

### **Общие требования и правила оформления расчетного задания**

1. Отчет о выполненном расчетном задании оформляется на листах формата А4 (ГОСТ 7.32-81. Отчет о научно-исследовательской работе. Общие требования и правила оформления) с обложкой из плотной бумаги. Страницы нумеруются.

2. Текст пишется четко и аккуратно **на одной стороне листа** с размерами полей не менее: левое – 30 , правое – 15 мм. Текстовая часть должна содержать последовательное изложение теоретических положений и решения задач. Все обозначения должны совпадать с принятыми на лекциях или должны быть объяснены. Не допускается приведение формул и вычислений без текстового комментария.

3. Иллюстрации (таблицы, чертежи, схемы, графики) выполняют чертежными инструментами с соблюдением масштабов.

4. Основные формулы в тексте, таблицы и графики необходимо пронумеровать. Рекомендуется применение двойной нумерации, например: формула 1.2, табл. 3.4, рис. 4.5 и т.д.

5. Решение задач и оформление отчета рекомендуется проводить с использованием систем научных и инженерных расчетов типа MathCAD, MATLAB, Mathematika с обязательной распечаткой программ и (или) рабочих листов, содержащих исходные числовые данные, алгоритмы вычислений и необходимый графический материал.

6. При использовании учебников, пособий, ГОСТов и другой литературы необходима ссылка на источники. В этом случае в конце текстовой части отчета приводится библиографический список.

7. При исправлении проверенного преподавателем расчетного задания **необходимо оставлять замечания, сделанные преподавателем**. Мелкие исправления вносятся непосредственно на странице, где имеются замечания, а крупные – на новых листах, подшиваемых к отчету.

8. Отчет без бланка задания, подписанного преподавателем, а также оформленный с нарушением ГОСТа и настоящих указаний, не принимается.

---

## СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНОГО ЗАДАНИЯ

### Часть I. Определение усилий в элементах конструкций

#### Задача № 1

1. Провести анализ системы с точки зрения ее статической определимости.
2. Определить реакции связей системы и усилия в стержнях (тросах) при ее квазистатическом нагружении внешними силами.
3. Выполнить проверку полученного решения. Погрешность не должна превышать 3%.
4. Из условия прочности тросов найти их диаметры. Принять  $[\sigma] = 160$  МПа.

**Данные к задаче № 1**

№ варианта	$P_1$ кН	$P_2$ кН	$m$ кН·м	$\alpha$ град	$\beta$ град	$l$ м	$k$
1	1.0	2.8	0.4	20	30	2.0	0.5
2	1.2	2.6	0.6	30	45	2.2	0.6
3	1.4	2.4	0.8	45	20	2.4	0.7
4	1.6	2.2	1.0	60	55	2.5	0.7
5	1.8	2.0	1.2	30	20	1.8	0.8
6	2.0	1.8	1.5	20	45	1.6	0.8
7	2.8	1.0	0.2	20	45	1.5	1.2
8	2.6	1.2	0.4	30	20	1.3	1.4
9	2.4	1.4	0.4	45	30	2.0	1.5
10	2.2	1.6	0.6	20	45	2.2	1.2
11	2.0	1.8	0.8	55	60	2.4	0.5
12	1.8	2.0	1.0	20	30	2.5	0.6
13	1.0	2.8	1.2	45	20	1.8	0.7
14	1.2	2.6	1.5	45	20	1.6	0.7
15	1.4	2.4	0.2	20	30	1.5	0.8
16	1.6	2.2	0.4	30	45	1.3	0.8
17	1.8	2.0	0.4	45	20	2.0	1.2
18	2.0	1.8	0.6	60	55	2.2	1.4
19	2.8	1.0	0.8	30	20	2.4	1.5
20	2.6	1.2	1.0	20	45	2.5	1.2
21	2.4	1.4	1.2	20	45	1.8	0.8
22	2.2	1.6	1.5	55	60	1.6	1.2
23	2.0	1.8	0.2	20	30	1.5	1.4
24	1.8	2.0	0.4	45	20	1.3	1.5
25	3.0	4.0	1.3	45	20	3.0	1.2

## Задача № 2

Для конструкции, расчетная схема которой принята в виде набора абсолютно жёстких невесомых брусьев, соединенных между собой упругими элементами - стержнями, необходимо подобрать из расчета на прочность поперечные сечения стержней в виде стандартных прокатных профилей.

