

В контрольной работе (весенний семестр) следует решить *задачу 10*, условие которой приводится ниже.

Исходные данные для решения задач выбираются студентом в соответствии с его личным учебным шифром.

Шифром считаются последние три цифры номера зачетной книжки. Например, если номер зачетной книжки 291018, то шифром будет 018. В этом случае первая цифра шифра 0, вторая цифра шифра 1, третья цифра шифра 8. Для получения исходных данных надо выписать из таблицы три строчки: одну, отвечающую цифре (0), вторую, отвечающую цифре (1), и третью, отвечающую цифре (8).

Номер схемы берется как сумма цифр личного учебного шифра студента. Для рассматриваемого примера это будет схема под номером  $0+1+8=9$ .

## Задача 10. Расчет системы на надежность

**Задание:** Дана плоская статически определимая рама (рис. 8). За постоянную нагрузку принята равномерно распределённая нагрузка  $q$ ; за временную – одновременно действующие сила  $F$  и момент  $M$ .

1. Выполнить детерминистический расчёт системы:

а) построить эпюры внутренних усилий отдельно от постоянной и временной нагрузок;  
б) получить и записать в виде выражений расчётные усилия – по одному для группы «1» горизонтальных стержней и группы «2» вертикальных стержней;  
в) подобрать из условия прочности по нормальным напряжениям номер прокатного двутаврового профиля для стержней группы «1» и прямоугольного сечения ( $h \times b$ ) для стержней группы «2» при  $R=210$  МПа (перенапряжение не должно превышать 5%).

2. Определить надёжность системы по расчётным условиям безотказности – прочности двух опасных сечений (для стержней групп «1» и «2» – см. п. 1б), записанным в виде  $\tilde{\sigma}_{(1)} \leq \tilde{\sigma}_u$ ;  $\tilde{\sigma}_{(2)} \leq \tilde{\sigma}_u$ .

Расчёт выполнить в следующем порядке:

а) с применением метода статистической линеаризации определить вероятностные характеристики (математические ожидания и стандарты) случайных величин  $\tilde{\sigma}_{(1)}$ ,  $\tilde{\sigma}_{(2)}$  – наибольших нормальных напряжений в двух опасных сечениях, используя полученные в п.1б выражения усилий. В вероятностном расчёте учесть стохастические свойства всех параметров системы (размеров конструкции и сечений её элементов, нагрузок, физико-механических характеристик материала) по данным, представленным ниже;

б) считая напряжения  $\tilde{\sigma}_{(1)}$ ,  $\tilde{\sigma}_{(2)}$  нормально распределёнными случайными величинами, найти доверительные интервалы их значений с обеспеченностью 0,98;

в) вычислить характеристики безопасности по каждому из рассмотренных расчётных условий безотказности; по ним найти соответствующие значения вероятностей отказа и надёжностей;

г) определить общую надёжность системы по принятому многокритериальному условию безотказности.

Исходные данные выбираются в соответствии с шифром из таблицы 9.

Таблица 9

Первая цифра шифра	$a$ , м	$c$ , м	Вторая цифра шифра	$q$ , кН/м	$h/b$	Третья цифра шифра	$M$ , кНм	$F$ , кН
1	2,5	6	1	10	1,4	1	40	20
2	3,0	8	2	16	1,2	2	50	28
3	4,0	5	3	20	2,4	3	30	35
4	3,5	6	4	12	1,8	4	55	30
5	2,0	5	5	14	2,6	5	25	44
6	3,0	6	6	25	2,2	6	65	36
7	2,5	7	7	13	3,2	7	50	24
8	4,0	5	8	15	1,6	8	35	40
9	3,0	5	9	22	3,4	9	60	22
0	3,5	8	0	18	2,5	0	45	32

Кроме того:  $\bar{a}_1 = a_1 = a$ ,  $\bar{a}_2 = a_2 = a$ ,  $\bar{a}_3 = a_3 = 2a$ ,  $\bar{c} = c$ ;

