

25.842

**Федеральное агентство по образованию**  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ И ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

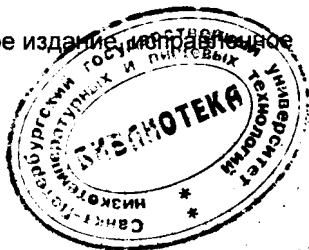


**Кафедра технической механики  
и прочности**

**РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНАМ «СОПРОТИВЛЕНИЕ  
МАТЕРИАЛОВ», «ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА»,  
«ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»**

Методические указания и задания  
для студентов специальностей  
140401, 220301, 240904,  
260202, 260204, 260301, 260302  
260303, 260504, 280201  
и направлений 140400, 220200

Второе издание, исправленное



Санкт-Петербург 2008

**Петрова С.Б., Деменчук Н.П.** Расчетно-графические работы по дисциплинам «Сопротивление материалов», «Прикладная физика», «Техническая механика»: Метод. указания и задания для студентов спец. 140401, 220301, 240904, 260202, 260204, 260301, 260302, 260303, 260504, 280201 и направлений 140400, 220200. 2-е изд., испр. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2008. – 16 с.

Приводятся методические указания и задания для выполнения расчетно-проектировочных работ.

Рецензент  
Профессор Д.П. Малявко

Рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета

- © Ленинградский технологический институт холодильной промышленности, 1989
- © Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий, 2008

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ПРОЕКТИРОВОЧНЫХ РАБОТ

1. Все РПР выполняются по варианту, заданному преподавателем в виде шифра, состоящего из четырех цифр и четырех первых букв русского алфавита. Например,

|      |      |
|------|------|
| 4315 | 2876 |
| абвг | абвг |

Из каждого вертикального столбца любой таблицы, обозначенного внизу определенной буквой, нужно взять только одно число, стоящее в горизонтальной строке, номер которой совпадает с номером буквы.

Работы, выполненные с нарушением этих указаний, не зачитываются.

2. Расчетно-проектировочная работа оформляется на листах формата 297х210 мм.

3. На титульном листе должны быть написаны: наименование расчетно-проектировочного задания, вариант, фамилия, имя и отчество выполняющего работу, номер группы и дата выполнения работы.

4. На первом листе приводится схема и все остальные сведения, относящиеся к заданию.

5. Необходимы для расчета схемы, эпюры, виды сечений выполняются в масштабе в соответствии с требованиями ГОСТ с указанием основных параметров (рекомендуется использование миллиметровой бумаги).

6. Решение должно сопровождаться краткими последовательными пояснениями. В результатах вычислений указать размерность найденных величин. Окончательные результаты вычислений приводятся с

точностью до четырех значащих цифр. Решение задачи должно заканчиваться анализом полученных результатов и выводами по работе.

## РАБОТА I

## РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ И СЖАТИИ

Цель работы: освоить приемы определения внутренних силовых факторов и получить первоначальную практику расчетов на прочность и жесткость при растяжении и сжатии.

## Задача

Дано:

1. Стержень переменного сечения находится под действием ряда осевых сил (рис.1; силы считать приложенными в сечениях, совпадающих с началом вектора; номер схемы для каждого студента - по указанию преподавателя).
2. Материал стержня - сталь, допускаемое напряжение  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ , модуль упругости при растяжении  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ .
3. Размеры - в табл.1.

Требуется: из расчета на прочность определить величину допускаемой нагрузки  $P$  для ступенчатого стержня; вычислить полную абсолютную деформацию стержня.

Таблица I

| № строки | $l, \text{ м}$ | $F, \text{ см}^2$ | № строки | $l, \text{ м}$ | $F, \text{ см}^2$ |
|----------|----------------|-------------------|----------|----------------|-------------------|
| 1        | 0,5            | 12                | 6        | 0,6            | 6                 |
| 2        | 2,0            | 11                | 7        | 1,0            | 8                 |
| 3        | 0,8            | 10                | 8        | 1,2            | 5                 |
| 4        | 0,9            | 9                 | 9        | 1,4            | 10                |
| 5        | 1,6            | 7                 | 0        | 1,5            | 12                |
| -        | б              | а                 | -        | б              | а                 |

## Порядок выполнения задачи

1. Определить усилия и нормальные напряжения, выразив их через силу  $P$ ; построить эпюры нормальных сил и нормальных напряжений вдоль оси стержня в общем виде.
2. Найти опасное сечение и определить величину допускаемой нагрузки  $P$ .
3. Вычислить полную абсолютную деформацию стержня.

