

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И МОЛОДЁЖНОЙ ПОЛИТИКИ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ
Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение Свердловской области
«Краснотурьинский индустриальный колледж»
(ГАПОУ СО «КИК»)

Учебно-практическое пособие
по учебной дисциплине
ТЕХНИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА
для специальности
22.02.02 Metallургия цветных металлов

Краснотурьинск, 2020

| Содержание | Стр. |
|--|-------------|
| Пояснительная записка | 4 |
| Практическая работа №1 | 5 |
| Определение реакций в стержнях | |
| Практическая работа №2 | 10 |
| Определение опорных реакций балок | |
| Практическая работа №3 | 17 |
| Расчет на жесткость при растяжении и сжатии | |
| Практическая работа №4 | 21 |
| Расчет на прочность при кручении | |
| Практическая работа №5 | 24 |
| Расчет на прочность при изгибе | |
| Практическая работа №6 | 32 |
| Подбор и проверочный расчет шпонок | |
| Практическая работа №7 | 35 |
| Расчет прямозубой цилиндрической передачи | |
| Практическая работа №8 | 38 |
| Выполнение кинематического и силового расчета передач. | |
| Приложения | 47 |
| Список литературы | 50 |

Пояснительная записка

Методические указания по выполнению практических работ предназначены для студентов, обучающихся по специальности 22.02.02 Metallurgy цветных металлов. Пособие содержит описание всех, предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины «Техническая механика» практических работ.

Учебная дисциплина «Техническая механика» является общепрофессиональной. Все знания и навыки, полученные студентами при изучении технической механики, найдут применение в процессе изучения профессиональных модулей, выполнении курсовых и дипломных проектов, а также в практической деятельности на производстве.

Цель разработанных заданий – сформировать прочные представления, умения и навыки, необходимые будущим специалистам.

В соответствии с ФГОС СПО в результате освоения дисциплины обучающиеся должны уметь:

- производить расчеты механических передач и простейших сборочных единиц;
- читать кинематические схемы;
- определять напряжения в конструкционных элементах.

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Техническая механика» для специальности 22.02.02 Metallurgy цветных металлов на практические занятия отводится 16 часов.

Данные методические указания содержат задания разных уровней сложности, что позволит учитывать индивидуальные способности студентов.

Каждая практическая работа содержит тему, цель, методические рекомендации, задание, исходные данные, необходимый рисунок (схему нагружения, траекторию движения, кинематическую схему или эскиз сборочной единицы) и порядок решения задачи (алгоритм) с указанием необходимых формул или уравнений и других рекомендаций.

В приложениях А, Б, В и Г содержатся справочные данные необходимые для подбора стандартных профилей, призматических шпонок, подшипников качения.

При решении задач особое внимание следует обратить на соблюдение единиц измерения, подставляемых в формулу величин и оценивать правдоподобность полученного ответа.

Графическую часть работы необходимо выполнять с помощью чертежного инструмента с соблюдением требований ЕСКД.

Вычисления следует выполнять при помощи инженерного калькулятора. Для вычисления тригонометрических функций необходимо установить режим «DEG».

Все практические работы должны быть сданы в сроки, определенные календарно-тематическим планом по учебной дисциплине. Студенты, не выполнившие практические работы, к экзамену по учебной дисциплине не допускаются.

Практическая работа №1

Тема: Определение реакций в стержнях

Цель: Научиться определять реакции связей в стержневых системах

Задание

Для заданной стержневой системы (рисунок 1а,б), нагруженной силой $F=20\text{кН}$, определить реакции в стержнях. Схему выбрать согласно варианту.

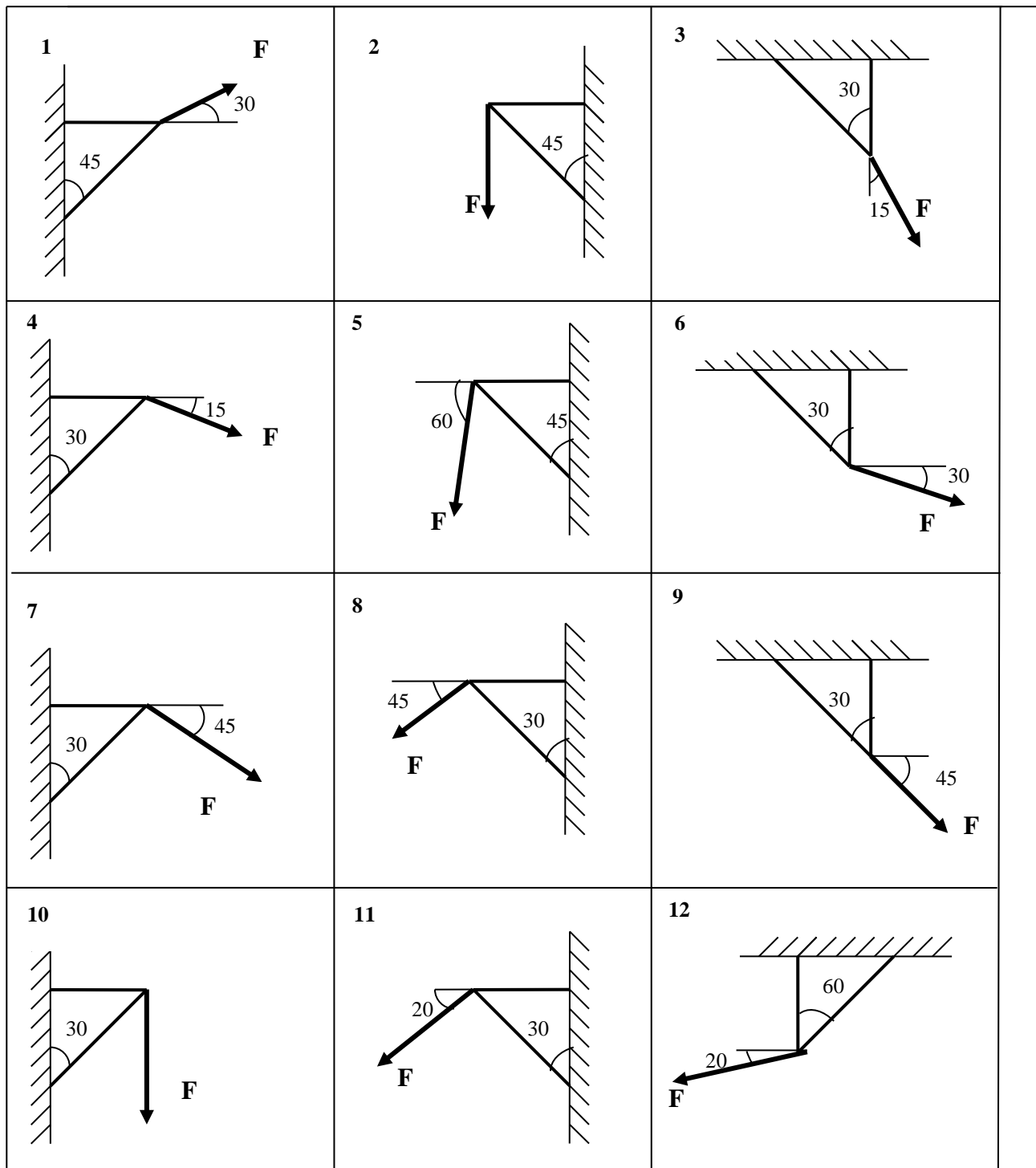


Рисунок 1а

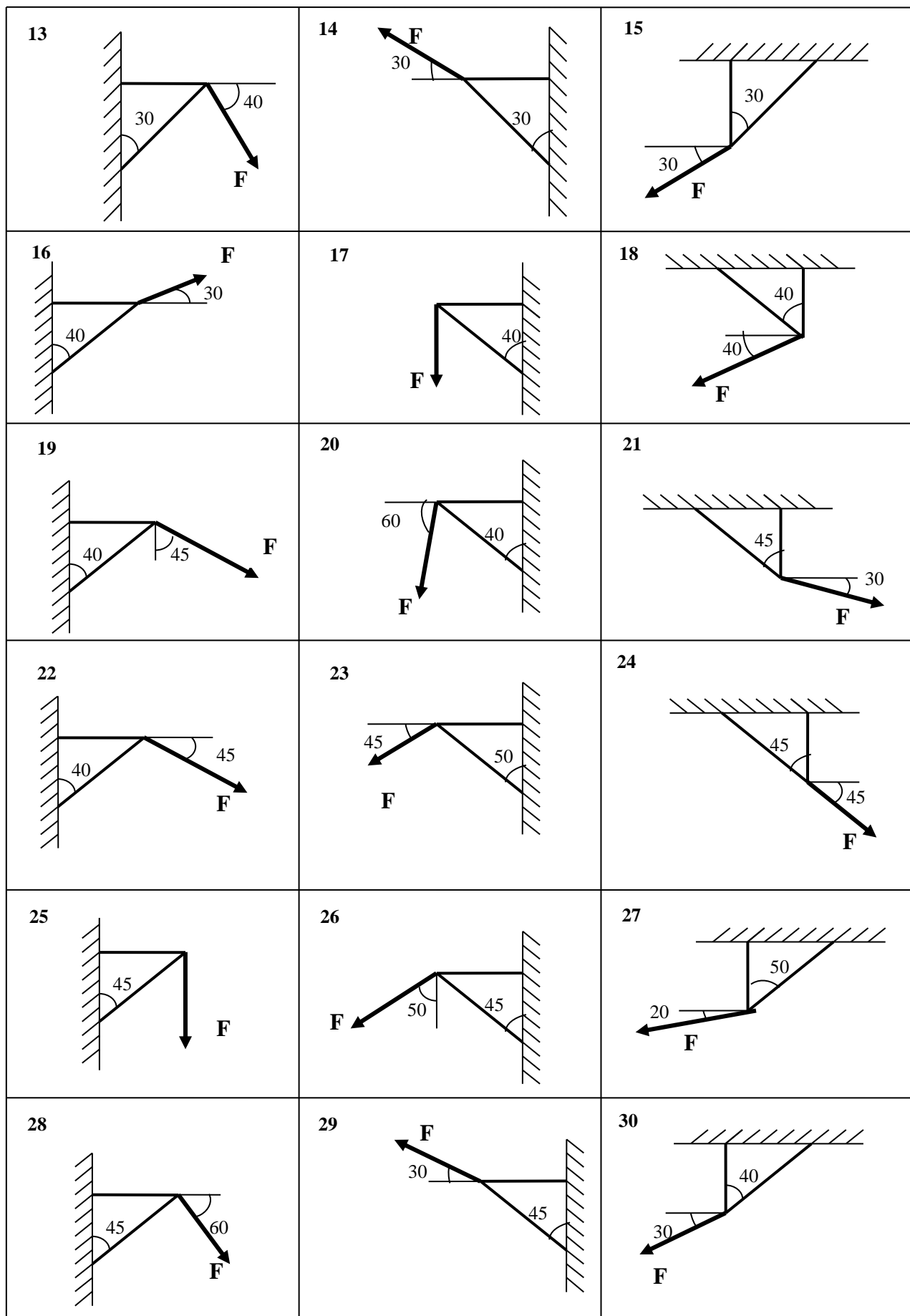


Рисунок 16

Задание повышенной трудности

Для заданной стержневой системы (рисунок 2а,б), нагруженной силой $F=10\text{кН}$, определить реакции в стержнях. Схему выбрать согласно варианту.

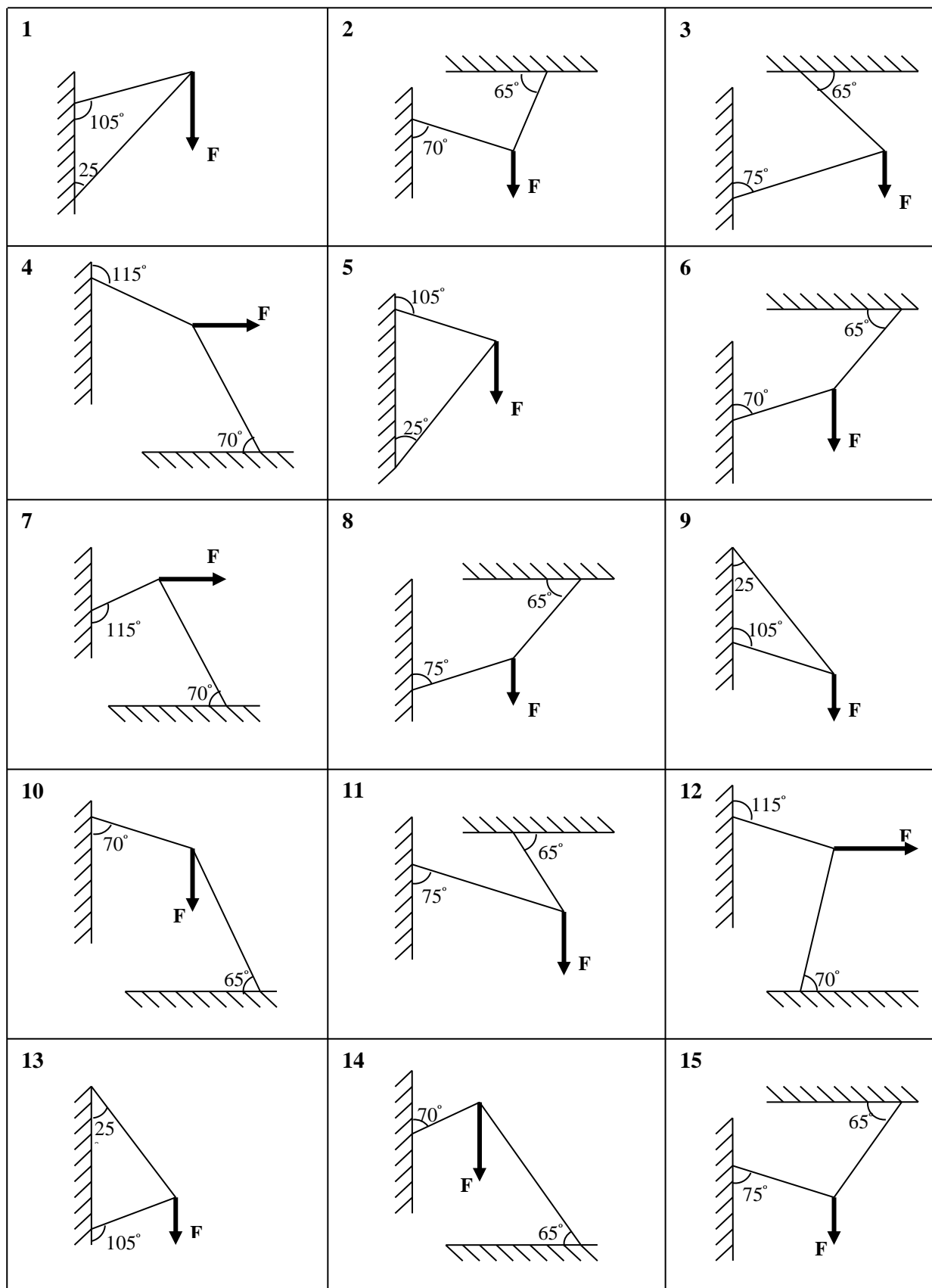


Рисунок 2а

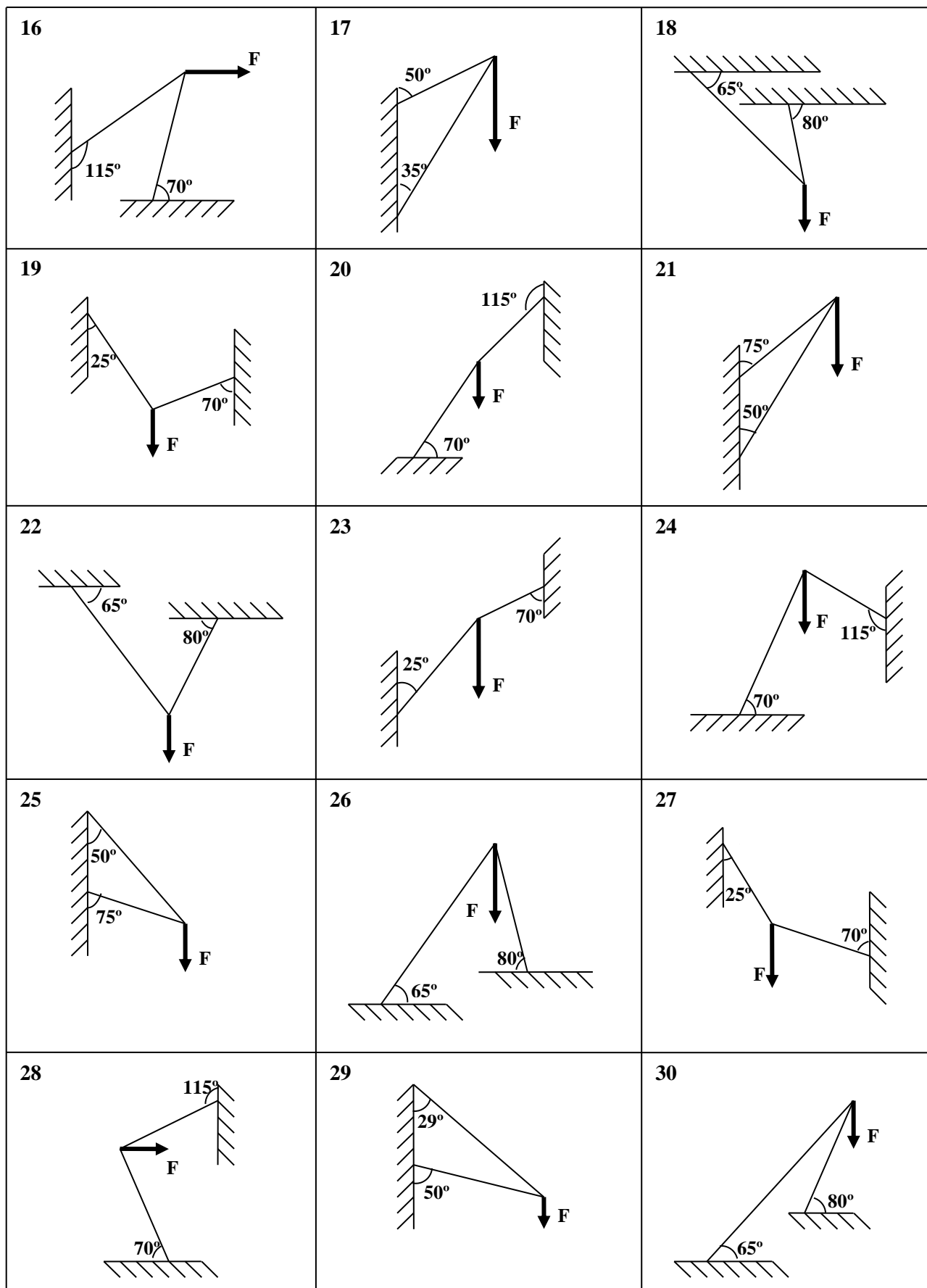


Рисунок 26

Порядок выполнения работы:

1. Указать в стержнях неизвестные реакции R_1 и R_2 .
2. Поместить полученную систему сил в систему координат.
3. Указать все углы между осями x и y и силами.
4. Составить уравнения равновесия $\Sigma X = 0$; $\Sigma Y = 0$.
5. Решить полученные уравнения и найти неизвестные реакции R_1 и R_2 .
6. Записать ответ.