$\bar{\sigma}_u = 300$  МПа,  $A_\sigma = 0,1$ ; для нагрузок  $A_q = 0,033$ ;  $A_F = A_M = 0,1$ ;

$\tilde{h} = \bar{h} \pm 2$  мм,  $\tilde{b} = \bar{b} \pm 2$  мм;

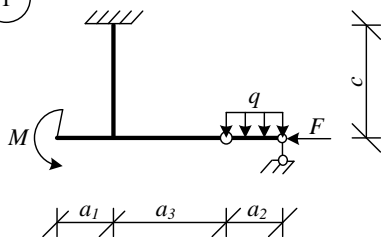
для двутавровых профилей  $\Delta W \approx \pm 3,5\%$ ,  $\Delta I \approx \pm 4\%$ ,  $\Delta A \approx \pm 3\%$ ;

$\tilde{a}_1 = \bar{a}_1 \pm 1$  см,  $\tilde{a}_2 = \bar{a}_2 \pm 1$  см,  $\tilde{a}_3 = \bar{a}_3 \pm 1$  см,  $\tilde{c} = \bar{c} \pm 1$  см.

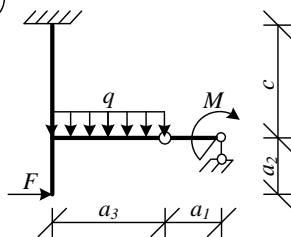
*Примечания:*

1. Стандарты параметров, описанных доверительными интервалами, вычислять по «правилу трёх сигма».
2. Считать значения нагрузок, указанные в таблице исходных данных, наибольшими значениями из соответственных доверительных интервалов.
3. При выполнении пп. 2б и 2в использовать таблицы значений интеграла вероятностей (функций Лапласа) и/или коэффициентов Стьюдента.