## РАБОТА 2

## РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ СТЕРЖНЕЙ КРУГЛОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ, РАБОТАЮЩИХ НА КРУЧЕНИЕ

Цель работы: освоить приемы определения внутренних силовых факторов и получить первоначальную практику расчетов на прочность и жесткость при кручении.

## Задача

Дано:

1. Стержень переменного сечения нагружен внешними моментами  $M$  (рис. 2).
2. Материал вала - сталь, модуль сдвига  $G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ .
3. Данные для расчета - в табл. 2.

Требуется: определить размеры поперечных сечений вала; построить эпюры максимальных касательных напряжений и углов поворота сечений по длине вала, проверить вал на жесткость.

## Порядок выполнения задачи

1. Построить эпюру крутящих моментов.
2. Определить в общем виде моменты сопротивления при кручении различных сечений вала.
3. Построить эпюру максимальных касательных напряжений по длине вала (в общем виде) и установить опасное сечение.
4. Вычислить поперечные размеры вала из условия прочности.
5. Построить эпюру углов поворота сечений.
6. Сделать проверку вала на жесткость.

6

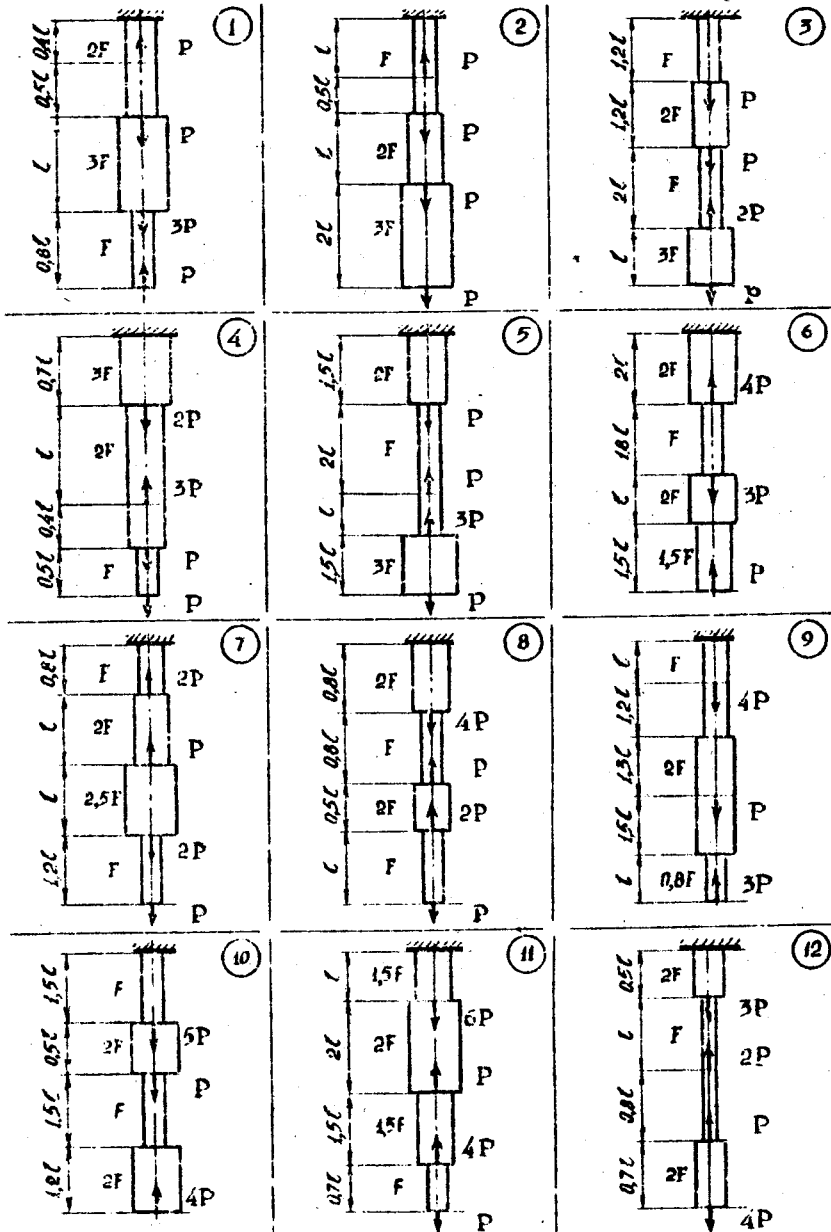


Рис. I

7

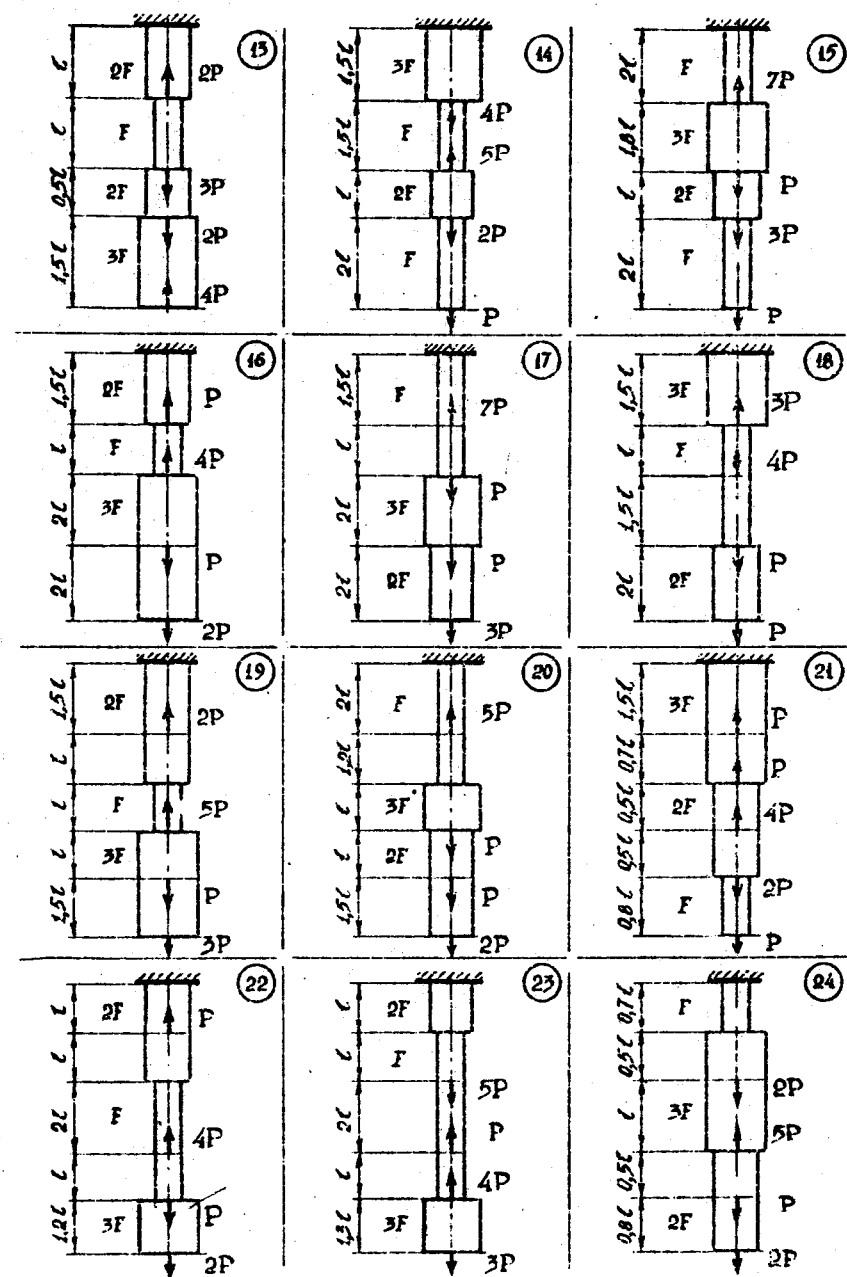


Рис. I (продолжение)