Практическая работа №2

Тема: Определение опорных реакций балок

Цель: Научиться определять реакции в опорах двухопорных балок

Задание

Для заданной двухопорной балки (рисунок 3а,б) определить реакции в опорах, если $F = 15 \text{ кН}$, $m = 25 \text{ кН} \cdot \text{м}$, $q = 10 \text{ кН/м}$. Схему выбрать согласно варианту.

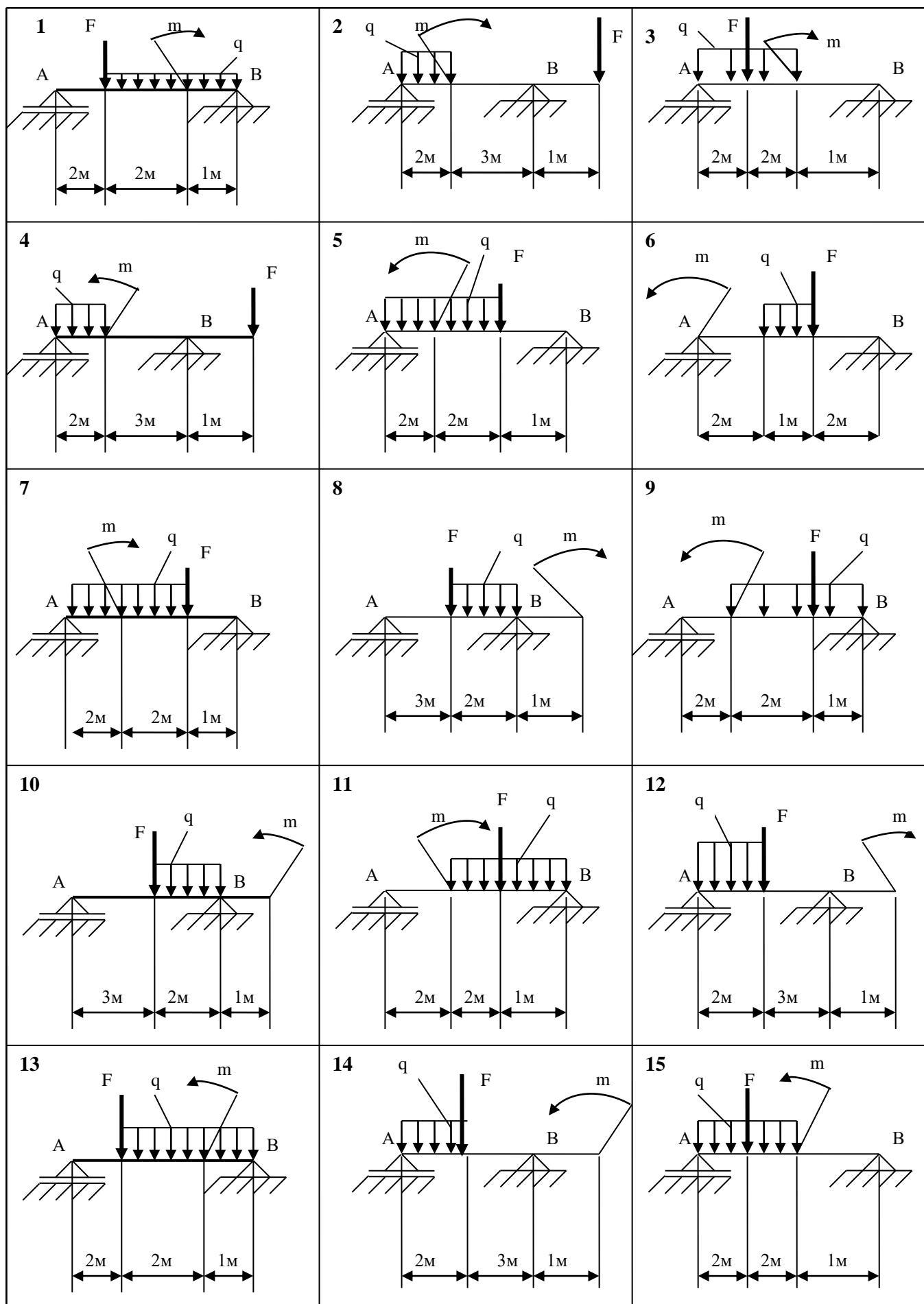


Рисунок 3а

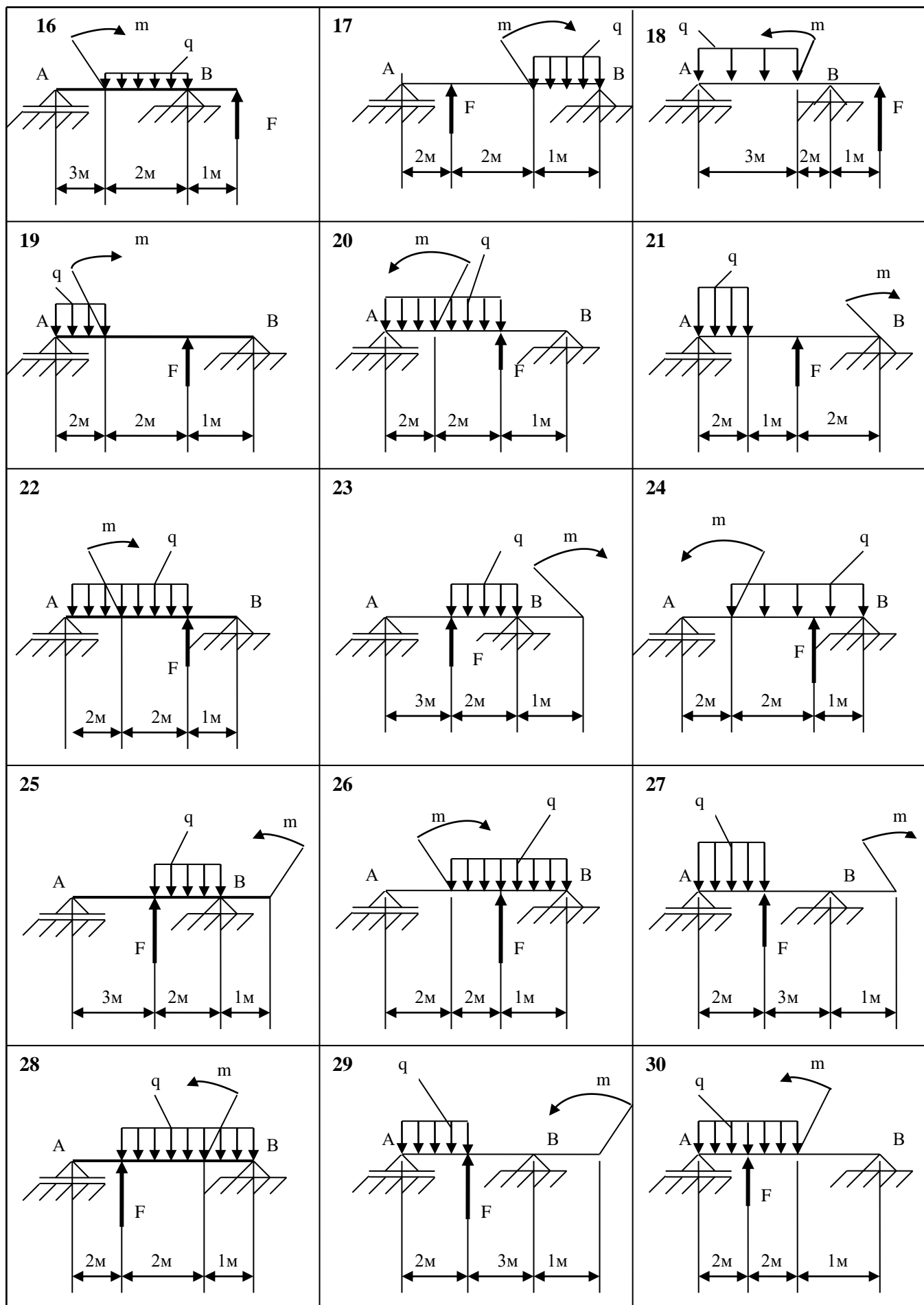


Рисунок 36

Задание повышенной трудности

Для заданной двухопорной балки (рисунок 4 а, б, в), нагруженной силами $F_1 = 10\text{кН}$, $F_2 = 20\text{кН}$, $m = 5\text{ кН}\cdot\text{м}$, $q = 10\text{кН/м}$ определить реакции в опорах. Схему выбрать согласно варианту.