Принять  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ .

Данные к задаче № 2

№ варианта	$P$ кН	$m$ кН·м	$q$ кН/м	$a$ м	$b$ м	$l$ м
1	130	200	150	1.0	0.5	1.2
2	120	110	160	2.0	2.0	1.3
3	110	140	200	0.6	0.6	1.8
4	140	150	180	0.8	0.8	2.0
5	150	160	120	0.5	0.5	0.6
6	160	160	110	0.6	1.8	0.8
7	200	200	140	0.8	2.0	0.2
8	180	180	150	1.0	0.6	2.0
9	130	130	160	1.3	2.0	2.0
10	190	120	200	1.8	0.6	0.6
11	130	110	180	2.0	0.8	0.8
12	120	140	130	0.6	0.5	0.5
13	110	150	190	0.8	0.6	1.8
14	140	160	110	0.2	0.8	2.0
15	150	200	140	1.4	1.0	0.6
16	160	180	150	2.0	1.3	2.0
17	200	130	160	0.6	1.8	0.6
18	180	190	90	0.8	2.0	0.8
19	130	110	130	0.5	0.6	0.5
20	190	140	120	1.8	0.8	0.6
21	110	150	110	2.0	0.2	0.8
22	140	160	140	0.6	0.8	1.0
23	150	120	150	0.6	0.2	0.6
24	160	80	160	0.8	1.4	2.0
25	80	140	200	0.2	2.0	0.6

### Задача № 3

Для системы, статически нагруженной внешними силами, необходимо:  
Найти реакции в заделке (сечение  $A$ ).

Данные к задаче № 3

№ варианта	$P_1$ кН	$P_2$ кН	$m$ кН·м	$q$ кН/м	$a$ м	$b$ м	$c$ м
1	30	25	4	10	1.3	0.6	0.2
2	40	30	8	25	1.8	0.8	0.3
3	50	40	7	30	2.0	1.0	0.4
4	60	50	4	40	0.6	1.2	0.5
5	70	60	8	50	0.8	1.5	0.6
6	80	70	2	25	0.5	1.8	1.3
7	20	80	1	30	0.2	2.0	1.8
8	10	20	5.5	40	0.3	0.6	2.0
9	25	10	4.5	50	0.4	0.8	0.6
10	55	25	6	60	0.5	0.5	0.8
11	25	55	7	70	0.6	0.6	1.3
12	30	45	3	80	1.3	0.8	0.2
13	40	30	4	15	1.8	1.0	0.3
14	50	25	5	25	2.0	1.2	0.4
15	20	30	6	35	0.6	1.5	0.5
16	10	40	7	60	0.8	1.8	0.6
17	30	50	8	30	0.2	2.0	1.3
18	40	20	2	12	0.3	0.6	1.8
19	50	10	1	25	0.4	0.8	2.0
20	60	30	2.5	30	0.5	0.5	0.6
21	70	40	5.5	40	0.6	1.8	0.8
22	80	25	6	50	1.3	2.0	2.0
23	20	30	7	60	1.8	0.6	0.6
24	10	40	8	70	2.0	0.8	0.8
25	25	50	4.5	80	0.6	0.5	0.5

### Задача № 4

1. Определить усилия в стержнях статически определимой плоской фермы.
  2. Из расчета на прочность подобрать размер поперечного сечения стержней в форме квадрата. Материал - сталь 40,  $[\sigma] = 160$  МПа.
- Результаты представить в виде таблицы.