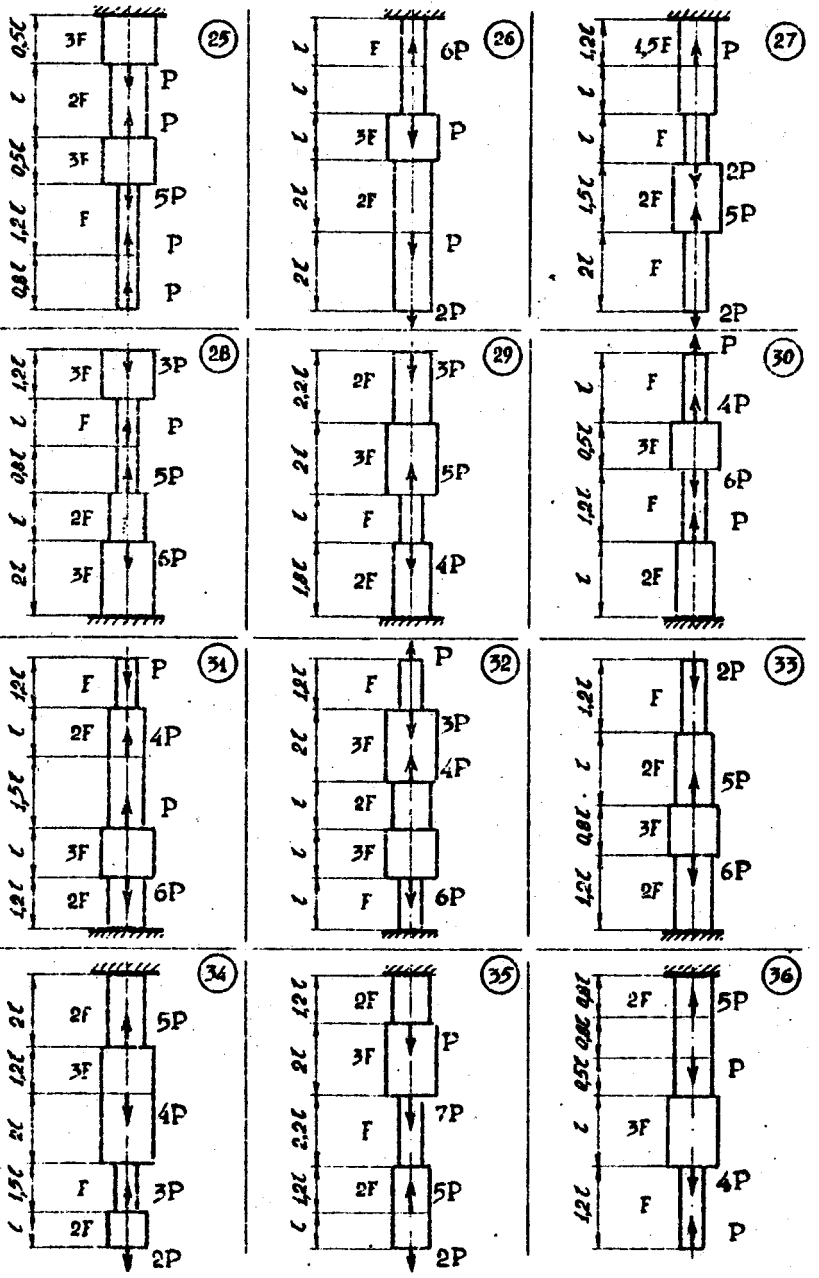


Рис. I (окончание)