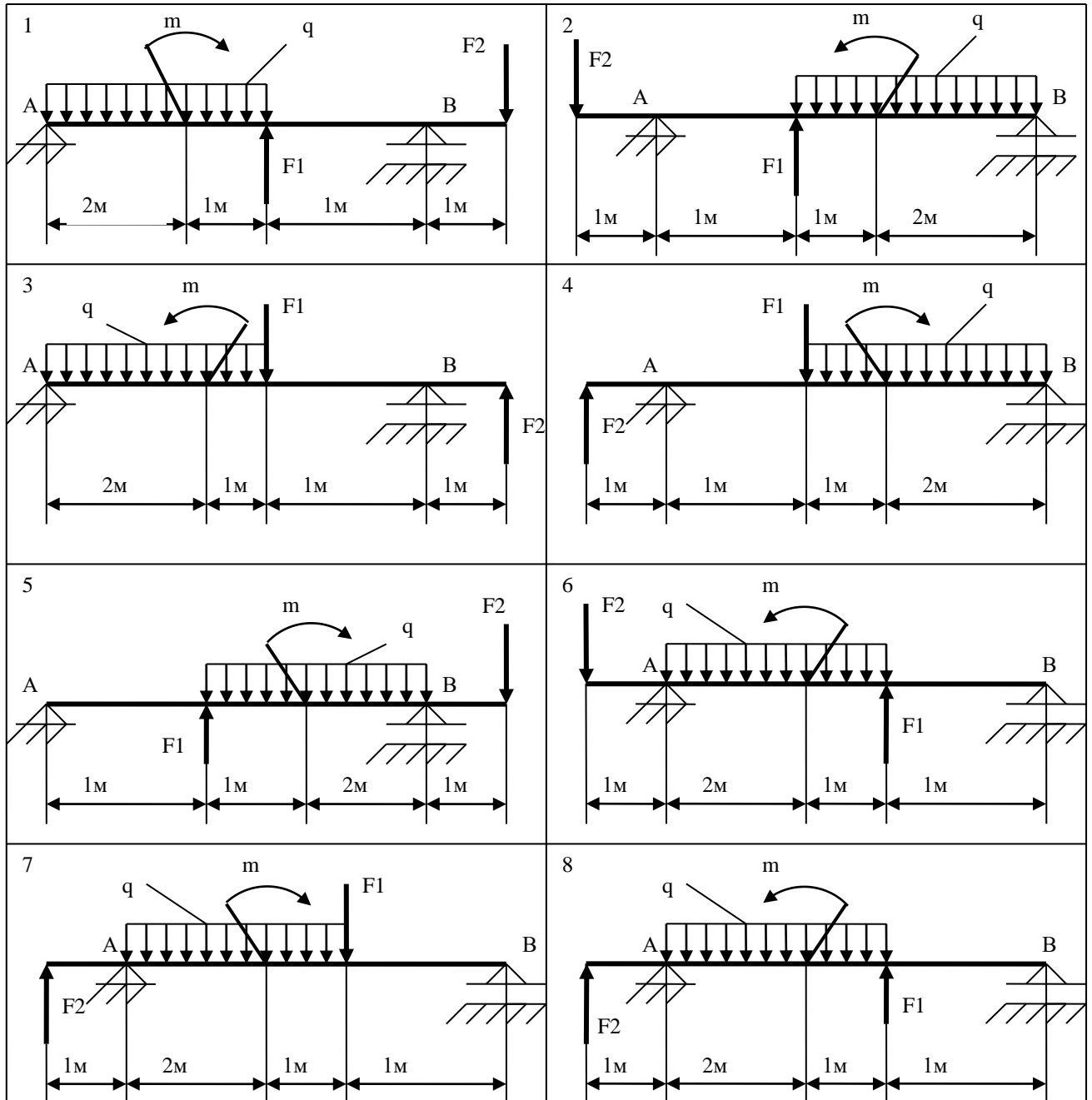


Рисунок 4а

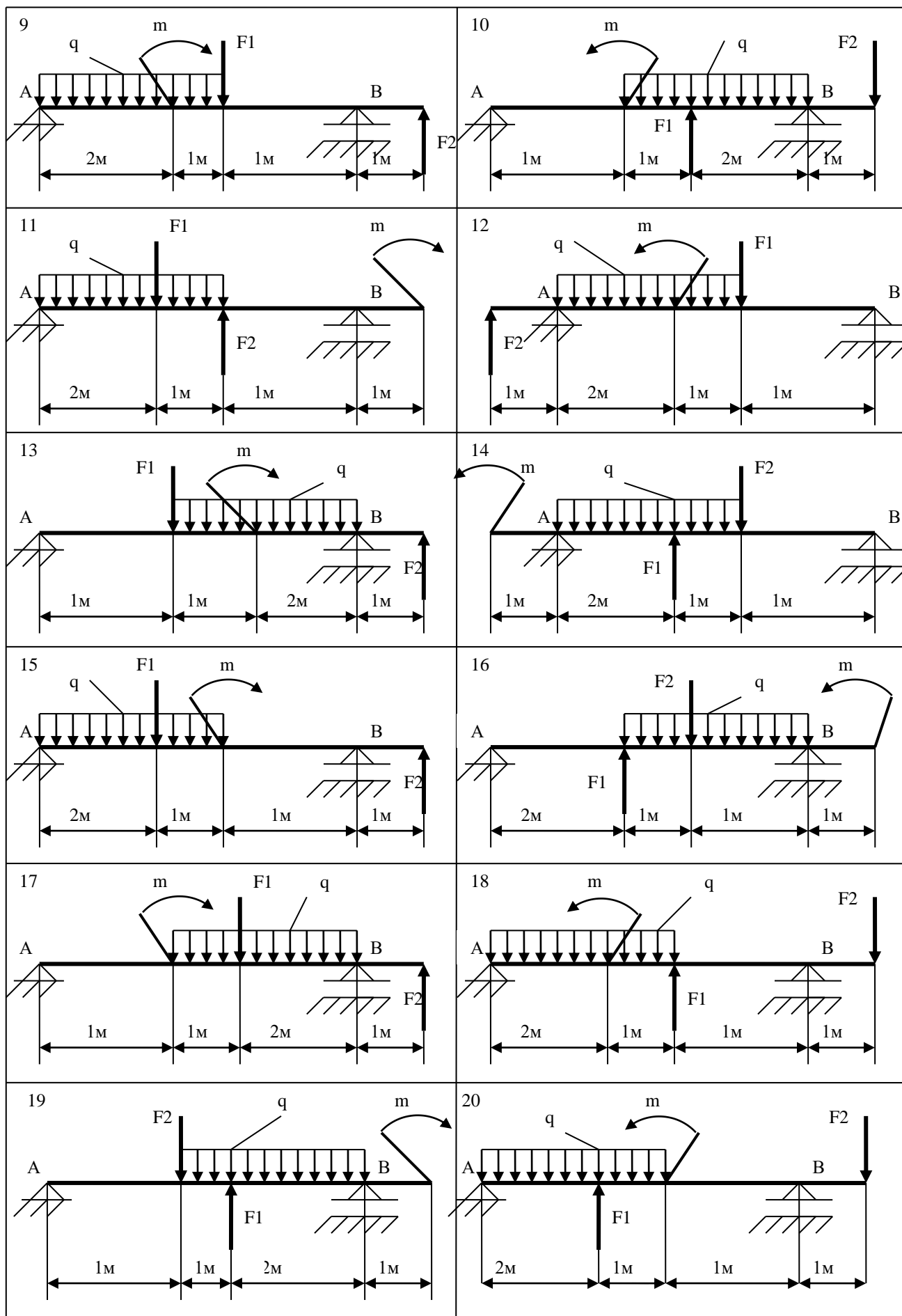


Рисунок 46

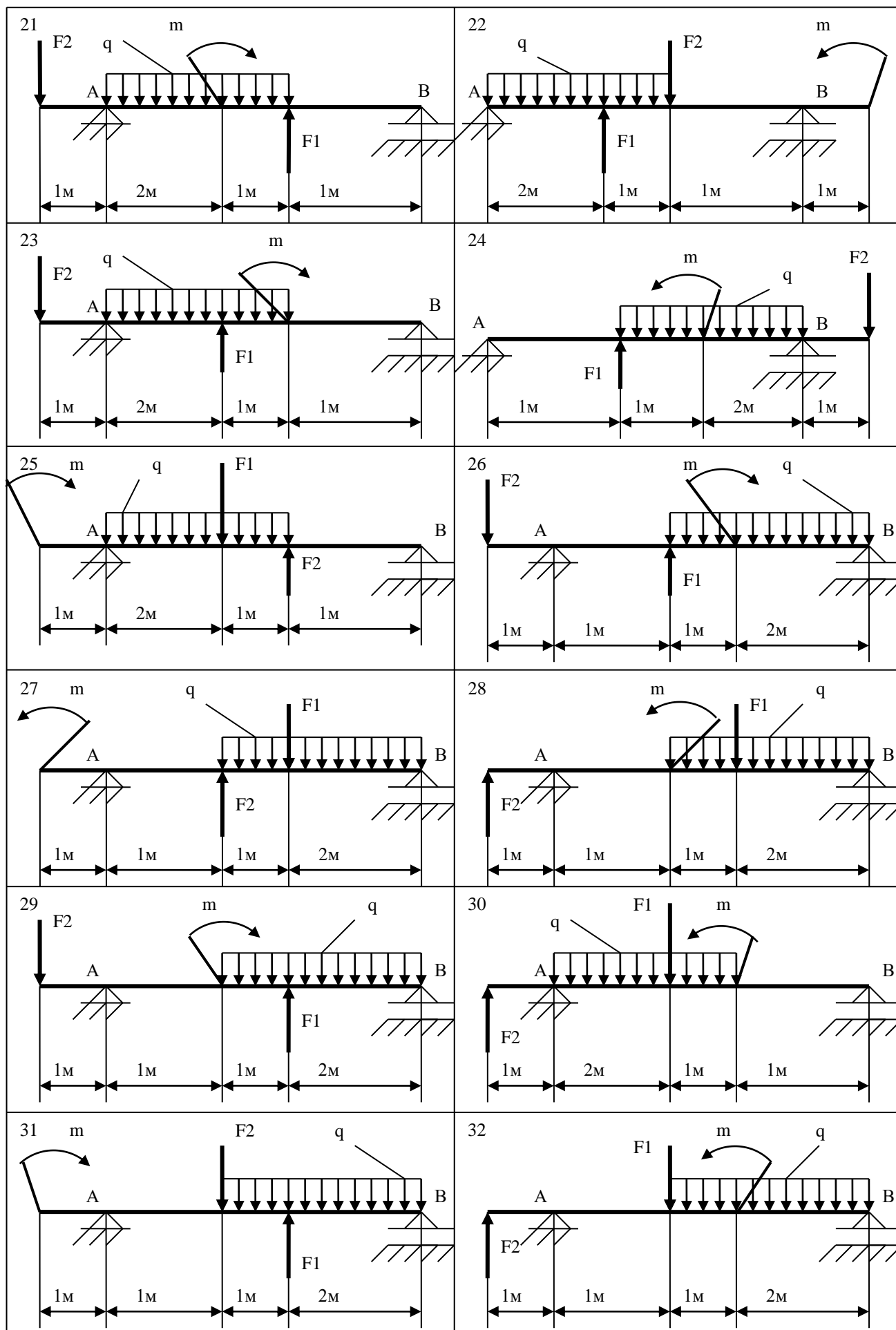


Рисунок 4в

Порядок выполнения работы:

1. Заменить распределенную нагрузку сосредоточенной силой. $Q = q \cdot l$.
2. Указать неизвестные реакции в опорах Y_a и Y_b .
3. Составить и решить уравнения равновесия $\sum M_A = 0, \sum M_B = 0$.
4. Выполнить проверку, для этого составить уравнение равновесия $\sum Y = 0$.
5. Записать ответ.

Практическая работа №3

Тема: Определение изменения длины стержня при растяжении и сжатии

Цель: Научиться строить эпюры продольных сил и нормальных напряжений, определять изменение длины стержня при растяжении и сжатии

Задание

Для заданного стального стержня, нагруженного по схеме (рисунок 5а, б, в), построить эпюры продольных сил, нормальных напряжений и определить суммарное изменение длины стержня. Схему выбрать согласно варианту.

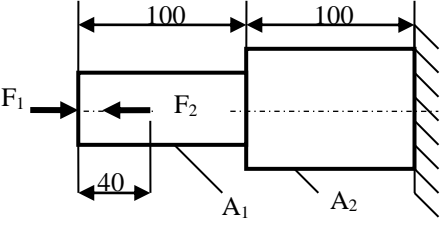
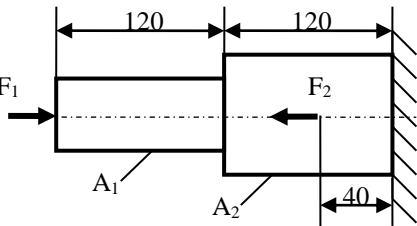
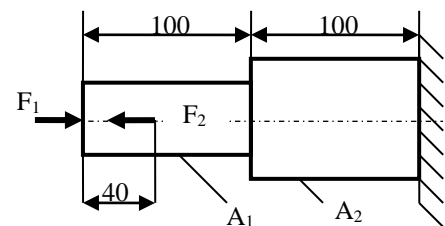
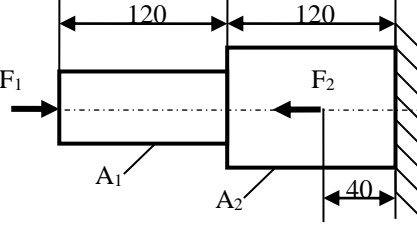
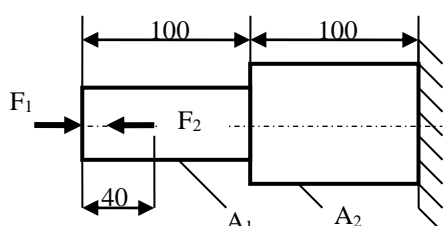
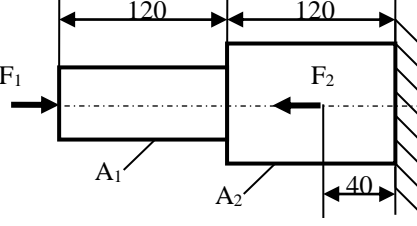
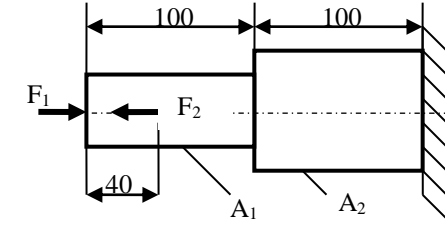
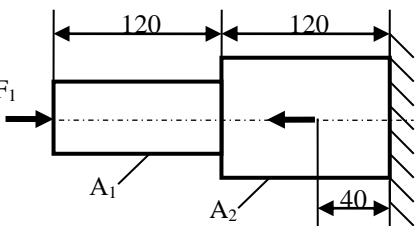
| | |
|---|--|
| <p>1</p>  <p> $F_1 = 18 \text{ кН}$ $F_2 = 30 \text{ кН}$ $A_1 = 120 \text{ мм}^2$ $A_2 = 250 \text{ мм}^2$ $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ </p> | <p>2</p>  <p> $F_1 = 20 \text{ кН}$ $F_2 = 40 \text{ кН}$ $A_1 = 150 \text{ мм}^2$ $A_2 = 380 \text{ мм}^2$ $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ </p> |
| <p>3</p>  <p> $F_1 = 12 \text{ кН}$ $F_2 = 10 \text{ кН}$ $A_1 = 90 \text{ мм}^2$ $A_2 = 240 \text{ мм}^2$ $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ </p> | <p>4</p>  <p> $F_1 = 28 \text{ кН}$ $F_2 = 50 \text{ кН}$ $A_1 = 200 \text{ мм}^2$ $A_2 = 420 \text{ мм}^2$ $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ </p> |
| <p>5</p>  <p> $F_1 = 6 \text{ кН}$ $F_2 = 14 \text{ кН}$ $A_1 = 50 \text{ мм}^2$ $A_2 = 150 \text{ мм}^2$ $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ </p> | <p>6</p>  <p> $F_1 = 18 \text{ кН}$ $F_2 = 20 \text{ кН}$ $A_1 = 80 \text{ мм}^2$ $A_2 = 120 \text{ мм}^2$ $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ </p> |
| <p>7</p>  <p> $F_1 = 15 \text{ кН}$ $F_2 = 12 \text{ кН}$ $A_1 = 150 \text{ мм}^2$ $A_2 = 280 \text{ мм}^2$ $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ </p> | <p>8</p>  <p> $F_1 = 16 \text{ кН}$ $F_2 = 32 \text{ кН}$ $A_1 = 100 \text{ мм}^2$ $A_2 = 220 \text{ мм}^2$ $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ </p> |

Рисунок 5а

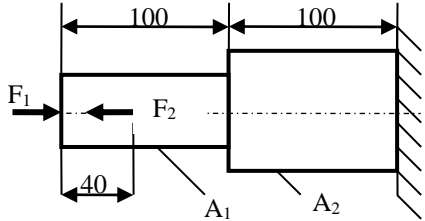
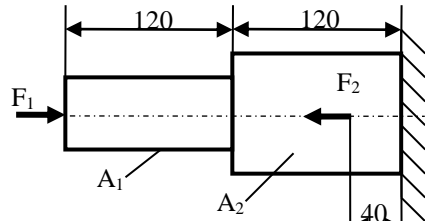
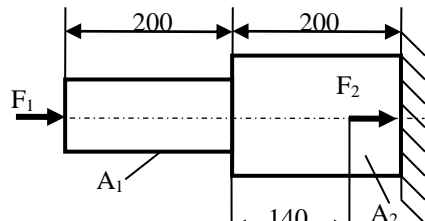
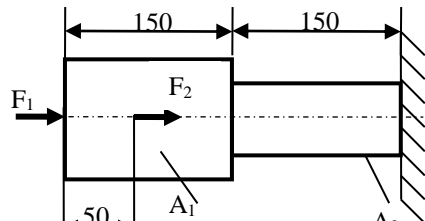
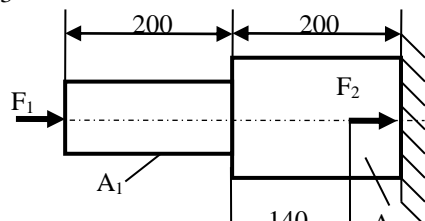
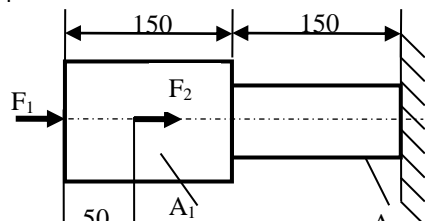
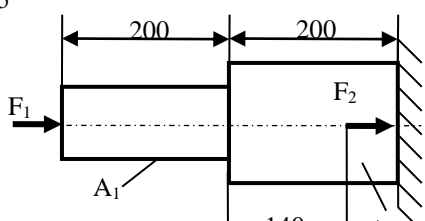
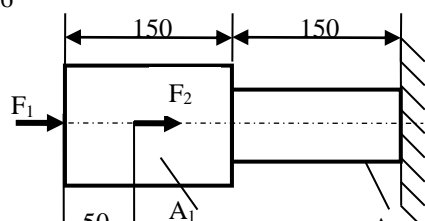
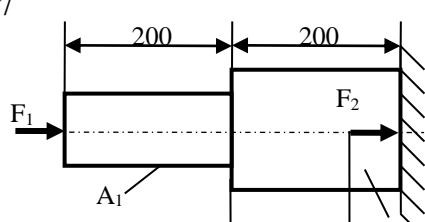
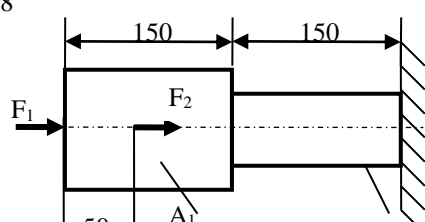
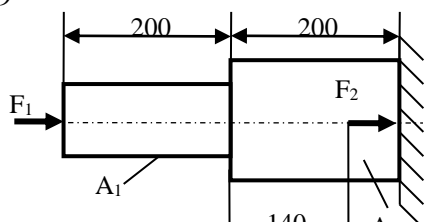
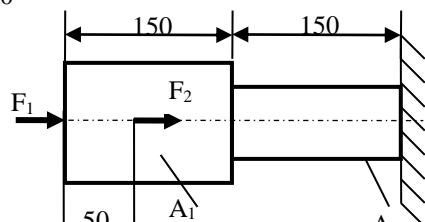
| | |
|---|---|
| <p>9</p>  <p> $F_1=16\text{кН}$ $F_2=8\text{кН}$ $A_1=140\text{мм}^2$ $A_2=360\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> | <p>10</p>  <p> $F_1=25\text{кН}$ $F_2=35\text{кН}$ $A_1=250\text{мм}^2$ $A_2=400\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> |
| <p>11</p>  <p> $F_1=3\text{кН}$ $F_2=8,4\text{кН}$ $A_1=20\text{мм}^2$ $A_2=60\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> | <p>12</p>  <p> $F_1=4,2\text{кН}$ $F_2=9,0\text{кН}$ $A_1=60\text{мм}^2$ $A_2=30\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> |
| <p>13</p>  <p> $F_1=4,8\text{кН}$ $F_2=10\text{кН}$ $A_1=40\text{мм}^2$ $A_2=80\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> | <p>14</p>  <p> $F_1=5\text{кН}$ $F_2=9,8\text{кН}$ $A_1=100\text{мм}^2$ $A_2=50\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> |
| <p>15</p>  <p> $F_1=7,2\text{кН}$ $F_2=15\text{кН}$ $A_1=60\text{мм}^2$ $A_2=150\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> | <p>16</p>  <p> $F_1=5,6\text{кН}$ $F_2=8,6\text{кН}$ $A_1=200\text{мм}^2$ $A_2=70\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> |
| <p>17</p>  <p> $F_1=7,2\text{кН}$ $F_2=14\text{кН}$ $A_1=80\text{мм}^2$ $A_2=240\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> | <p>18</p>  <p> $F_1=14,4\text{кН}$ $F_2=24,4\text{кН}$ $A_1=250\text{мм}^2$ $A_2=90\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> |
| <p>19</p>  <p> $F_1=9\text{кН}$ $F_2=22\text{кН}$ $A_1=100\text{мм}^2$ $A_2=300\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> | <p>20</p>  <p> $F_1=14,4\text{кН}$ $F_2=28\text{кН}$ $A_1=320\text{мм}^2$ $A_2=120\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> |