#### Данные к задаче № 4

№ варианта	$P_1$ кН	$P_2$ кН	$a$ м	$h_1$ м	$h_2$ м
1	100	100	1	1	2
2	150	150	2	2	2
3	140	200	1	2	3
4	180	100	2	3	3
5	120	120	3	3	2
6	90	140	1	2	2
7	120	180	1	2	1
8	80	120	2	1	2
9	100	90	2	1	2
10	150	120	3	1	2
11	200	80	3	1	2
12	100	100	2	2	3
13	180	150	2	2	3
14	120	200	1	3	2
15	90	100	1	3	2
16	120	140	1	2	1
17	80	180	1	2	1
18	140	120	2	1	1
19	180	90	2	1	1
20	120	120	3	1	3
21	90	80	3	1	2
22	120	90	2	3	2
23	80	80	2	2	1
24	120	120	1	2	1
25	160	160	1	1	2

### Задача № 5

1. Получить характеристическое уравнение для определения главных значений (главных напряжений) и системы уравнений для нахождения направлений главных осей тензора напряжений  $\tilde{\sigma}$ .

2. Для проверки правильности найденных корней характеристического уравнения, вычислить инварианты тензора напряжений в исходных и главных осях.

3. Вычислить главные значения и направляющие косинусы главных осей тензора  $\tilde{\sigma}$  ( $\sigma_{jk}$ , МПа).

4. По заданному критерию прочности вычислить эквивалентные напряжения.

### Данные к задаче № 5

№ варианта	$\sigma_{11}$ МПа	$\sigma_{22}$ МПа	$\sigma_{33}$ МПа	$\sigma_{12} = \sigma_{21}$ МПа	$\sigma_{13} = \sigma_{31}$ МПа	$\sigma_{23} = \sigma_{32}$ МПа	Критерий прочности
1	100	100	10	-50	20	9	Мизеса
2	-60	-10	-100	90	10	8	Сен-Венана
3	12	10	-100	60	30	7	Мизеса
4	15	14	100	90	40	6	Сен-Венана
5	-15	-20	100	-80	50	12	Сен-Венана
6	90	70	50	-50	40	13	Мизеса
7	35	90	-50	-10	30	16	Сен-Венана
8	-70	100	-70	50	20	18	Сен-Венана
9	60	100	70	-80	10	22	Мизеса
10	100	-12	-70	14	60	6	Мизеса
11	100	10	60	-20	6	12	Сен-Венана
12	50	14	100	6	12	13	Мизеса
13	-50	-20	100	12	13	16	Сен-Венана
14	-70	14	50	13	16	6	Сен-Венана
15	70	-20	-50	16	18	12	Мизеса
16	-12	-70	-70	-50	22	13	Сен-Венана
17	13	10	70	-70	70	16	Сен-Венана
18	14	50	100	70	20	10	Мизеса
19	-20	-50	100	6	100	10	Мизеса
20	60	-70	50	12	100	6	Сен-Венана
21	10	70	-50	13	50	12	Сен-Венана
22	10	-12	-70	16	-50	13	Мизеса
23	50	13	70	18	-70	16	Сен-Венана
24	-50	14	30	22	70	18	Сен-Венана
25	-70	-20	50	-10	-10	22	Мизеса

## Часть 2

### Расчет конструкций, работающих на растяжение и изгиб

#### Задача № 6

Для заданной статически неопределимой системы требуется выполнить расчет используя метод сил.

1. Выбрать основную систему и вычислить коэффициенты канонического уравнения. Определить величину "лишнего" неизвестного и вычислить усилия во всех стержнях.

2. Определить усилия во всех стержнях, если длина одного из стержней (выбрать самостоятельно) больше указанного на схеме на величину  $\Delta$ . Расчет выполнить в предположении, что внешние нагрузки отсутствуют.

3. Определить усилия во всех стержнях, если температура выбранного стержня изменяется на  $\Delta T$  (внешние нагрузки отсутствуют,  $\Delta = 0$ ).