ТАБЛИЦА 2

| № строки | K <sub>1</sub> * | K <sub>2</sub> | K <sub>3</sub> | K <sub>4</sub> | K <sub>5</sub> | K <sub>6</sub> | K <sub>7</sub> | L, м | M <sub>1</sub> <sup>к.к.</sup> | M <sub>2</sub> | M <sub>3</sub> | M <sub>4</sub> | M, кг.м | d/D | [σ], МПа | [θ], $\frac{1}{1000}$ | а | б | в | г | д |
|----------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|---------|-----|----------|-----------------------|---|---|---|---|---|
|          |                  |                |                |                |                |                |                |      |                                |                |                |                |         |     |          |                       |   |   |   |   |   |
| 1        | 0,5              | 1              | 2              | 4              | 5              | 6              | 6,5            | 0,4  | -2M                            | 5M             | 3M             | ?              | 1,0     | 0,5 | 55       | 0,3                   |   |   |   |   |   |
| 2        | 0,5              | 2              | 3              | 5              | 6              | 7              | 7,5            | 0,5  | 5M                             | ?              | 3M             | -6M            | 2,0     | 0,6 | 50       | 0,4                   |   |   |   |   |   |
| 3        | 1                | 2              | 4              | 5              | 5,5            | 6              | 7              | 0,6  | ?                              | M              | -3M            | 5M             | 3,0     | 0,8 | 60       | 0,5                   |   |   |   |   |   |
| 4        | 1                | 3              | 4              | 4,5            | 5              | 6              | 6,5            | 0,7  | -3M                            | 4M             | ?              | 5M             | 6,0     | 0,4 | 65       | 0,6                   |   |   |   |   |   |
| 5        | 1,5              | 2              | 3,5            | 4              | 4,5            | 5              | 6              | 0,8  | 6M                             | ?              | -M             | -4M            | 4,0     | 0,5 | 45       | 0,7                   |   |   |   |   |   |
| 6        | 1,5              | 2              | 3              | 4              | 5              | 6              | 6,5            | 0,9  | ?                              | -4M            | 3M             | 4M             | 5,0     | 0,6 | 50       | 0,6                   |   |   |   |   |   |
| 7        | 0,5              | 1              | 2              | 3              | 4              | 5              | 5,5            | 1,0  | -2M                            | ?              | M              | 6M             | 7,0     | 0,8 | 55       | 0,3                   |   |   |   |   |   |
| 8        | 0,5              | 1,5            | 2,5            | 3              | 4              | 4,5            | 5              | 0,8  | -6M                            | 4M             | ?              | -2M            | 2,0     | 0,4 | 60       | 0,4                   |   |   |   |   |   |
| 9        | 1                | 2              | 3              | 3,5            | 4              | 5              | 6              | 0,6  | 2M                             | M              | -6M            | ?              | 4,0     | 0,5 | 65       | 0,5                   |   |   |   |   |   |
| 0        | 1,5              | 2,5            | 3              | 4,5            | 5              | 6              | 7              | 0,5  | ?                              | 3M             | 4M             | -6M            | 3,5     | 0,8 | 50       | 0,7                   |   |   |   |   |   |

а - длина участка  $l_i = K_i \cdot L$ .

б - знак "минус" указывает на то, что соответствующий момент имеет направление, противоположное показанному на рис. 2.

1227

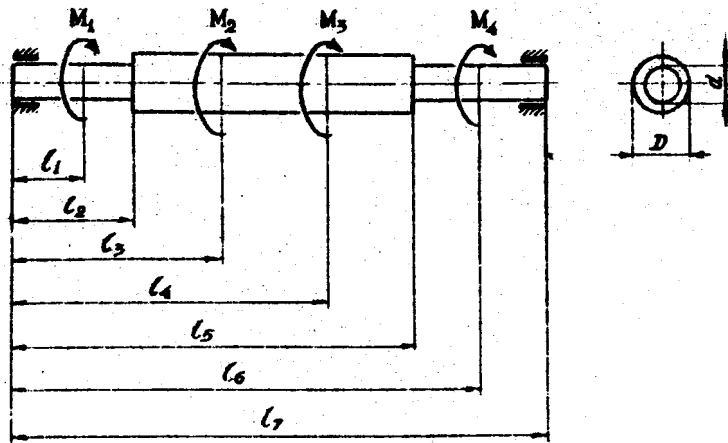


Рис.2

РАБОТА 3

РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ ВАЛОК НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ ПРИ ИЗГИБЕ

Цель работы: освоить приемы определения и построения эпюр внутренних силовых факторов и получить первоначальную практику расчетов на прочность и жесткость при изгибе.