Рисунок 56

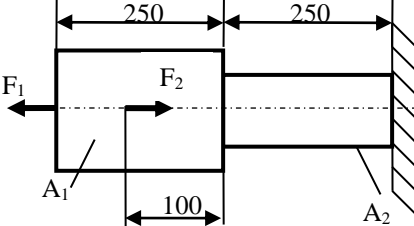
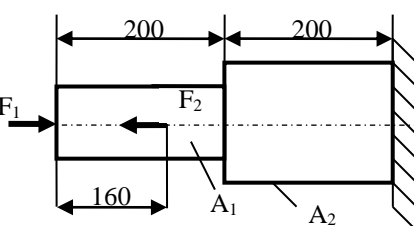
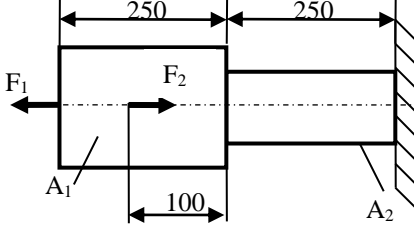
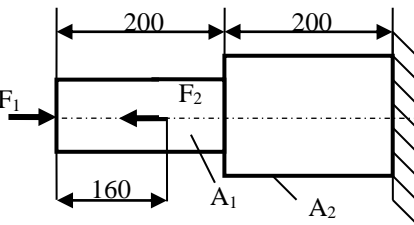
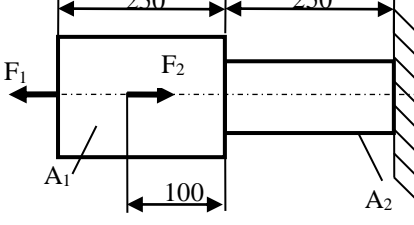
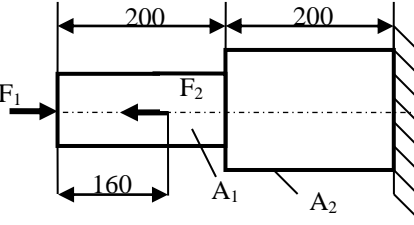
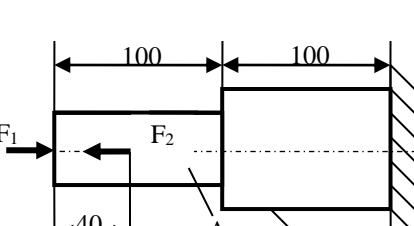
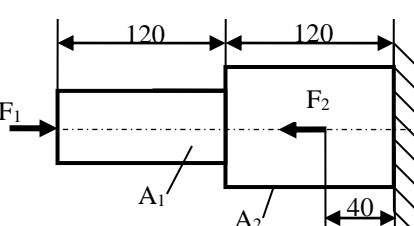
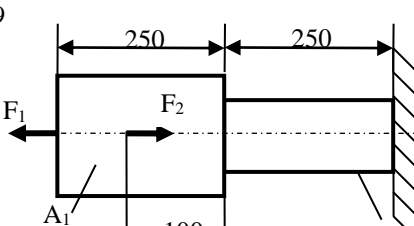
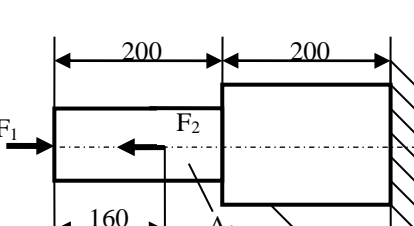
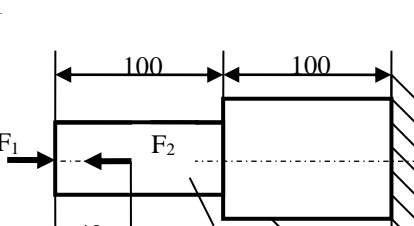
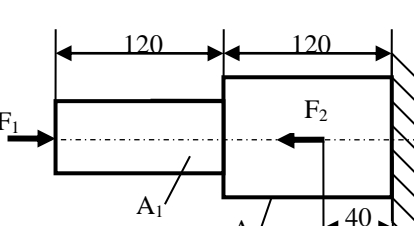
| | |
|---|---|
| <p>21</p>  <p> $F_1=16\text{кН}$ $F_2=34\text{кН}$ $A_1=200\text{мм}^2$ $A_2=150\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> | <p>22</p>  <p> $F_1=24\text{кН}$ $F_2=12\text{кН}$ $A_1=200\text{мм}^2$ $A_2=240\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> |
| <p>23</p>  <p> $F_1=40\text{кН}$ $F_2=42\text{кН}$ $A_1=280\text{мм}^2$ $A_2=220\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> | <p>24</p>  <p> $F_1=20\text{кН}$ $F_2=36\text{кН}$ $A_1=180\text{мм}^2$ $A_2=250\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> |
| <p>25</p>  <p> $F_1=25\text{кН}$ $F_2=5\text{кН}$ $A_1=300\text{мм}^2$ $A_2=240\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> | <p>26</p>  <p> $F_1=38\text{кН}$ $F_2=50\text{кН}$ $A_1=250\text{мм}^2$ $A_2=320\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> |
| <p>27</p>  <p> $F_1=20\text{кН}$ $F_2=40\text{кН}$ $A_1=150\text{мм}^2$ $A_2=380\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> | <p>28</p>  <p> $F_1=4,8\text{кН}$ $F_2=28,8\text{кН}$ $A_1=250\text{мм}^2$ $A_2=300\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> |
| <p>29</p>  <p> $F_1=25\text{кН}$ $F_2=40\text{кН}$ $A_1=250\text{мм}^2$ $A_2=200\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> | <p>30</p>  <p> $F_1=38\text{кН}$ $F_2=18\text{кН}$ $A_1=200\text{мм}^2$ $A_2=250\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> |
| <p>31</p>  <p> $F_1=12\text{кН}$ $F_2=10\text{кН}$ $A_1=90\text{мм}^2$ $A_2=240\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> | <p>32</p>  <p> $F_1=8\text{кН}$ $F_2=20\text{кН}$ $A_1=80\text{мм}^2$ $A_2=120\text{мм}^2$ $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$ </p> |

Рисунок 5в

Порядок выполнения работы:

1. Разделить стержень на участки. Границами участков являются точки приложения сил и точки, где меняется сечение.
2. На каждом участке определить продольную силу N , для этого составить уравнения равновесия $\sum X = 0$.
3. По полученным значениям строим эпюру N .
4. Для каждого участка определить нормальное напряжение $\sigma = \frac{N}{A}$.
5. По полученным значениям построить эпюру σ .
6. Для каждого участка определить изменение длины $\Delta l = \frac{l \cdot N}{E \cdot A}$.
7. Определить суммарное изменение длины стержня $\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2 + \dots$.
8. Записать ответ.

Практическая работа №4

Тема: Расчет на прочность при кручении

Цель: Научиться выполнять расчеты на кручение, исходя из условия прочности

Задание

Для заданного стального бруса (рисунок 6) требуется: 1) построить эпюру крутящих моментов; 2) определить из расчета на прочность диаметр каждого из участков бруса, принимая $[\tau] = 60 \text{ Н/мм}^2$, $G = 0,8 \cdot 10^5 \text{ МПа}$. Полученные по расчету значения диаметров округлить до ближайших больших целых четных чисел или оканчивающихся на 5 (в миллиметрах); 3) при принятых значениях диаметров построить эпюру φ . Данные своего варианта взять из таблицы 1.

Таблица 1

| Вариант | Схема | M_1 | M_2 | M_3 |
|---------|-------|-------|-------|-------|
| | | Н·м | | |
| 1 | 1 | 200 | 150 | 100 |
| 2 | | 190 | 160 | 170 |
| 3 | | 180 | 170 | 120 |
| 4 | 2 | 200 | 150 | 600 |
| 5 | | 210 | 160 | 610 |
| 6 | | 220 | 170 | 620 |
| 7 | 3 | 400 | 100 | 200 |
| 8 | | 410 | 110 | 210 |
| 9 | | 420 | 120 | 220 |
| 10 | 4 | 100 | 300 | 150 |
| 11 | | 110 | 310 | 160 |
| 12 | | 120 | 320 | 170 |
| 13 | 5 | 200 | 100 | 700 |
| 14 | | 210 | 110 | 710 |
| 15 | | 220 | 120 | 720 |
| 16 | 6 | 300 | 400 | 800 |
| 17 | | 310 | 410 | 810 |
| 18 | | 320 | 420 | 820 |
| 19 | 7 | 400 | 210 | 300 |
| 20 | | 410 | 220 | 310 |
| 21 | | 420 | 230 | 320 |
| 22 | 8 | 300 | 800 | 150 |
| 23 | | 310 | 810 | 160 |
| 24 | | 320 | 820 | 170 |
| 25 | 9 | 510 | 400 | 310 |
| 26 | | 520 | 410 | 320 |
| 27 | | 530 | 420 | 330 |
| 28 | 10 | 300 | 600 | 200 |
| 29 | | 310 | 610 | 200 |
| 30 | | 320 | 620 | 210 |

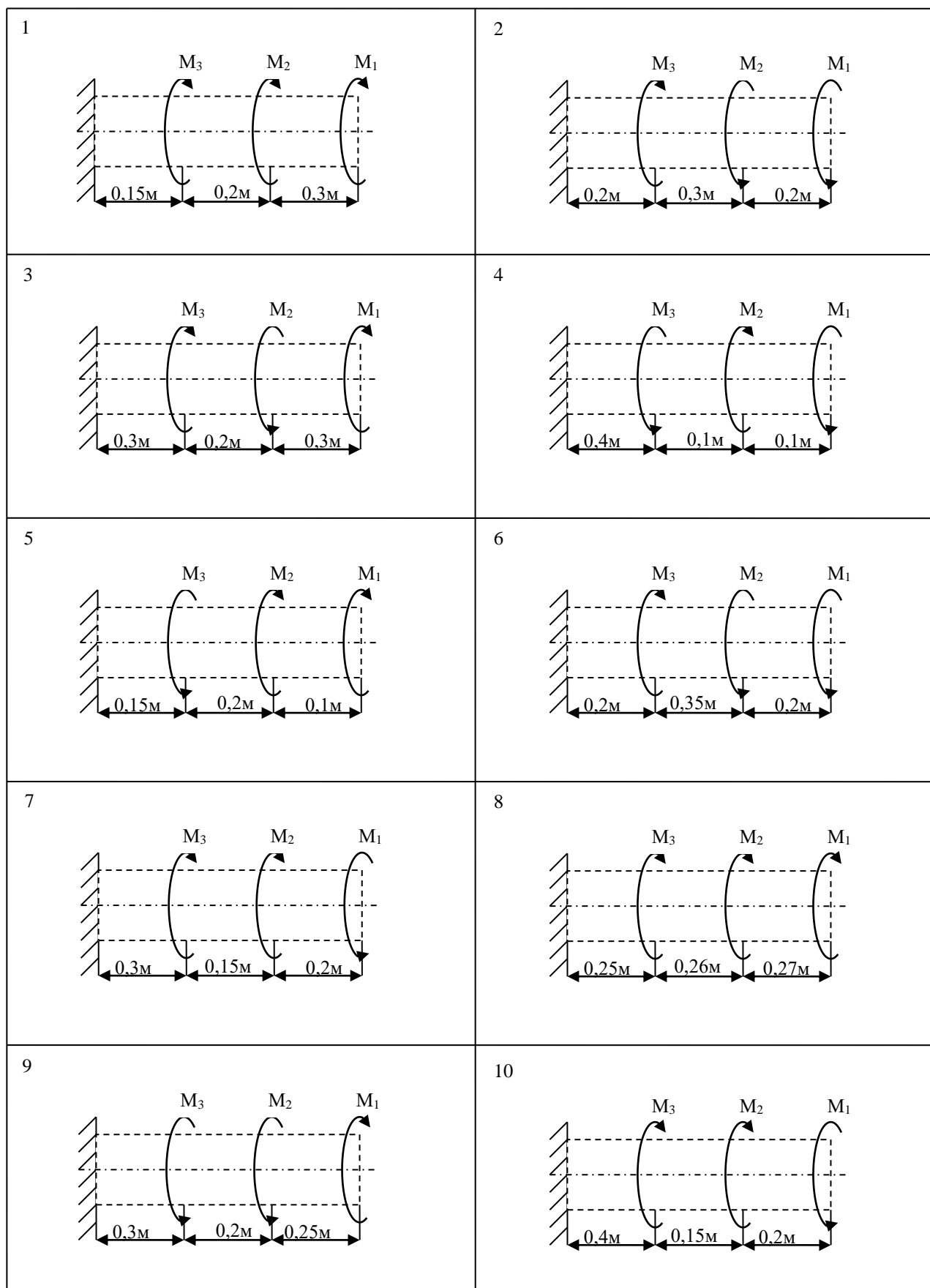


Рисунок 6

Порядок выполнения работы:

1. Разделить вал на участки;
2. Определить крутящий момент на каждом участке вала;
3. По полученным значениям построить эпюру крутящих моментов
4. Для каждого участка определить диаметр вала из условия прочности

по формуле
$$d = \sqrt[3]{\frac{|M_{kp}|}{0,2[\tau_k]}}$$
.

5. Определить угол закручивания для каждого участка по формуле

$$\varphi = \frac{M_{kp} \cdot l}{G \cdot J_{\rho}}.$$

6. Построить эпюру φ , учитывая, что в заделке $\varphi = 0$, на 3 участке $\varphi = \varphi_3$, на 2 участке $\varphi = \varphi_3 + \varphi_2$, на 1 участке $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3$.
7. Записать ответ.

Практическая работа №5

Тема: Расчет на прочность при изгибе

Цель: Научиться выполнять расчеты на изгиб, исходя из условия прочности

Задание

Для заданной двухопорной балки (рисунок 7) построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Определить размеры поперечного сечения балки, если:

- а) балка имеет форму двутавра;
- б) балка имеет круглое поперечное сечение.

Полученные по расчету значения диаметров округлить до целых четных чисел или оканчивающихся на пять, $[\sigma] = 100 \text{ МПа}$. Данные своего варианта взять из таблицы 2.

Таблица 2

| Вариант | Схема | М, кН·м | F ₁ кН | F ₂ кН |
|---------|-------|---------|-------------------|-------------------|
| 1 | 1 | 30 | 20 | 100 |
| 2 | | 40 | 10 | 110 |
| 3 | | 50 | 20 | 120 |
| 4 | | 60 | 30 | 80 |
| 5 | 2 | 10 | 25 | 35 |
| 6 | | 12 | 22 | 30 |
| 7 | | 14 | 20 | 25 |
| 8 | | 15 | 15 | 15 |
| 9 | 3 | 10 | 12 | 13 |
| 10 | | 11 | 15 | 12 |
| 11 | | 13 | 16 | 10 |
| 12 | | 15 | 18 | 12 |
| 13 | 4 | 14 | 17 | 13 |
| 14 | | 15 | 18 | 14 |
| 15 | | 16 | 19 | 15 |
| 16 | | 17 | 20 | 16 |
| 17 | 5 | 10 | 11 | 12 |
| 18 | | 11 | 12 | 13 |
| 19 | | 12 | 13 | 14 |
| 20 | | 13 | 14 | 15 |
| 21 | 6 | 14 | 15 | 16 |
| 22 | | 15 | 16 | 17 |
| 23 | | 16 | 17 | 18 |
| 24 | | 17 | 18 | 19 |
| 25 | 7 | 18 | 19 | 20 |
| 26 | | 19 | 20 | 20 |
| 27 | | 20 | 20 | 20 |
| 28 | | 25 | 16 | 17 |
| 29 | 8 | 14 | 15 | 16 |
| 30 | | 13 | 14 | 15 |
| 31 | | 12 | 13 | 14 |
| 32 | | 13 | 14 | 15 |

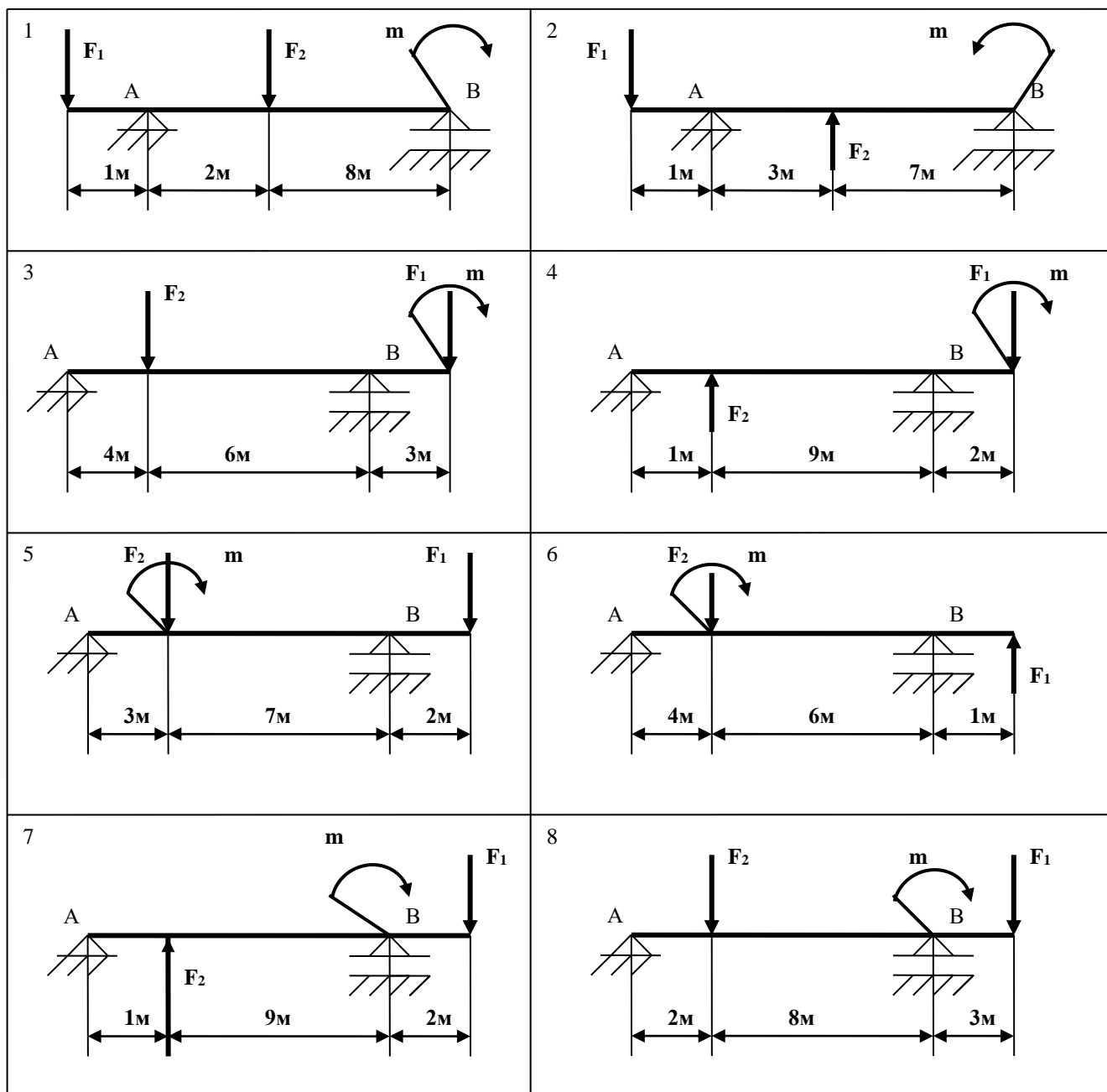


Рисунок 7

Задание повышенной трудности №1

Для заданной двухопорной балки (рисунок 8а,б) построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, если $F = 15\text{кН}$; $m = 25\text{кН}\cdot\text{м}$; $q = 10\text{кН/м}$; $[\sigma] = 100\text{ МПа}$. Определить размеры поперечного сечения балки, если:

- балка имеет форму двутавра;
- балка имеет круглое поперечное сечение.