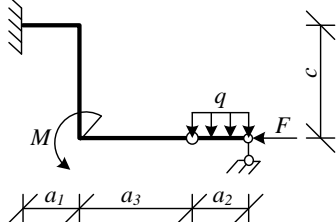
1



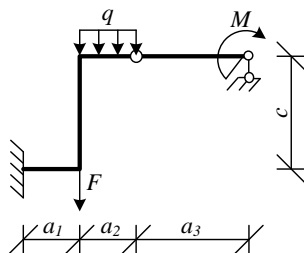
2



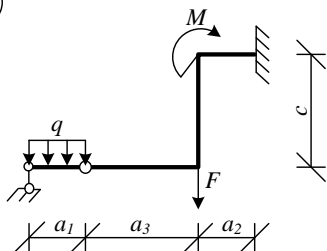
3



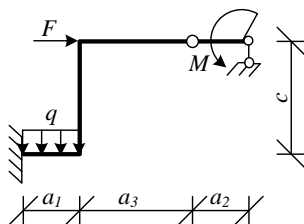
4



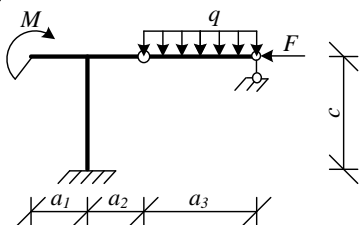
5



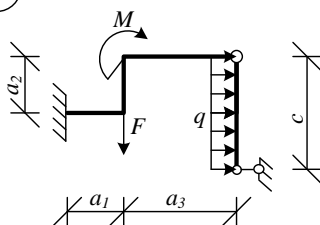
6



7

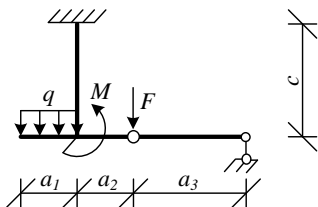


8

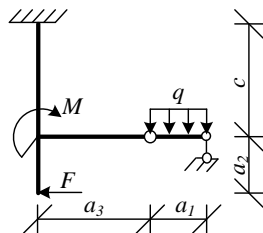


Ри

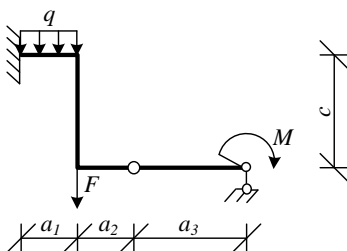
9



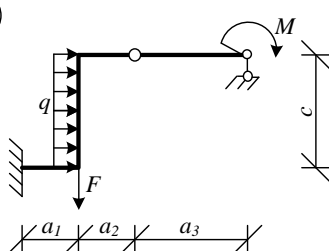
10



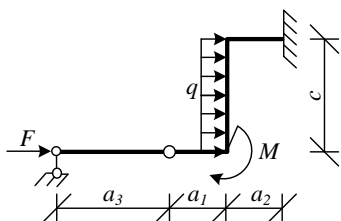
11



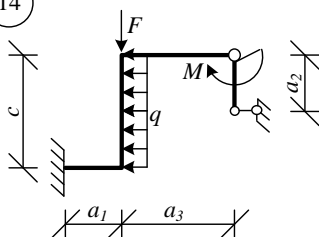
12



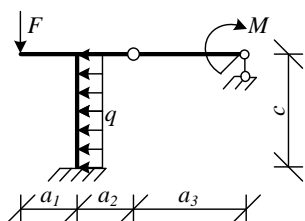
13



14



15



16

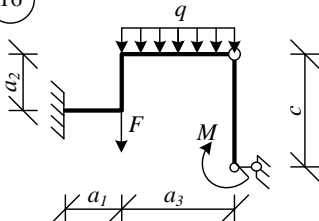
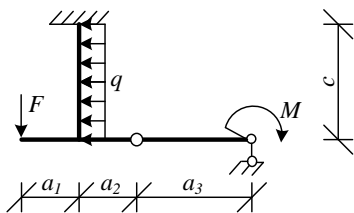
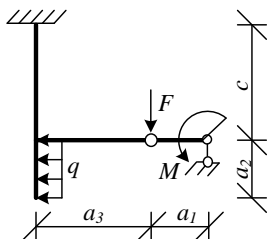


Рис.8. Продолжение

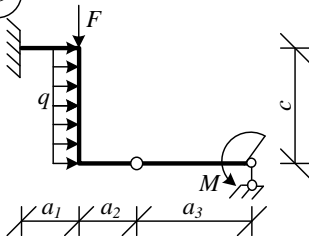
17



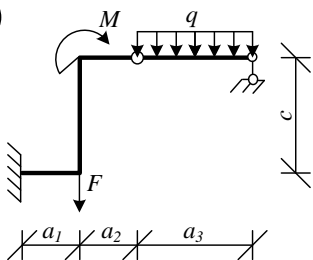
18



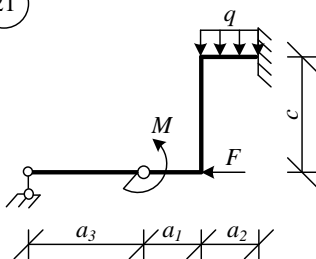
19



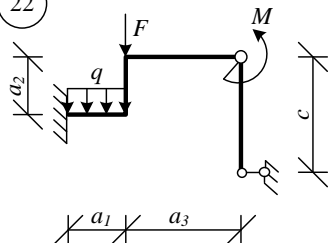
20



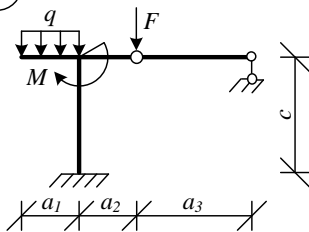
21



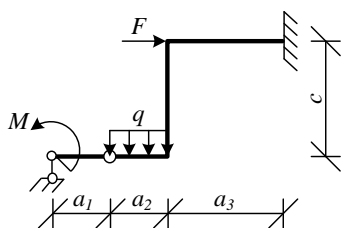
22



23



24



Ри

с.8. Окончание