M_x и M_y через параметр внешней силы P .
2. Определить допускаемое значение силы P .
3. Рассмотреть случай кругового поперечного сечения стержня.

Найти допускаемое значение силы P при $d = 10$ см.

Данные к задаче № 9(11)

Вариант №	Форма сечения		[σ] МПа	α	l м	c	k
	Двутавр	Прямоугольник $b = \alpha h$, см					
1	-	16	140	0,50	3	0,3	2
2	22	-	160	0,60	4	0,4	3
3	-	12	170	0,70	2	0,2	2
4	20	-	120	0,80	3	0,5	2
5	-	10	140	0,75	4	0,3	3
6	30	-	160	0,50	3	0,2	2
7	-	16	120	0,65	2	0,5	3
8	24	-	170	0,60	3	0,3	3
9	-	12	150	0,70	3	0,4	2
10	27	-	140	0,85	2	0,2	3
11	-	18	160	0,70	4	0,5	2
12	22	-	170	0,65	3	0,4	3
13	-	10	130	0,70	2	0,2	2
14	24	-	120	0,60	3	0,6	3
15	-	16	170	0,55	4	0,3	3
16	20	-	140	0,50	3	0,2	2
17	-	18	130	0,45	2	0,4	2
18	30	-	150	0,70	2	0,5	3
19	-	12	160	0,80	4	0,3	2
20	24	-	120	0,65	3	0,4	3
21	-	18	170	0,75	2	0,2	3
22	20	-	160	0,80	3	0,5	2
23	-	12	140	0,50	4	0,3	2
24	22	-	150	0,60	3	0,4	3
25	-	16	120	0,70	2	0,5	3
26	18	-	180	0,40	3	0,7	2

Задача № 10(13)

Для изображенного на схеме промежуточного вала редуктора требуется:

1. Выбрать *расчетную схему* вала, определить действующие на вал нагрузки, реакции опор. Построить эпюры внутренних силовых факторов M_x , M_y , M_z .

2. Найти диаметр вала d по заданному критерию прочности без учета циклического изменения напряжений, приняв нормативный коэффициент запаса прочности $[n]$ в пределах: $4 \leq [n] \leq 6$.

Указания: Для стержней круглого поперечного сечения стандартными являются следующие диаметры (в мм): от 5 до 40 через 1 мм, далее 42, 44, 45, 48, 50, 52, 54, 55, 58, 60, 62, 65, 68, 70 и т.д. до 100 мм, далее через 5 мм.

Данные к задаче № 10(13)

Вариант №	N, кВт	n, об/мин	Сталь марки	Критерий прочности	γ	a, м	D ₁ , м	D ₂ , м
1	10	100	20	Сен-Венана	0,5	1,1	0,20	0,35
2	20	200	30	Мизеса	0,6	0,7	0,30	0,40
3	15	250	40	Сен-Венана	0,7	1,3	0,25	0,20
4	14	150	45	Мизеса	0,8	0,8	0,35	0,25
5	16	200	35х	Сен-Венана	1,2	0,9	0,25	0,35
6	12	250	40	Мизеса	1,4	1,4	0,30	0,30
7	18	300	40х	Сен-Венана	1,5	1,0	0,40	0,40
8	20	400	30х	Мизеса	1,6	1,1	0,35	0,45
9	10	200	20	Сен-Венана	0,6	1,2	0,40	0,20
10	17	100	30	Мизеса	0,8	1,6	0,20	0,30
11	15	160	35	Сен-Венана	0,5	1,7	0,25	0,25
12	13	180	50	Мизеса	1,0	1,2	0,35	0,35
13	18	250	45	Сен-Венана	1,5	1,4	0,30	0,30
14	14	200	30	Мизеса	1,4	1,6	0,40	0,40
15	20	300	20х	Сен-Венана	1,2	1,3	0,45	0,45
16	14	100	50х	Мизеса	0,5	1,5	0,20	0,20
17	16	150	45	Сен-Венана	0,6	1,2	0,25	0,25
18	10	300	35х	Мизеса	1,4	1,0	0,30	0,30
19	20	200	40	Сен-Венана	1,2	1,6	0,35	0,35
20	25	150	30	Мизеса	1,1	1,4	0,40	0,40
21	15	300	35	Сен-Венана	0,7	1,5	0,45	0,45
22	22	200	30	Мизеса	0,8	1,3	0,35	0,35
23	24	400	20	Сен-Венана	0,6	1,2	0,25	0,25
24	17	300	40	Мизеса	0,9	1,1	0,20	0,20
25	19	300	45	Сен-Венана	1,4	1,0	0,30	0,30
26	13	350	30	Мизеса	1,5	1,2	0,4	0,6

Рекомендуемая литература

1. Окопный Ю.А., Радин В.П., Чирков В.П. Механика материалов и конструкций. - М.: Машиностроение, 2001.
2. Сборник задач по курсу «Механика материалов и конструкций» Ю.А. Окопный, В.П. Радин, В.Е. Хроматов, В.П. Чирков - М.: Машиностроение, 2004.
3. Ицкович Г.М., Минин Л.С., Винокуров А.И. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. - М.: Высшая школа, 2001.