Полученные по расчету значения диаметров округлить до целых четных чисел или оканчивающихся на пять.

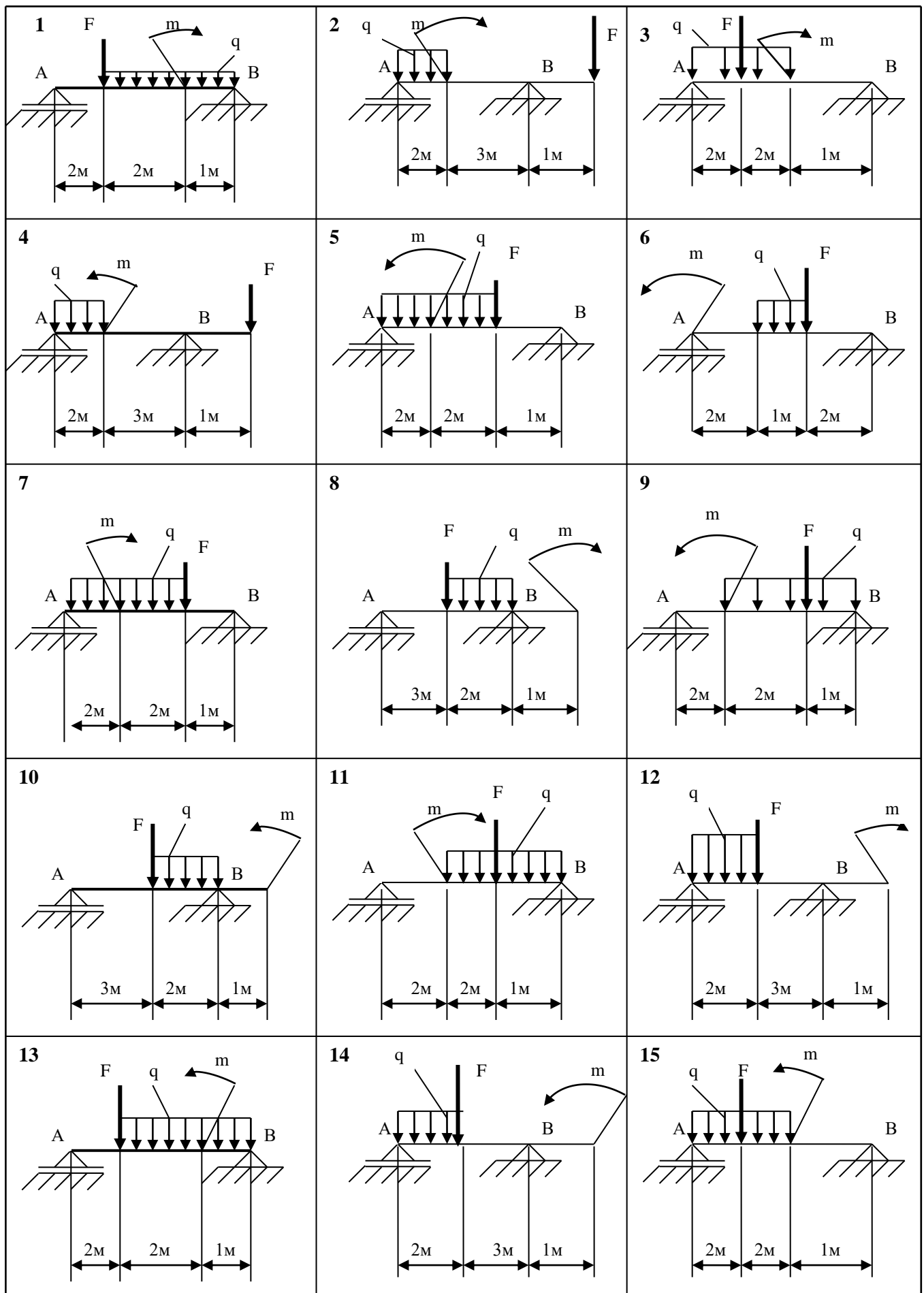


Рисунок 8а

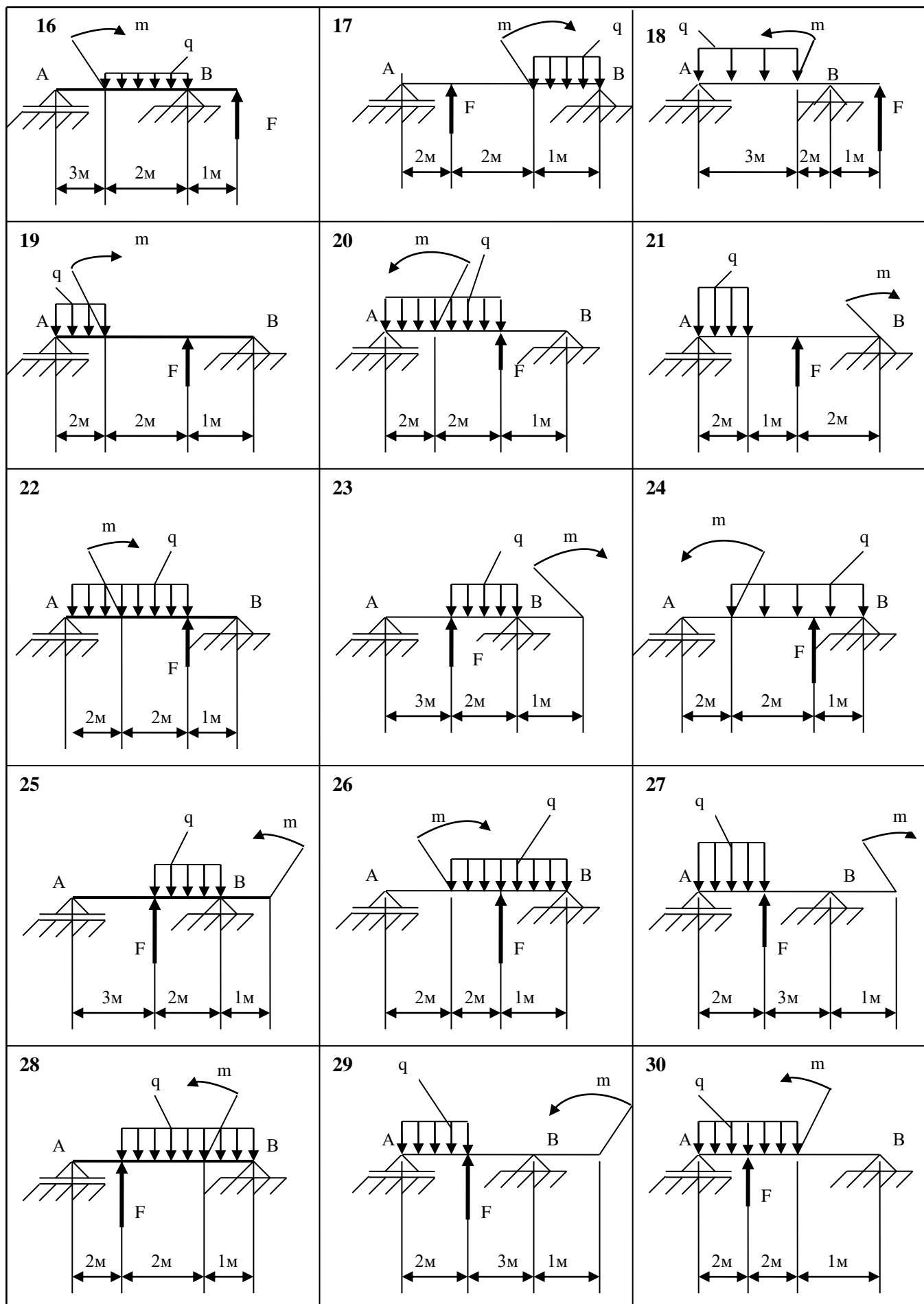


Рисунок 86

Задание повышенной трудности №2

Для заданной двухопорной балки (рисунок 9а,б,в) построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, если $F_1 = 10\text{кН}$, $F_2 = 20\text{кН}$, $m = 5\text{ кН}\cdot\text{м}$, $q = 10\text{кН/м}$, $[\sigma] = 100\text{ МПа}$. Определить размеры поперечного сечения балки, если:

- балка имеет форму двутавра;
- балка имеет круглое поперечное сечение.

Полученные по расчету значения диаметров округлить до целых четных чисел или оканчивающихся на пять. Схему выбрать согласно варианту.