Задача

Дано:

1. Схема балки (рис.3, номер схемы-по указанию преподавателя).
2. Материал балки - сталь, допускаемое напряжение  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ ,  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ .
3. Допускаемый прогиб в середине пролета

$$[f] = \frac{a + b \cdot c}{400}$$

4. Данные для расчета - в табл.3.

Требуется: определить размеры поперечного сечения балки; представить эпюры распределения нормальных и касательных напряжений в опасном сечении; проверить балку на жесткость.

Порядок выполнения задачи

1. Построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.
2. Подобрать требуемое сечение балки из расчета на прочность по нормальным напряжениям.
3. Построить эпюры распределения нормальных и касательных напряжений в опасном сечении.
4. Проверить прочность балки с учетом касательных напряжений.
5. Составить уравнение упругой линии балки.
6. Вычислить прогиб посередине пролета и проверить балку на жесткость.

Таблица 3

| № строки | a, м | b, м | c, м | P, кН | M, кН·м | q, кН/м | Форма сечения |
|----------|------|------|------|-------|---------|---------|---------------|
| 1        | 0,5  | 1,0  | 0,8  | 20    | 35      | 5       | I             |
| 2        | 0,6  | 0,9  | 1,2  | 15    | 20      | 6       | C             |
| 3        | 1,0  | 0,8  | 0,7  | 22    | 30      | 8       | I             |
| 4        | 0,8  | 1,4  | 0,6  | 18    | 25      | 10      | C             |
| 5        | 0,7  | 1,2  | 0,9  | 12    | 15      | 12      | I             |
| 6        | 0,9  | 1,5  | 0,5  | 14    | 20      | 15      | C             |
| 7        | 1,2  | 0,7  | 0,6  | 16    | 25      | 16      | I             |
| 8        | 0,4  | 1,6  | 0,8  | 17    | 30      | 14      | C             |
| 9        | 1,0  | 0,6  | 1,2  | 21    | 35      | 12      | I             |
| 0        | 0,5  | 0,9  | 1,4  | 20    | 15      | 10      | C             |
| —        | б    |      |      | в     | г       | а       | б             |