4. Определить коэффициент запаса прочности конструкции при одновременном действии силы, наличии монтажного зазора и изменении температуры.

*Указание :*

Материал стержней – сталь 3, модуль упругости которой  $E = 200$  ГПа, предел текучести  $\sigma_T = 240$  МПа, температурный коэффициент линейного расширения  $\alpha = 12,5 \cdot 10^{-6}$  1/град.

## Данные к задаче № 6

№ варианта	$a$ , м	$l_1$ , м	$l_2$ , м	$F \cdot 10^4$ , м <sup>2</sup>	$k$	$P$ , кН	$\Delta$ , мм	$\Delta T$ , °C
1	1	2	1	4	1	3	0.1	20
2	1.5	1	2	5	1	4	0.2	30
3	1.2	1	3	8	1	5	0.3	40
4	1.5	2	3	7	1	6	0.1	50
5	1.5	2	3	6	1	7	0.2	20
6	0.9	2	3	4	1	8	0.3	40
7	2	1	2	4	2	20	0.1	10
8	2.5	1	2	5	2	10	0.2	35
9	2	1	2	6	2	5	0.3	40
10	1.5	3	1	14	2	55	0.2	-20
11	1.5	3	1	10	2	25	0.3	-30
12	0.9	3	1	12	2	30	0.1	-40
13	2	3	1	12	2	40	0.2	-50
14	2.5	3	2	13	2	50	0.3	-20
15	2	2	1	16	2	20	0.2	-40
16	1.5	2	1	5	1	10	0.1	10
17	1.5	4	2	5	1	10	0.2	35
18	1.2	4	2	5	1	10	0.3	-40
19	1.5	4	2	6	1	50	0.1	20
20	1.5	1	2	7	1	6	0.2	-30
21	0.9	1	2	7	2	70	0.1	40
22	2	2	1	3	2	8	0.3	-50
23	1.5	2	1	4	2	2	0.1	20
24	1.2	2	4	12	2	10	0.2	-40
25	1.5	4	3	12	2	25	0.3	10



**Задача № 7**

Для увеличения прочности и жёсткости фермы к ней добавлен стержень (на расчетной схеме к задаче № 4 показан пунктиром). Используя метод сил, выполнить расчет фермы в следующей последовательности.

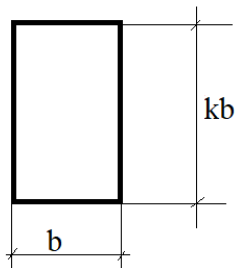
1. Для выбранного варианта основной системы вычислить коэффициенты канонического уравнения.
2. Определить величину "лишнего" неизвестного и вычислить усилия в стержнях фермы.
3. Выполнить статическую и деформационную проверки. Погрешность не должна превышать 3%.
4. Из расчета на прочность подобрать размер поперечного сечения стержней в форме квадрата. Материал - сталь 40,  $[\sigma] = 160$  МПа.

Результаты вычислений (единичные и грузовые усилия в стержнях, их произведения по отдельным стержням и т.д.) представить в виде таблицы.

### Задача № 8

Для балки, изображенной на схеме, требуется:

1. Построить эпюры поперечной силы  $Q_y$  и изгибающего момента  $M_x$ .
2. Из расчета на прочность подобрать размер поперечного сечения балки в форме прямоугольника



4. Для выбранного поперечного сечения найти линейное и угловое перемещение выбранного сечения балки.

Материал стержней – сталь 10ХСНД, модуль упругости которой  $E = 200$  ГПа, предел текучести  $\sigma_T = 380$  МПа. Принять значение нормативного коэффициента запаса прочности  $[n] = 1,6$ .