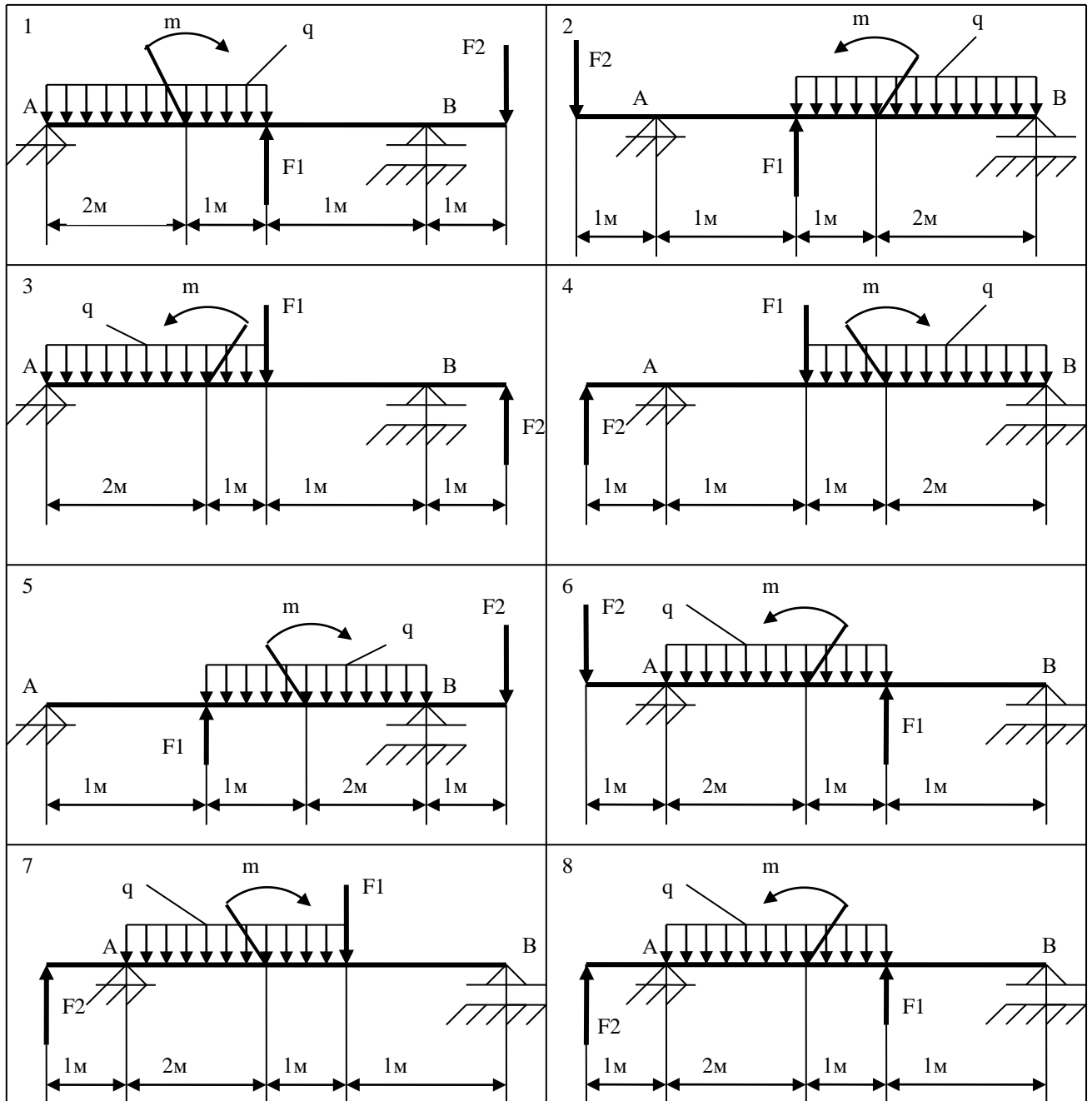


Рисунок 9а

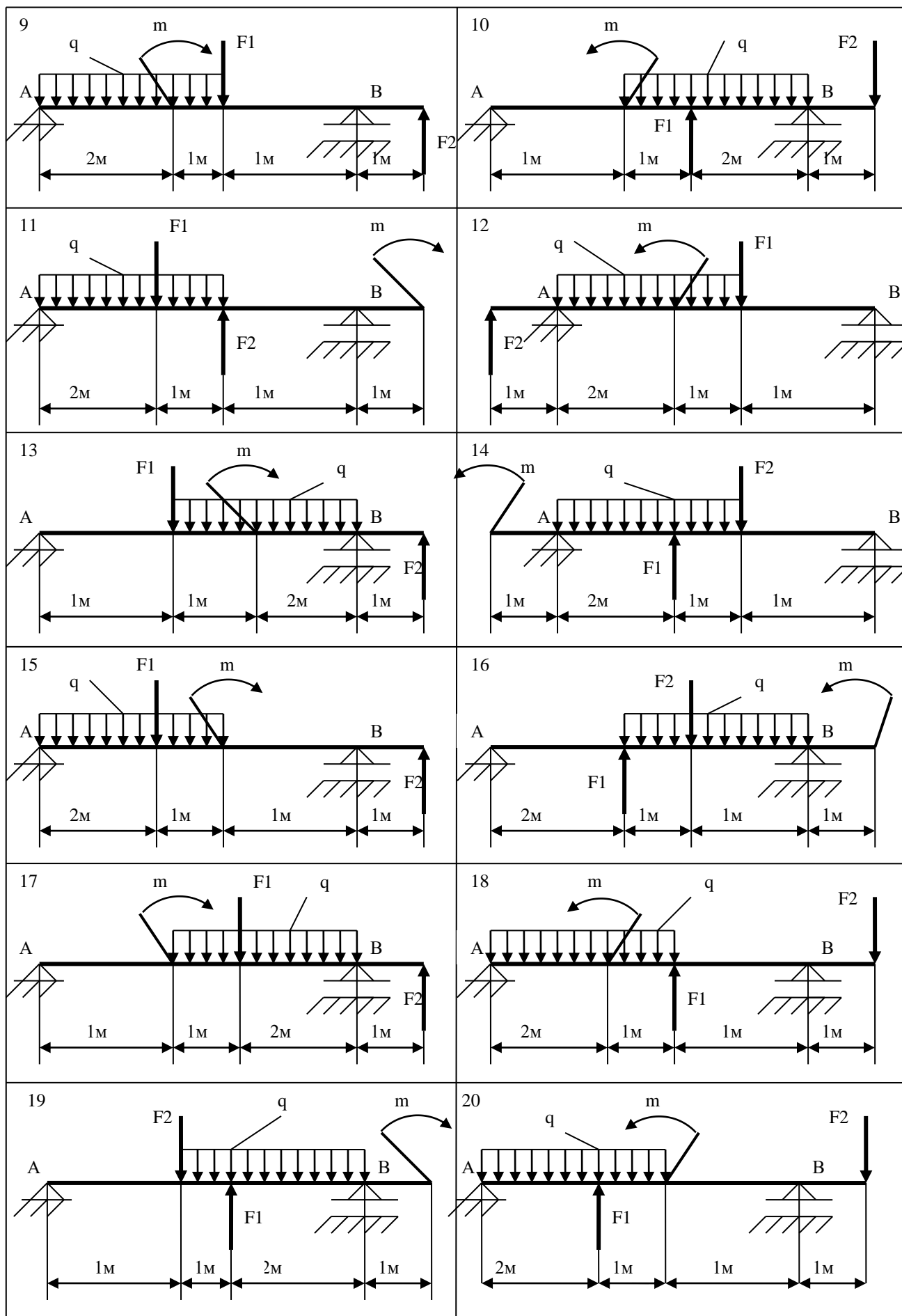


Рисунок 96

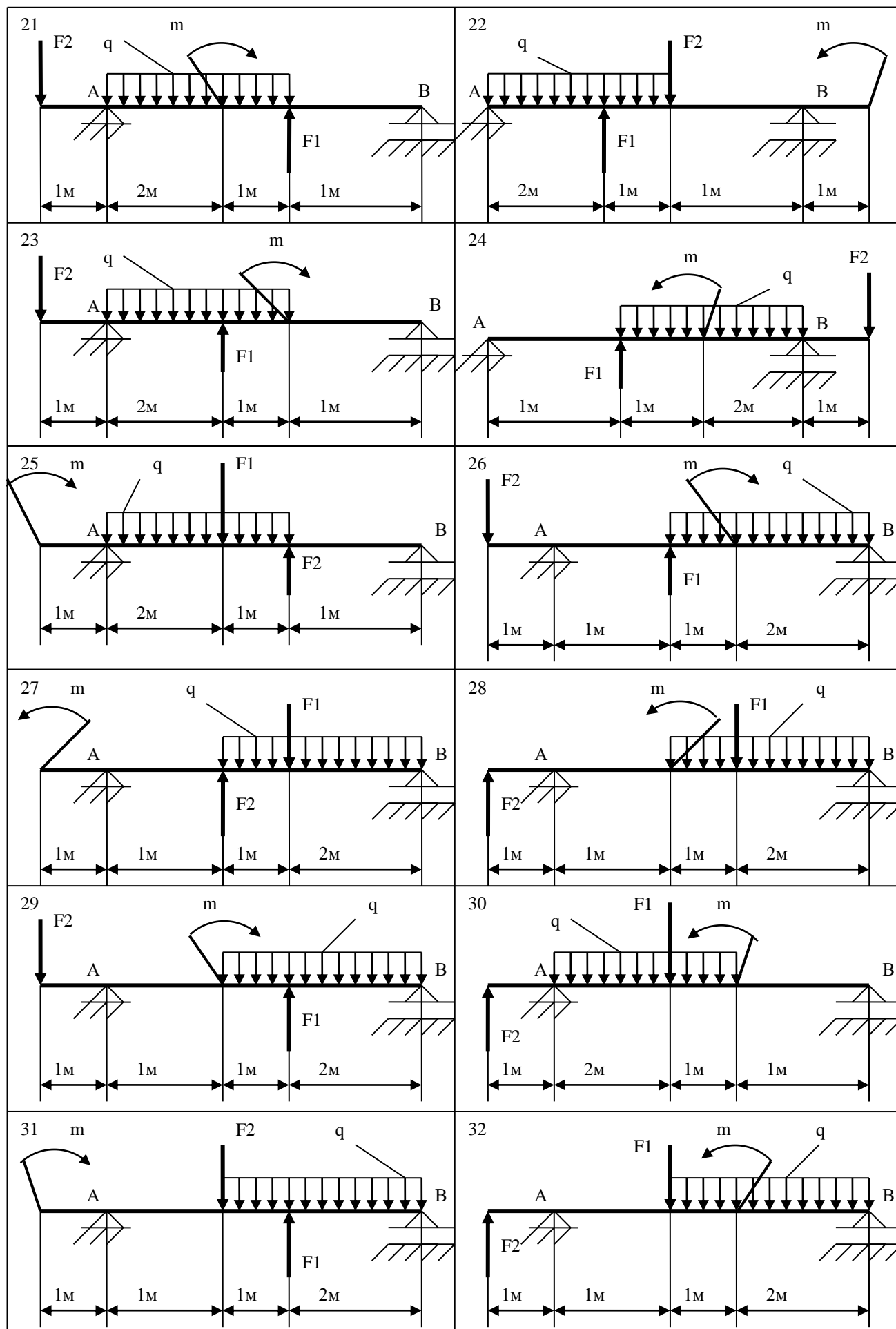


Рисунок 9в

Порядок выполнения работы:

1. Определить опорные реакции балки, для этого составить два уравнения равновесия $\sum M_A = 0$ и $\sum M_B = 0$. Полученные значения проверить с помощью уравнения $\sum y = 0$.
2. Балку разделить на участки. Границами участков являются точки приложения сил, моментов и точки, где начинается и заканчивается распределенная нагрузка.
3. Границы участков обозначить буквами.
4. В каждой точке определить поперечную силу Q , если в точке действует сосредоточенная сила, то поперечная сила Q определяется дважды (слева и справа от точки), построить эпюру Q .
5. В каждой точке определить изгибающий момент M , если в точке действует момент, то изгибающий момент определяется дважды (слева и справа от точки), построить эпюру M .
6. Определить осевой момент сопротивления по формуле: $W_x = \frac{|M_{\max}|}{[\sigma]}$,
где $|M_{\max}|$ – максимальное, по модулю, значение изгибающего момента.
7. Для балок имеющих круглое поперечное сечение определить диаметр по формуле: $d = \sqrt[3]{\frac{W_x}{0,2}}$.
8. Для балок имеющих форму двутавра необходимо полученное значение W_x перевести в см^3 , а затем воспользоваться ГОСТ 8239 – 89 (приложение Б) и подобрать значение W_x , соответствующее расчетному значению.
9. В ответе указать номер балки, соответствующий выбранному значению W_x .

Практическая работа №6

Тема: Подбор и проверочный расчет шпонок

Цель: Научиться осуществлять подбор шпонок по стандарту и выполнять проверочный расчет на прочность

Задание

Подобрать шпонку на выходной конец вала для соединения с чугунной полумуфтой, $[\sigma_{см}] = 80 \text{ МПа}$.

2. Подобрать шпонку для соединения вала со ступицей зубчатого колеса и проверить прочность шпоночного соединения, $[\sigma_{см}] = 100 \text{ МПа}$.

Данные своего варианта взять в таблице 3.

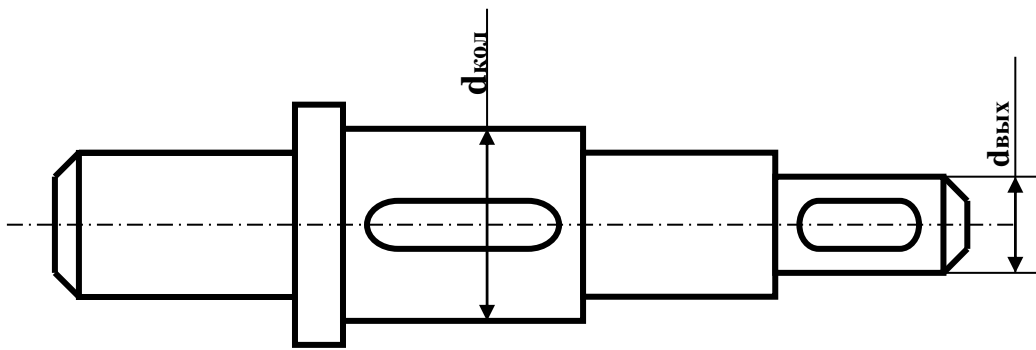


Рисунок 10

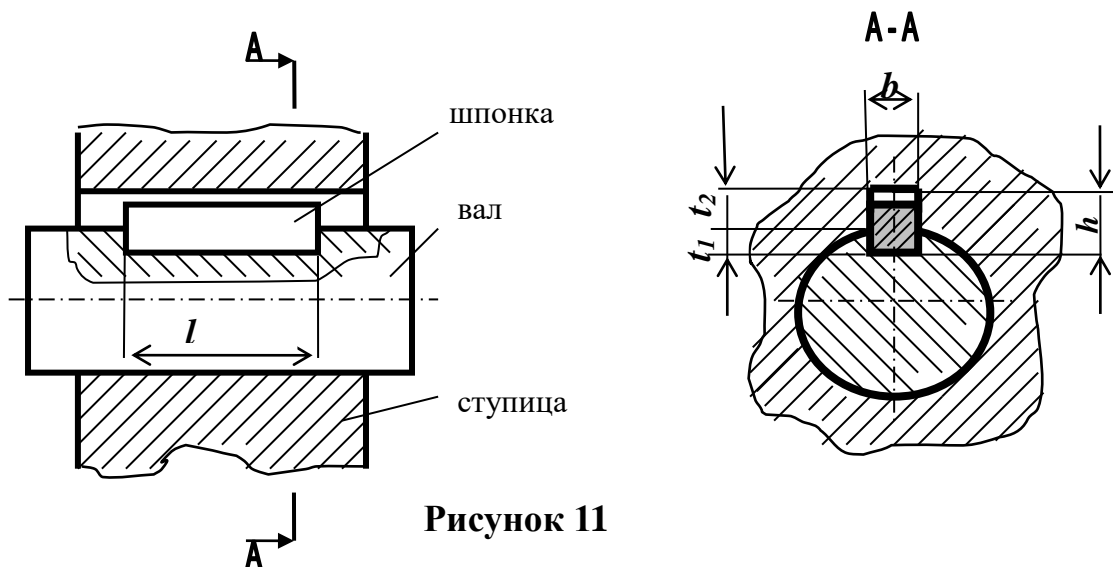


Рисунок 11

Таблица 3

| № варианта | $d_{\text{вых}}, \text{мм}$ | $M, \text{Н} \cdot \text{м}$ | $l_{\text{ст}}, \text{мм}$ | $d_{\text{кол}}, \text{мм}$ |
|------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 15 | 50 | 25 | 24 |
| 2 | 16 | 68 | 28 | 18 |
| 3 | 13 | 60 | 26 | 20 |
| 4 | 14 | 65 | 30 | 20 |
| 5 | 15 | 80 | 38 | 24 |
| 6 | 16 | 50 | 34 | 25 |
| 7 | 17 | 75 | 36 | 25 |
| 8 | 18 | 55 | 40 | 24 |
| 9 | 19 | 90 | 42 | 28 |
| 10 | 20 | 85 | 45 | 28 |
| 11 | 21 | 95 | 48 | 30 |
| 12 | 22 | 120 | 50 | 32 |
| 13 | 24 | 100 | 53 | 34 |
| 14 | 25 | 110 | 56 | 34 |
| 15 | 26 | 105 | 50 | 36 |
| 16 | 28 | 115 | 45 | 36 |
| 17 | 30 | 140 | 60 | 40 |
| 18 | 32 | 130 | 63 | 38 |
| 19 | 33 | 120 | 67 | 45 |
| 20 | 34 | 150 | 56 | 45 |
| 21 | 36 | 160 | 63 | 45 |
| 22 | 38 | 155 | 67 | 45 |
| 23 | 40 | 165 | 71 | 48 |
| 24 | 42 | 170 | 75 | 48 |
| 25 | 45 | 200 | 67 | 55 |
| 26 | 48 | 190 | 63 | 55 |
| 27 | 50 | 180 | 60 | 60 |
| 28 | 52 | 185 | 71 | 60 |
| 29 | 55 | 210 | 75 | 65 |
| 30 | 60 | 195 | 80 | 70 |
| 31 | 63 | 215 | 66 | 75 |
| 32 | 65 | 300 | 63 | 75 |

Порядок выполнения:

- В зависимости от диаметра вала $d_{\text{вых}}$ выбрать размер призматической шпонки по ГОСТ 23360 -78 (приложение В).
 $b =$
 $h =$
 $t_1 =$
- Определить расчетную длину шпонки по формуле:

$$l = \frac{2 \cdot M}{d(h - t_1) \cdot [\sigma_{см}]} + b$$

3. Уточнить длину шпонки по ГОСТ 23360 -78 (приложение В).
Необходимо выбрать окончательную длину шпонки из стандартного ряда (см. примечание к ГОСТу 23360-78).

4. Для вала диаметром $d_{кол}$ подобрать размер призматической шпонки по ГОСТ 23360 -78 (приложение В).

$b =$

$h =$

$t_1 =$

5. Определить расчетную длину шпонки. Рекомендуется размер шпонки принимать на 2 - 10 мм короче ступицы.

$$l = l_{см} - (2 \dots 10)$$

6. Уточнить длину шпонки по ГОСТ 23360 -78(приложение В).

Необходимо выбрать окончательную длину шпонки из стандартного ряда (см. примечание к ГОСТу 23360-78).

7. Определить величину фактических напряжений по формуле:

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot M}{d(h - t_1)(l_{ш} - b)}$$

8. Проверить выполнение условия прочности

$$\sigma_{см} \leq [\sigma_{см}]$$

9. Сделать вывод о пригодности шпонки:

Прочность шпоночного соединения вала со ступицей колеса обеспечена, если условие прочности выполняется.

Практическая работа №7

Тема: Расчет прямозубой цилиндрической передачи

Цель: Научиться определять параметры прямозубой цилиндрической передачи

Задание

Рассчитать основные параметры цилиндрической прямозубой передачи, если $\eta = 0,96$; $[S_H] = 1,1$; $k_a = 49,5$; $\psi_{ba} = 0,25$; $k_{H\beta} = 1,25$.

Данные своего варианта взять в таблице 4.

Таблица 4

| № вар. | P ₁ , кВт | n ₁ , об/мин | u | НВ | № вар. | P ₁ , кВт | n ₁ , об/мин | u | НВ |
|--------|----------------------|-------------------------|------|-----|--------|----------------------|-------------------------|------|-----|
| 1 | 5,5 | 750 | 1,25 | 300 | 16 | 7.5 | 1500 | 1,25 | 350 |
| 2 | 5,5 | 750 | 2,0 | 250 | 17 | 7.5 | 1500 | 2,0 | 300 |
| 3 | 5,5 | 750 | 2,5 | 300 | 18 | 7.5 | 1500 | 2,5 | 250 |
| 4 | 5,5 | 750 | 3,15 | 300 | 19 | 7.5 | 1500 | 3,15 | 270 |
| 5 | 5,5 | 750 | 4 | 200 | 20 | 7.5 | 1500 | 4 | 260 |
| 6 | 5,5 | 1000 | 1,25 | 220 | 21 | 1,5 | 750 | 4 | 300 |
| 7 | 5,5 | 1000 | 2 | 280 | 22 | 2,2 | 750 | 3,15 | 250 |
| 8 | 5,5 | 1000 | 2,5 | 350 | 23 | 2,2 | 750 | 4 | 280 |
| 9 | 5,5 | 1000 | 3,15 | 300 | 24 | 3,0 | 750 | 2,5 | 270 |
| 10 | 5,5 | 1000 | 4 | 320 | 25 | 2,2 | 750 | 2,5 | 300 |
| 11 | 7.5 | 1000 | 1,25 | 350 | 26 | 3,0 | 750 | 3,15 | 300 |
| 12 | 7.5 | 1000 | 2 | 250 | 27 | 3,0 | 750 | 4 | 250 |
| 13 | 7.5 | 1000 | 2,5 | 270 | 28 | 4,0 | 750 | 2,5 | 250 |
| 14 | 7.5 | 1000 | 3,15 | 300 | 29 | 4,0 | 750 | 3,15 | 280 |
| 15 | 7.5 | 1000 | 4 | 280 | 30 | 4,0 | 750 | 4 | 300 |

Порядок выполнения:

1. Определить частоту вращения тихоходного вала по формуле:

$$n_2 = \frac{n_1}{u}$$

2. Определить угловые скорости и вращающие моменты на валах по формулам:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30}$$

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30}$$

$$T_1 = \frac{P_1 \cdot 1000}{\omega_1}$$

$$T_2 = T_1 \cdot u \cdot \eta$$

3. Определить допускаемое контактное напряжение по формуле:

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{H0}}{[S_H]},$$

где $\sigma_{H0} = 2 \cdot HB + 70$ - предел контактной выносливости при базовом числе циклов;

4. Определить межосевое расстояние по формуле:

$$a_w = k_a (u + 1) \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot 1000 \cdot k_{HB}}{[\sigma_H]^2 \cdot u^2 \cdot \psi_{ba}}}$$

Полученное значение округлить до ближайшего большего значения из стандартного ряда: **40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315.**

5. Определить модуль зубьев

$$m = (0,01 \dots 0,02) \cdot a_w = 0,01 \cdot a_w \dots 0,02 \cdot a_w$$

Из полученного интервала принять максимальное значение стандартного модуля.

Значения стандартных модулей: 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 6; 8; 10.

6. Определить суммарное число зубьев по формуле:

$$Z_\Sigma = \frac{2 \cdot a_w}{m}$$

(Полученное значение округлить до целого числа).

7. Определить число зубьев шестерни и колеса

$$Z_1 = \frac{Z_\Sigma}{u + 1}$$

(Полученное значение округлить до целого числа).

$$Z_2 = Z_\Sigma - Z_1$$

8. По округленным значениям Z_1 и Z_2 уточнить передаточное число

$$u = \frac{Z_2}{Z_1}$$

9. Определить делительные диаметры, диаметры вершин и впадин, колеса и шестерни.