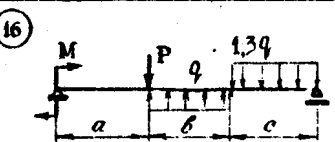
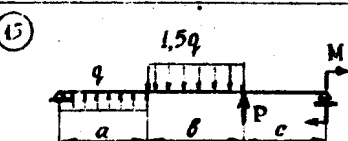
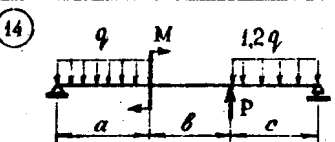
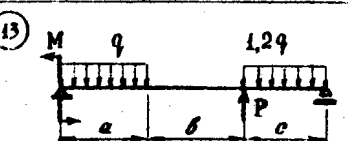
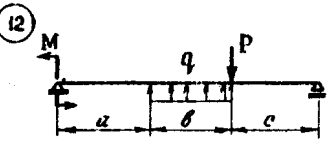
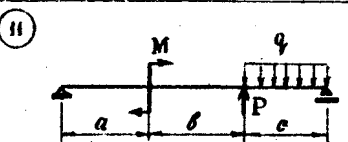
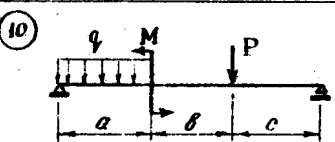
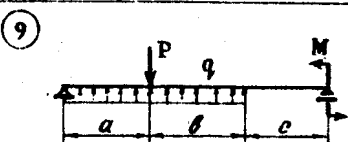
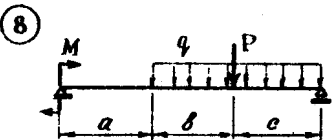
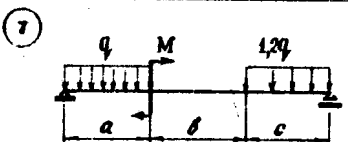
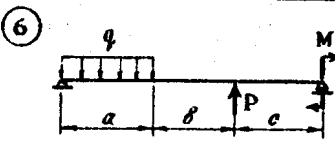
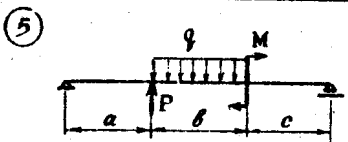
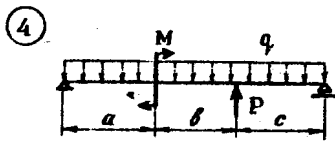
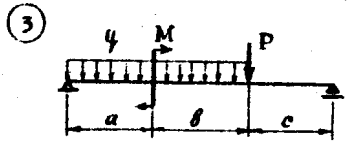
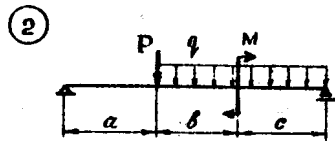
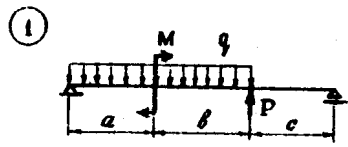


Рис.3

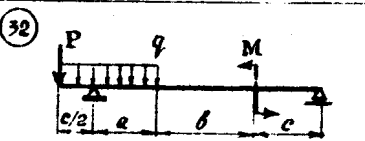
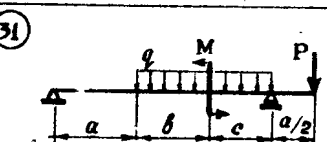
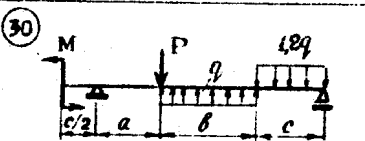
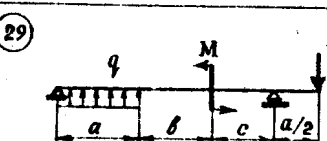
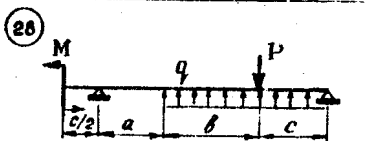
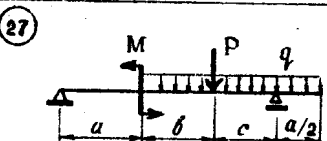
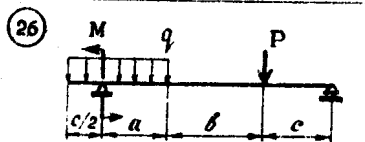
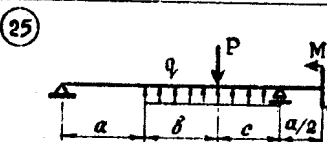
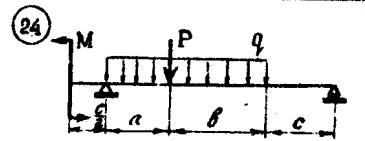
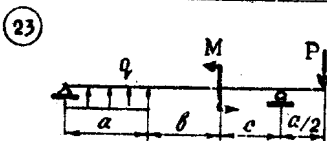
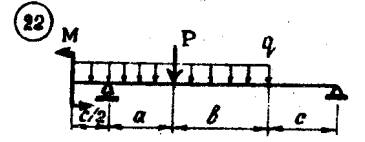
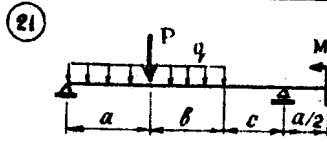
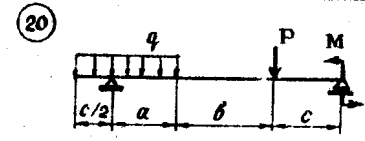
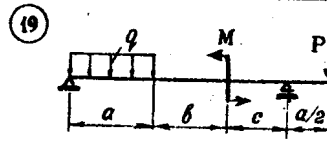
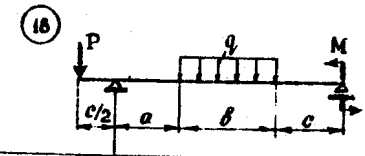
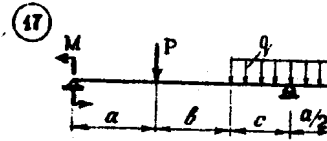