### Данные к задаче № 8

№ варианта	$a$ , м	$P$ , кН	$q$ , кН/м	$k$
1	2	30	25	3
2	1	40	30	1.5
3	1	50	40	1.5
4	2	60	50	3
5	2	70	60	1.5
6	2	80	70	3
7	1	20	80	2
8	1	10	20	2
9	1	25	10	1.5
10	3	55	25	2
11	3	25	55	2
12	3	30	45	2
13	3	40	30	1.5
14	3	50	25	2
15	2	20	30	2
16	2	10	40	1.5
17	4	30	50	1
18	4	40	20	1.5
19	2	50	10	1
20	1	60	30	2
21	1	70	40	2
22	1	80	25	2
23	1	20	30	1.5
24	4	10	40	2
25	4	25	50	1

**Задача № 9**

Для двутавровой балки, изображенной на схеме, требуется:

1. Построить эпюры поперечной силы  $Q_y$  и изгибающего момента  $M_x$ .
2. Из расчета на прочность определить допускаемое значение внешней нагрузки  $q$ .
3. Для опасного сечения балки при  $q=[q]$  построить эпюру нормальных напряжений.
4. При внешней нагрузке, равной допускаемой, найти линейное и угловое перемещение выбранного сечения балки.

Указания.

Принять  $P = kqa$ ,  $m = qa^2$ .

Материал стержней принять из задачи 8.

## Данные к задаче № 9

№ варианта	$a$ , м	$b$ , м	$c$ , м	$l$ , м	$k$	№ профиля
1	1	0.5	2	2	1	10
2	1.5	0.5	1	2	1	14
3	1.2	0.6	1	2	1	16
4	1.5	0.6	2	2	1	18
5	1.5	0.7	2	2	1	20
6	0.9	0.7	2	2	1	10
7	2	1	1	0.5	2	10
8	2.5	1.5	1	0.5	2	10
9	2	1.2	1	0.6	2	14
10	1.5	1.5	3	0.6	2	14
11	1.5	1.5	3	0.7	2	14
12	0.9	0.9	3	0.7	2	14
13	2	0.5	3	1	2	20
14	2.5	0.5	3	1.5	2	20
15	2	0.6	2	1.2	2	16
16	1.5	0.6	2	1.5	1	16
17	1.5	0.7	4	1.5	1	14
18	1.2	0.7	4	0.9	1	14
19	1.5	0.5	2	1	1	14
20	1.5	0.5	1	1.5	2	20
21	0.9	1	1	1.2	2	20
22	2	1	1	0.5	2	16
23	1.5	1	1	0.5	1.5	16
24	1.2	2	4	0.6	2	14
25	1.5	2	4	0.6	1	14

*Образец оформления титульного листа*

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

---

**Расчетное задание  
по курсу «Прикладная физика» 3 семестр**

Студент  
ТФ-09-17

Иванов И.И

Преподаватель

Москва

2021

Механические характеристики углеродистых  
конструкционных сталей

Марка стали	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	Относительное удлинение $\delta, \% (l = 10d)$
20	420	250	25
30	500	300	21
40	580	340	19
50	640	380	14
30Г	550	320	20
50Г	660	400	13
20Х	800	650	11
40Х	1000	800	10
30ХМ	950	750	11
40ХМ	1000	800	11
30ХГСА	1100	850	10

**Библиографический список**

1. **Ицкович Г.М., Минин Л.С. Винокуров А.И.**, Руководство к решению задач по сопротивлению материалов. М.: Высшая школа, 1999. — 592 с.
2. **Окопный Ю.А., Радин В.П., Хроматов В.Е., Чирков В.П.** Механика материалов и конструкций: Сборник задач. М.: Машиностроение, 2004. — 414 с.
3. **Окопный Ю.А., Радин В.П., Чирков В.П.** Механика материалов и конструкций. М.: Машиностроение, 1-е изд. 2001. — 408 с., 2-е изд. 2002. — 436 с.
4. **Радин В. П., Стрельникова Н. Л.** Решение задач механики материалов и конструкций в системе MathCAD. М.: Издательство МЭИ, 2000. — 64 с.
5. **Сопротивление материалов** /Под ред. Г.С. Писаренко. Киев : Вища школа, 1986 . — 775 с.