Делительные диаметры.

$$\begin{aligned}d_1 &= m \cdot z_1 \\d_2 &= m \cdot z_2\end{aligned}$$

Диаметры вершин зубьев.

$$\begin{aligned}d_{a1} &= d_1 + 2m \\d_{a2} &= d_2 + 2m\end{aligned}$$

Диаметры впадин зубьев.

$$\begin{aligned}d_{f1} &= d_1 - 2,5m \\d_{f2} &= d_2 - 2,5m\end{aligned}$$

10. Определить ширину зубчатого венца колес.

$$\begin{aligned}b_2 &= \psi_{ba} \cdot a_w \\b_1 &= b_2 + (2 \dots 4) = b_2 + 2 \dots b_2 + 4\end{aligned}$$

Из полученного интервала принять окончательное значение b_1 .

Практическая работа №8

Тема: Выполнение кинематического и силового расчета передач.

Цель: Научиться читать кинематические схемы и выполнять кинематический и силовой расчет многоступенчатых передач.

| № Вар. | Задание |
|--------|--|
| 1 | Перечислить все элементы, изображенные на схеме (рисунок 12). Определить общее передаточное число механизма, если: $n_1 = 970$ об/мин; $n_2 = 232$ об/мин; $Z_1 = 1$; $Z_2 = 60$; $Z_3 = 25$; $Z_4 = 88$. |
| 2 | Определить частоту вращения элемента поз. 8 (рисунок 12), если: $n_1 = 1500$ об/мин; передаточное число ременной передачи $u = 2$; $Z_1 = 2$; $Z_2 = 50$; передаточное число цепной передачи $u = 2,5$. |
| 3 | Определить частоту вращения червячного колеса (рисунок 12), если: частота вращения двигателя 1200 об/мин; передаточное число ременной передачи $u = 3$; $Z_2 = 50$; $Z_1 = 1$. |

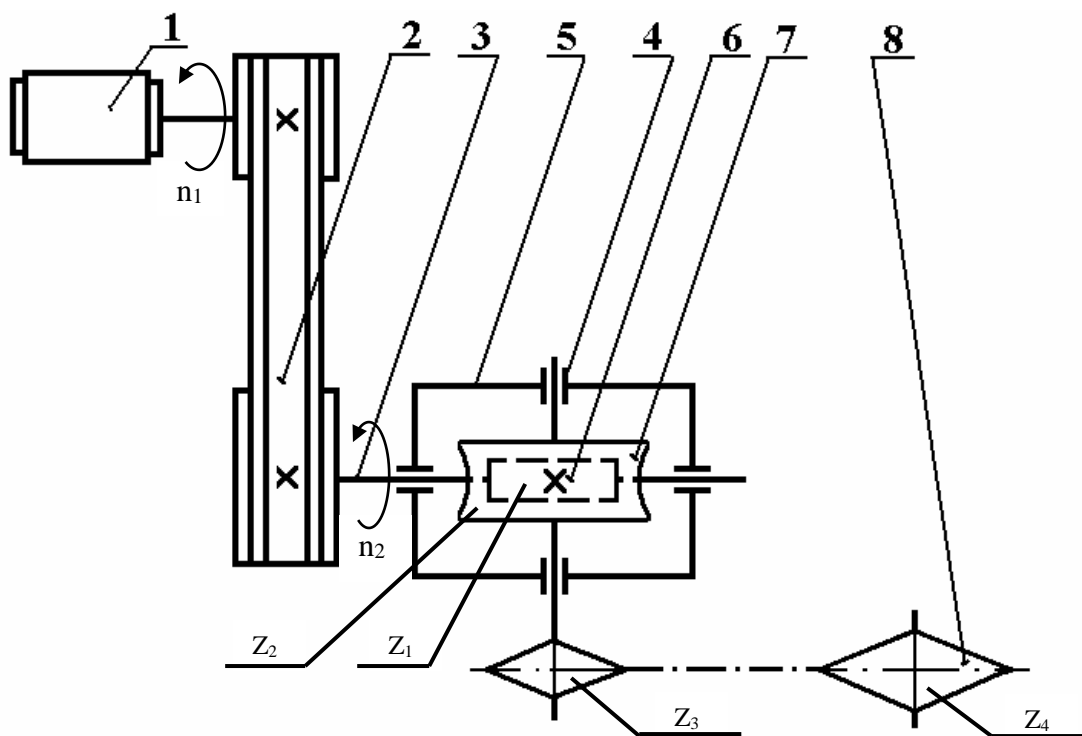


Рисунок 12

| № Вар. | Задание |
|--------|--|
| 4 | Определить общее передаточное число механизма (рисунок 13), если: в ременной передаче $u_1 = 2,5$; в зубчатых передачах $u_2 = 3,15$; $u_3 = 3,15$; количество зубьев ведущей звездочки $Z_1 = 32$, ведомой звездочки $Z_2 = 64$. |

| | |
|---|--|
| 5 | Определить частоту вращения вала поз. 8 (рисунок 13), если: частота вращения двигателя $n = 1500 \text{ об/мин}$; передаточное число ременной передачи $u = 2,5$; передаточные числа зубчатых пар $u = 3,15$; количество зубьев ведущей звездочки $Z_1 = 25$, ведомой звездочки $Z_2 = 64$. |
| 6 | Определить угловую скорость элемента поз.7 (рисунок 13), если: частота вращения двигателя $n = 1200 \text{ об/мин}$; передаточное число ременной передачи $u = 3,5$; передаточные числа зубчатых пар $u = 2,5$; передаточное число цепной передачи $u = 4$. |

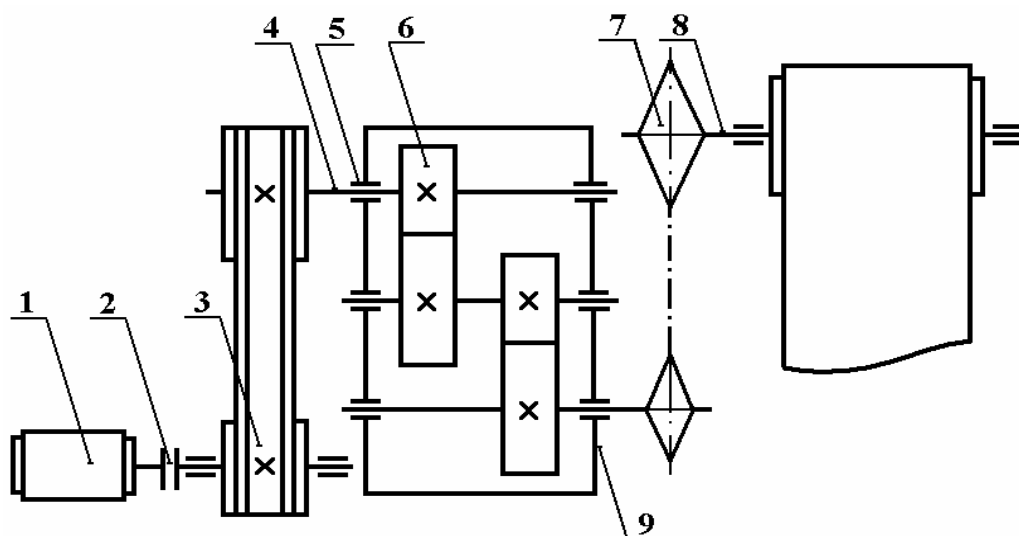


Рисунок 13

| № Вар. | Задание |
|--------|--|
| 7 | Перечислить все элементы, изображенные на схеме (рисунок 14) и определить общее передаточное число механизма, если: $n_1 = 750 \text{ об/мин}$; $n_2 = 188 \text{ об/мин}$; $n_3 = 188 \text{ об/мин}$. |
| 8 | Перечислить все элементы, изображенные на схеме (рисунок 14) и определить общее передаточное число механизма, если: $\omega_1 = 157 \text{ рад/с}$; $\omega_2 = 62,8 \text{ рад/с}$; $\omega_3 = 15,7 \text{ рад/с}$. |

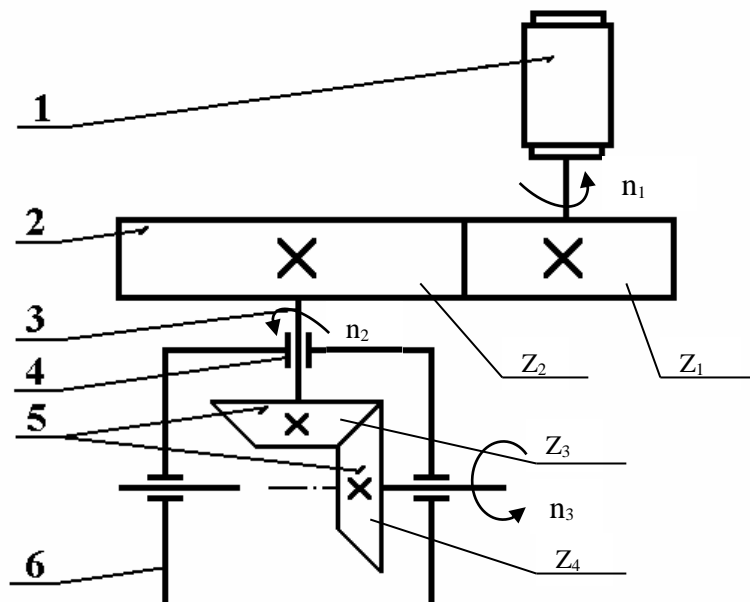


Рисунок 14

| № Вар. | Задание |
|--------|--|
| 9 | Перечислить все элементы, изображенные на схеме (рисунок 15) и определить общее передаточное число механизма, если: частота вращения вала (A) равна 1000 об/мин ; вала (B) – 400 об/мин ; вала (C) – 127 об/мин ; вала (D) – 30 об/мин . |
| 10 | Определить частоту вращения вала (D) (рисунок 15), если: частота вращения двигателя 1500 об/мин ; передаточное число ременной передачи $u = 2,5$; передаточное число цепной передачи $u = 3$; количество зубьев ведущего и ведомого колеса соответственно $Z = 17$ и $Z = 68$. |
| 11 | Определить мощность на выходном валу (рисунок 15), если: мощность двигателя равна 12 кВт ; КПД ременной передачи 0,94 ; КПД зубчатой передачи 0,98 ; КПД цепной передачи 0,96 . |

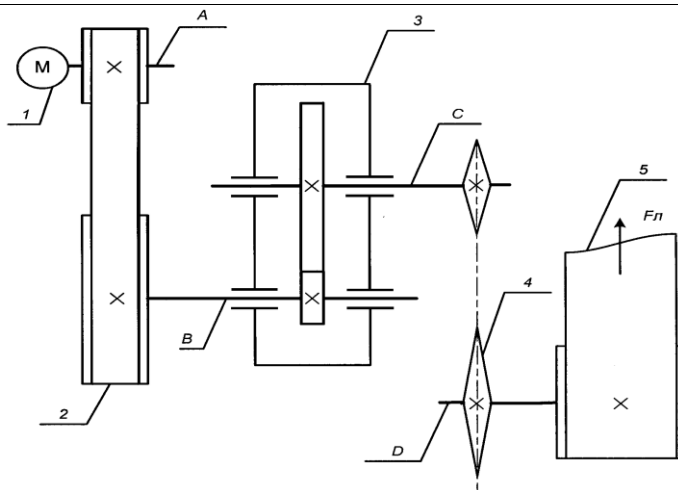


Рисунок 15

| № Вар. | Задание |
|--------|---|
| 12 | Перечислить все элементы, изображенные на схеме (рисунок 16) и определить общее передаточное число, если: $n_1 = 1500$ об/мин; $n_2 = 375$ об/мин; $n_3 = 150$ об/мин; $n_4 = 38$ об/мин. |
| 13 | Определить угловую скорость на выходном валу редуктора (рисунок 16), если: $n_1 = 1500$ об/мин; передаточное число ременной передачи $u = 2,5$; передаточное число редуктора $u = 24$. |

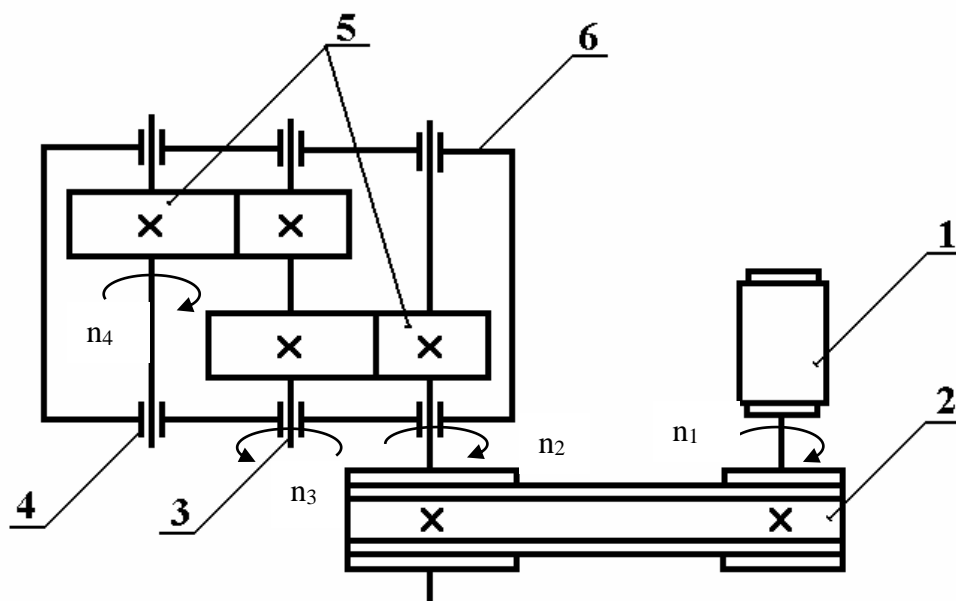


Рисунок 16

| № Вар. | Задание |
|--------|---|
| 14 | Для заданной многоступенчатой передачи (рисунок 17) определить общее передаточное число, если: $\omega_1 = 100$ рад/с; $\omega_2 = 25$ рад/с; $\omega_3 = 5$ рад/с. |
| 15 | Для заданной передачи (рисунок 17) определить частоту вращения ведомого вала, если: $\omega_1 = 100$ рад/с; $u_1 = 3,15$; $u_2 = 4,5$. |

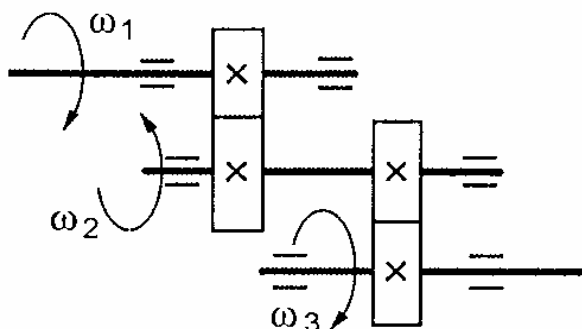


Рисунок 17

| № Вар. | Задание |
|--------|--|
| 16 | Определить требуемую мощность электродвигателя (рисунок 18), если КПД ременной передачи равен 0,97; КПД цепной передачи - 0,95; КПД зубчатой передачи - 0,97; $P_{\text{вых}} = 10$ кВт. |

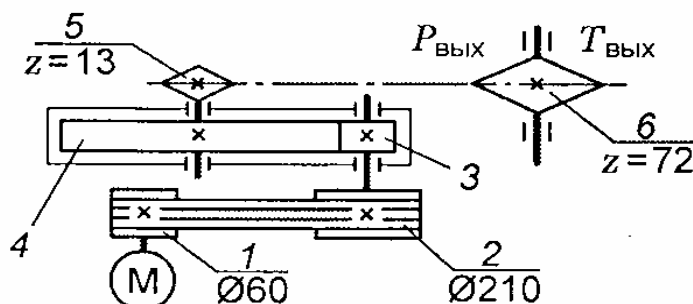


Рисунок 18

| № Вар. | Задание |
|--------|--|
| 17 | Перечислить все элементы, изображенные на схеме (рисунок 19). Определить общее передаточное число механизма, если: $Z_1 = 18$; $Z_2 = 72$; $Z_3 = 17$; $Z_4 = 60$. |

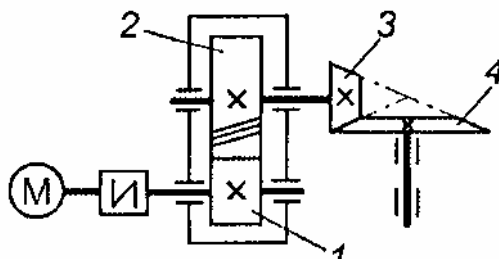


Рисунок 19

| № Вар. | Задание |
|--------|--|
| 18 | Для заданной передачи (рисунок 20) определить момент на ведущем валу, если мощность на выходе из передачи 6,6 кВт; скорость на входе 60 рад/с; КПД = 0,96. |
| 19 | Для заданной передачи (рисунок 20) определить мощность на выходе, если скорость на ведущем валу 60 рад/с; момент на ведущем валу 180 Н·м; КПД = 0,96. |