Рис.3 (окончание)

## РАБОТА 4

## РАСЧЕТ ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ

Цель работы: получить первоначальную практику расчета на устойчивость сжатых стержней.

## Задача

Дано:

1. Схема закрепления стержня (рис. 4).
2. Материал стержня – сталь, допустимое напряжение  $[\sigma] = 130 \text{ МПа}$ ,  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ .
3. Данные для расчета – в табл. 4.

Требуется: определить размеры поперечного сечения стержня; найти величину критической силы и коэффициент запаса устойчивости.

## Порядок выполнения задачи

1. Подбор поперечного сечения производить последовательными приближениями, предварительно задав величину коэффициента  $\psi = 0,5$ .
2. Найти величину критической силы и коэффициент запаса устойчивости.

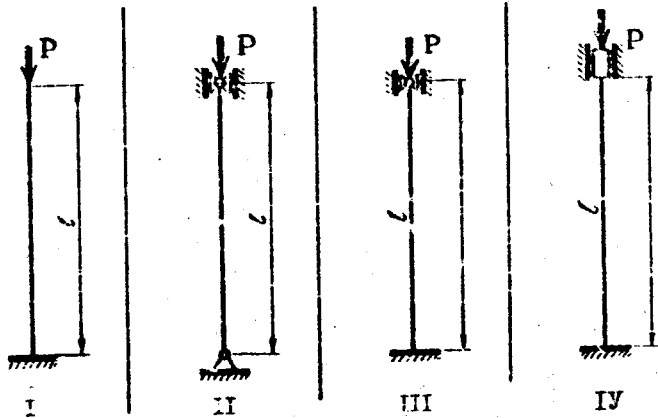


Рис. 4

Таблица 4

| № стержни | № схемы | $l$ , м | $P$ , кН | Форма сечения |
|-----------|---------|---------|----------|---------------|
| 1         | I       | 2,2     | 300      |               |
| 2         | II      | 3,0     | 200      | I             |
| 3         | III     | 2,4     | 400      |               |
| 4         | IV      | 2,5     | 500      | [             |
| 5         | I       | 2,6     | 600      |               |
| 6         | II      | 2,8     | 550      | I             |
| 7         | III     | 2,2     | 450      |               |
| 8         | IV      | 2,4     | 350      | [             |
| 9         | I       | 2,6     | 250      |               |
| 0         | II      | 2,5     | 500      | I             |
| -         | в       | г       | а        | б             |



Петрова Светлана Борисовна  
Деменчук Николай Павлович

**РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНАМ «СОПРОТИВЛЕНИЕ  
МАТЕРИАЛОВ», «ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА»,  
«ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА»**

Методические указания и задания  
для студентов специальностей  
140401, 220301, 240904,  
260202, 260204, 260301, 260302,  
260303, 260504, 280201  
и направлений 140400, 220200

Второе издание, исправленное

*Редакторы*

Т.В. Белянкина, Э.С. Литвинова

*Корректор*

Н.И. Михайлова

---

Подписано в печать 05.03.08. Формат 60×84 1/16

Усл. печ. л. 0,93. Печ. л. 1,0. Уч.-изд. л. 0,88.

Тираж 300 экз. Заказ № 63. С 67

---

СПбГУНИПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9  
ИИК СПбГУНИПТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9