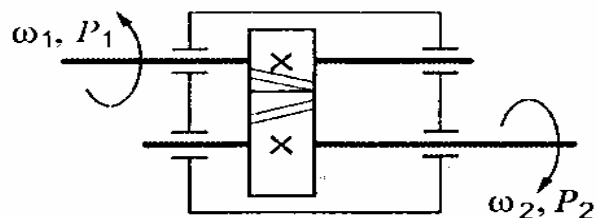


Рисунок 20

| № Вар. | Задание |
|--------|---|
| 20 | Для заданной передачи (рисунок 21) определить момент на ведомом валу, если: $P_1 = 5$ кВт; $\omega_2 = 62,8$ рад/с; $\eta = 0,97$. |
| 21 | Для заданной передачи (рисунок 21) определить момент на ведущем валу, если: $P_2 = 5$ кВт; $\omega_1 = 157$ рад/с; $\eta = 0,97$. |

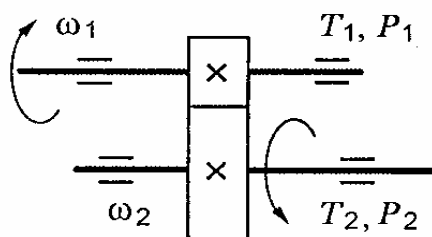


Рисунок 21

| № Вар. | Задание |
|--------|---|
| 22 | Для заданной передачи (рисунок 22) определить момент на ведомом валу, если: $P_1 = 8$ кВт; $\omega_1 = 40$ рад/с; $\eta = 0,97$; $u = 4$. |
| 23 | Для заданной передачи (рисунок 22) определить мощность на входе, если: $T_2 = 200$ Н · м; $\omega_2 = 40$ рад/с; $\eta = 0,97$. |

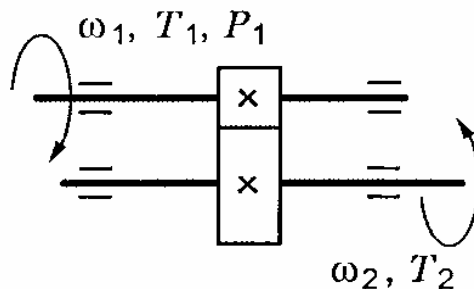


Рисунок 22

| № Вар. | Задание |
|--------|--|
| 24 | Для заданной схемы (рисунок 23) определить требуемую мощность электродвигателя, если: $P_{\text{вых}} = 5 \text{ кВт}$; $\eta_3 = 0,97$; $\eta_u = 0,95$. |

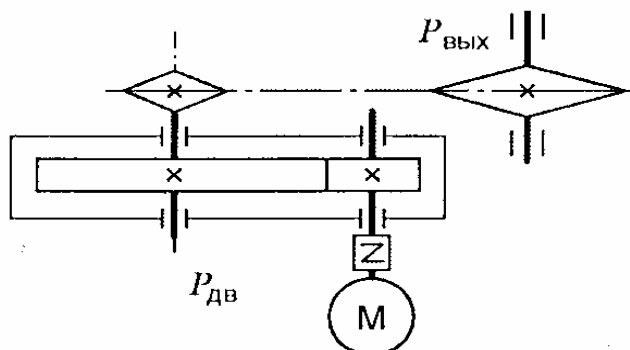


Рисунок 23

| № Вар. | Задание |
|--------|---|
| 25 | Для заданной схемы (рисунок 24) определить момент на ведомом валу, если: $P_1 = 6 \text{ кВт}$; $\omega_1 = 20 \text{ рад/с}$; $\eta = 0,97$; $u = 2,5$. |
| 26 | Для заданной схемы (рисунок 24) определить момент на ведущем валу, если: $P_{\text{вых}} = 5,6 \text{ кВт}$; $\omega_2 = 20 \text{ рад/с}$; $\eta = 0,97$; $u = 2,5$. |

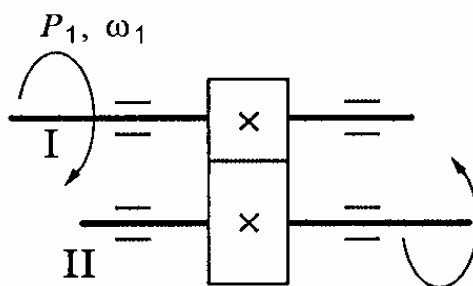


Рисунок 24

| № Вар. | Задание |
|--------|---|
| 27 | Для заданной многоступенчатой передачи (рисунок 25) определить общее передаточное число, если: $Z_1 = 20$; $Z_2 = 80$; $Z_3 = 30$; $Z_4 = 75$; $Z_5 = 40$; $Z_6 = 200$. |
| 28 | Для заданной многоступенчатой передачи (рисунок 25) определить общее передаточное число, если: $n_1 = 800 \text{ об/мин}$; $n_2 = 400 \text{ об/мин}$; $Z_3 = 28$; $Z_4 = 70$; $d_5 = 40 \text{ мм}$; $d_6 = 200 \text{ мм}$. |

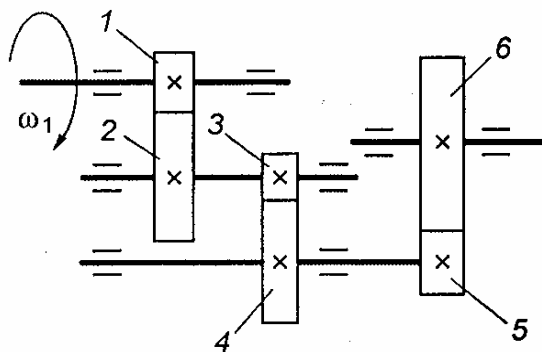


Рисунок 25

| № Вар. | Задание |
|--------|--|
| 29 | Определить требуемую мощность электродвигателя (рисунок 26), если $P_{\text{вых}} = 8 \text{ кВт}$; $\eta_z = 0,97$; $\eta_{\text{ч}} = 0,82$. |
| 30 | Определить частоту вращения червяка (рисунок 26), если: $n_{\text{ов}} = 1200 \text{ об/мин}$; $Z_1 = 13$; $Z_2 = 83$. |

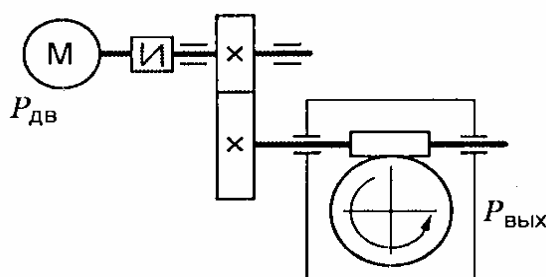


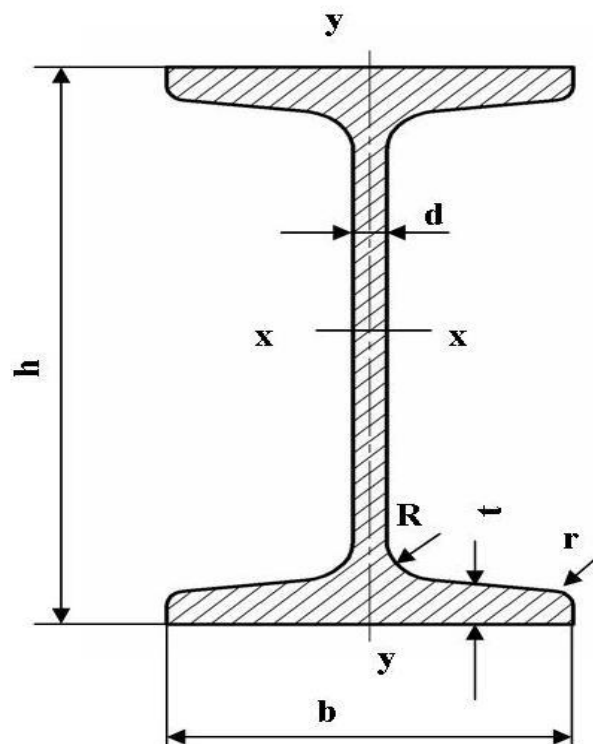
Рисунок 26

Порядок решения:

1. В задачах, где требуется определить общее передаточное число механизма необходимо применить формулу: $u_{\text{общ}} = u_1 \cdot u_2 \cdot u_3 \dots \cdot u_n$, где u_1, u_2, u_3, u_n – передаточные числа каждой кинематической пары.
2. Передаточные числа, в зависимости от вида передачи и исходных данных, можно определить по формуле: $u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{D_2}{D_1}$.
3. В задачах, где требуется определить частоту вращения необходимо использовать зависимость между передаточным числом и частотой вращения элементов передачи: $u = \frac{n_1}{n_2}$.

4. В задачах, где требуется определить угловую скорость элемента передачи необходимо использовать формулу связи угловой скорости и частоты вращения: $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$.
5. В задачах, где требуется определить мощность необходимо применить формулу: $\eta = \frac{P_{\text{вх}}}{P_{\text{дв}}}$.
6. В задачах, где требуется определить момент на ведущем или ведомом валу необходимо применить формулу: $T = \frac{P}{\omega}$.

Приложение А
Сталь горячекатаная. Балки двутавровые. ГОСТ 8239 – 89.



| Номер балки | Масса 1 м, кг | Размеры | | | | | | Площадь А, см ² | Справочные величины для осей | | | | | | |
|-------------|------------------|---------|-----|------|------|------|-----|-------------------------------|------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | | h | b | d | t | R | r | | x – x | | | | y – y | | |
| | | мм | | | | | | | J _x | W _x | i _x | S _x | J _y | W _y | i _y |
| | | | | | | | | | см ⁴ | см ³ | см | см ³ | см ⁴ | см ³ | см |
| 10 | 9,46 | 100 | 55 | 4,5 | 7,2 | 7,0 | 2,5 | 12,0 | 198 | 39,7 | 4,06 | 23,0 | 17,9 | 6,49 | 1,22 |
| 12 | 11,5 | 120 | 64 | 4,8 | 7,3 | 7,5 | 3,0 | 14,7 | 350 | 58,4 | 4,88 | 33,7 | 27,9 | 8,72 | 1,38 |
| 14 | 13,7 | 140 | 73 | 4,9 | 7,5 | 8,0 | 3,0 | 17,4 | 572 | 81,7 | 5,73 | 46,8 | 41,9 | 11,5 | 1,55 |
| 16 | 15,9 | 160 | 81 | 5,0 | 7,8 | 8,5 | 3,5 | 20,2 | 873 | 109 | 6,57 | 62,3 | 58,6 | 14,5 | 1,70 |
| 18 | 18,4 | 180 | 90 | 5,1 | 8,1 | 9,0 | 3,5 | 23,4 | 1290 | 143 | 7,42 | 81,4 | 82,6 | 18,4 | 1,88 |
| 18a | 19,9 | 180 | 100 | 5,1 | 8,3 | 9,0 | 3,5 | 25,4 | 1430 | 159 | 7,51 | 89,8 | 114 | 22,8 | 2,12 |
| 20 | 21,0 | 200 | 100 | 5,2 | 8,4 | 9,5 | 4,0 | 26,8 | 1840 | 184 | 8,28 | 104,0 | 115 | 23,1 | 2,07 |
| 20a | 22,7 | 200 | 110 | 5,2 | 8,6 | 9,5 | 4,0 | 28,9 | 2030 | 203 | 8,37 | 114 | 155 | 28,2 | 2,32 |
| 22 | 24,0 | 220 | 110 | 5,4 | 8,7 | 10,0 | 4,0 | 30,6 | 2550 | 232 | 9,13 | 131 | 157 | 28,6 | 2,27 |
| 22a | 25,8 | 220 | 120 | 5,4 | 8,9 | 10,0 | 4,0 | 32,8 | 2790 | 254 | 9,22 | 143 | 143 | 34,3 | 2,50 |
| 24 | 27,3 | 240 | 115 | 5,6 | 9,5 | 10,5 | 4,0 | 34,8 | 3460 | 289 | 9,97 | 163 | 198 | 34,5 | 2,37 |
| 24a | 29,4 | 240 | 125 | 5,6 | 9,8 | 10,5 | 4,0 | 37,5 | 3800 | 317 | 10,1 | 178 | 260 | 41,6 | 2,63 |
| 27 | 31,5 | 270 | 125 | 6,0 | 9,8 | 11,0 | 4,5 | 40,2 | 5010 | 371 | 11,2 | 210 | 260 | 41,5 | 2,54 |
| 27a | 33,9 | 270 | 135 | 6,0 | 10,2 | 11,0 | 4,5 | 43,2 | 5500 | 407 | 11,3 | 229 | 337 | 50,0 | 2,80 |
| 30 | 36,5 | 300 | 135 | 6,5 | 10,2 | 12,0 | 5,0 | 46,5 | 7080 | 472 | 12,3 | 268 | 337 | 49,9 | 2,69 |
| 30a | 39,2 | 300 | 145 | 6,5 | 10,7 | 12,0 | 5,0 | 49,9 | 7780 | 518 | 12,5 | 292 | 436 | 60,1 | 2,95 |
| 33 | 42,2 | 330 | 140 | 7,0 | 11,2 | 13,0 | 5,0 | 53,8 | 9840 | 597 | 13,5 | 339 | 419 | 59,9 | 2,79 |
| 36 | 48,6 | 360 | 145 | 7,5 | 12,3 | 14,0 | 6,0 | 61,9 | 13380 | 743 | 14,7 | 423 | 516 | 71,1 | 2,89 |
| 40 | 57,0 | 400 | 155 | 8,3 | 13,0 | 15,0 | 6,0 | 72,6 | 19062 | 953 | 16,2 | 545 | 667 | 86,1 | 3,03 |
| 45 | 66,5 | 450 | 160 | 9,0 | 14,2 | 16,0 | 7,0 | 84,7 | 27696 | 1231 | 18,1 | 708 | 808 | 101 | 3,09 |
| 50 | 78,5 | 500 | 170 | 10,0 | 15,2 | 17,0 | 7,0 | 100,0 | 39727 | 1589 | 19,9 | 919 | 1043 | 123 | 3,23 |
| 55 | 92,6 | 550 | 180 | 11,0 | 16,5 | 18,0 | 7,0 | 118,0 | 55962 | 2035 | 21,8 | 1181 | 1356 | 151 | 3,39 |
| 60 | 108 | 600 | 190 | 12,0 | 17,8 | 20,0 | 8,0 | 138,0 | 76806 | 2560 | 23,6 | 1491 | 1725 | 182 | 3,54 |

Приложение В

Шпонки призматические (по ГОСТ 23360 -78, с сокращениями)

| Диаметр вала d, мм | Размеры шпонки, мм | | | Глубина паза мм | |
|--------------------------|-----------------------|----|---------|--------------------|-------------------|
| | b | h | ℓ | (вал) t_1 | (втулка) t_2 |
| Св. 12 до 17 | 5 | 5 | 10-56 | 3 | 2,3 |
| 17...22 | 6 | 6 | 14-70 | 3,5 | 2,8 |
| 22...30 | 8 | 7 | 18-90 | 4 | 3,3 |
| 30...38 | 10 | 8 | 22-110 | 5 | 3,3 |
| 38...44 | 12 | 8 | 28-140 | 5 | 3,3 |
| 44...50 | 14 | 9 | 36-160 | 5,5 | 3,8 |
| 50...58 | 16 | 10 | 45-180 | 6 | 4,3 |
| 58...65 | 18 | 11 | 50-200 | 7 | 4,4 |
| 65...75 | 20 | 12 | 56-220 | 7,5 | 4,9 |
| 75...85 | 22 | 14 | 63-250 | 9 | 5,4 |
| 85...95 | 25 | 14 | 70-280 | 9 | 5,4 |
| 95...105 | 28 | 16 | 70-280 | 10,3 | 5,9 |
| 105...120 | 32 | 18 | 80-315 | 11,5 | 6,7 |
| 120...140 | 36 | 20 | 90-355 | 12,8 | 7,4 |
| 140...170 | 40 | 22 | 100-400 | 13,5 | 8,7 |
| 170...200 | 45 | 25 | 110-450 | 15,3 | 9,9 |

Примечание: длину шпонки выбирают из ряда: 6; 8; 10; 14; 16; 18; 20; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200 ... (до 500).

Список литературы

Основные источники:

1. Сафонова, Г.Г. Техническая механика / Г.Г. Сафонова, Т.Ю. Артюховская, Д.А.Ермаков. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 320с.
2. Эрдеди, А.А. Детали машин. / А.А. Эрдеди, Н.А.Эрдеди. – М.: Издательство «Академия», 2012. – 288 с.

Дополнительные источники:

1. Вереина, Л.И. Техническая механика / Л.И. Вереина, М.М. Краснов. – М.: Издательство «Академия», 2004. – 288 с.
2. Мовнин, М.С. Основы технической механики / М.С. Мовнин, А.Б. Израелит, А.Г. Рубашкин. – М: Политехника, 2011. – 350 с.
3. Олофинская, В.П. Техническая механика: Курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий: учеб. пособ. / В.П.Олофинская. – 3-е изд., испр. – М.:ФОРУМ, 2012. – 352 с.
4. Олофинская, В.П. Детали машин. Краткий курс и тестовые задания: Учеб. пособ. / В.П.Олофинская. – М.:ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006. – 208 с.