**Задания**

**для контрольных работ по сопротивлению материалов**

**с примерами их решения** М Д Т

Т



М Е Х

А Н

И

К А

Д Е ФОРМИ

Р У

|  |  |
| --- | --- |
|  | О |
| Г | |
| ЕМО |  |

Е Р Д

В

Т

О

Г

А Л Е Т

О

**Хабаровск 2014**

3

Министерство образования и науки Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

«Тихоокеанский государственный университет»

**Задания для контрольных работ по сопротивлению материалов с примерами их решения**

**(для бакалавров заочной формы обучения)**

Хабаровск Издательство ТОГУ

2014

4

УДК 539.3.(076)

Задания для контрольных работ по сопротивлению материалов с примера-ми их решения (для бакалавров заочной формы обучения) / сост. В. В. Иовенко.

– Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2014. – 32 с.

Задания составлены на кафедре «Механика деформируемого твердого тела». Включают в себя сведения о порядке выполнения контрольных работ, задачи с необходимыми исходными данными, примеры решения подобных задач и справочные данные.

Печатается в соответствии с решениями кафедры “Механика деформи-руемого твердого тела” и методического совета инженерно-строительного факультета.

Подписано в печать 15.04.14. Формат 60x84 1/16. Бумага писчая. Гарнитура «Таймс». Печать цифровая. Усл. печ. л. 1,86. Тираж 50 экз. Заказ .

Издательство Тихоокеанского государственного университета. 680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136.

Отдел оперативной полиграфии издательства Тихоокеанского государственного университета 680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136.

© Тихоокеанский государственный университет, 2014

5

**Общие положения**

Учебная дисциплина «Сопротивление материалов» относится к числу общетехнических. Цель ее состоит в том, чтобы научить будущих инженеров правильно выбирать конструктивные формы и конструкционные материалы, уметь обеспечивать высокие показатели надежности и экономичности напряженных элементов конструкций и деталей узлов.

Задача дисциплины – научить студентов выбирать расчетные схемы, проводить расчеты типовых элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость, сравнивать варианты и отыскивать оптимальные решения.

Для закрепления знаний и развития навыков самостоятельной деятельности предусмотрены контрольные работы, впервые вводящие студентов в практику инженерных расчетов. Эти работы являются индивидуальными и принимаются преподавателями с защитой в специально отводимое время.

Кроме того, в изучении курса сопротивления материалов предусматривается лабораторный практикум, способствующий освоению теоретического материала и получению первых практических навыков экспериментального исследования в области прочности материалов.

Глубина проработки и степень охвата вопросов в отдельных ра зделах курса, включенных в программу, определяются числом часов, отводимых по учебному плану.

С учетом профиля будущего специалиста программа может быть изменена за счет сокращения отдельных разделов и дополнения специальных вопросов. Методические вопросы о сокращении тех или иных тем (разделов), а также изменения в последовательности изучения учебного материала предоставляется решать кафедре.

Курс «Сопротивление материалов» в существенной степени опирается на дисциплины: «Теоретическая механика», «Высшая математика», «Физика», «Материаловедение».

Методические указания курса «Сопротивление материалов» основаны на программах, изданных ранее в учебно-методических управлениях по высшему образованию.

Для разработки задач использованы методические указания А. В. Дарко-ва, Б. Н. Кутукова и М. М. Каца, опубликованные издательством «Высшая школа» в 1985 и 1990 гг.

Данное указание составлено для бакалавров, включающее в себя примеры решения задач, аналогичных предложенным в контрольной работе.

При решении задач необходимо использовать приведенные методические указания. В начале каждой задачи показывается, как с помощью номера зачетной книжки выбирается номер схемы и исходные данные задачи на основе таблиц и рисунков, указанных методических указаний.

6

**1. Указания о порядке выполнения контрольных работ**

Каждый студент выполняет то количество задач, которое предусмотрено учебным планом по его специальности.

Номера задач, входящих в контрольные работы

|  |  |
| --- | --- |
|  | Одна |
| Специальность | контрольная |
| заочного обучения | работа |
|  | по плану |
|  |  |
| Строительная \* | 1, 2, 3, 4, 6 |
|  |  |
| Механическая \*\* | 1, 2, 3, 5, 6 |
|  |  |

* Строительные специальности: АД, МТ, ПГС, ГСХ, ТВ, ВВ, ЗМУ, ЗЧС.

\*\* Механические специальности: ААХ, ДВС, СЭМ, ЭСУ, СДМ, ТМ, ОГР, ЛД, ТД, ОП, ОДД, СС, ООС.

Исходные данные для каждой задачи определяются шифром (тремя последними цифрами номера зачетной книжки) студента, которому поставлены в соответствие буквы *а,* *б* и *в*.

Например, при последних цифрах номера 0 5 2: *а* = 0, *б* = 5, *в* = 2.

Исходные данные содержатся в табл. 1 – 6. Из каждого вертикального столбца, обозначенного внизу буквой *а,* *б* или *в*, надо взять только одно число, стоящее в той горизонтальной строке, номер которой совпадает с номером соответствующей буквы.

**Работы, выполненные не в соответствии с шифром, не рецензиру-ются и не проверяются.**

Контрольные или курсовые работы рекомендуется выполнять в отдельной тетради стандартного размера темными чернилами или пастой, четким почерком, с полями для замечаний.

На титульном листе указываются: номер контрольной работы; название дисциплины; название факультета и специальности; номер зачетной книжки (шифр); фамилия, имя и отчество студента; точный почтовый адрес.

Перед решением каждой задачи надо выписать полностью ее условие с числовыми данными, вычертить расчетную схему в масштабе с указанием на ней всех численных значений, необходимых для расчета.

Решение должно сопровождаться краткими, последовательными и грамотными объяснениями и чертежами, на которых все входящие в расчет величины должны быть показаны в числах. Следует избегать многословных

7

пояснений и пересказа учебника.

Студент должен знать, что язык техники - формула и чертеж. Необходимо указывать размерность всех величин и подчеркивать окончательные результаты.

Получив после рецензирования контрольную работу, студент должен исправить в ней все отмеченные ошибки в соответствии со сделанными ему указаниями. Следует вносить исправления на той же странице (если есть место) или вложить отдельные листы.

На повторную рецензию представляется исправленная контрольная работа, включая первоначальный вариант с замечаниями преподавателя.

**2. Варианты задач контрольных работ**

**Задача 1**

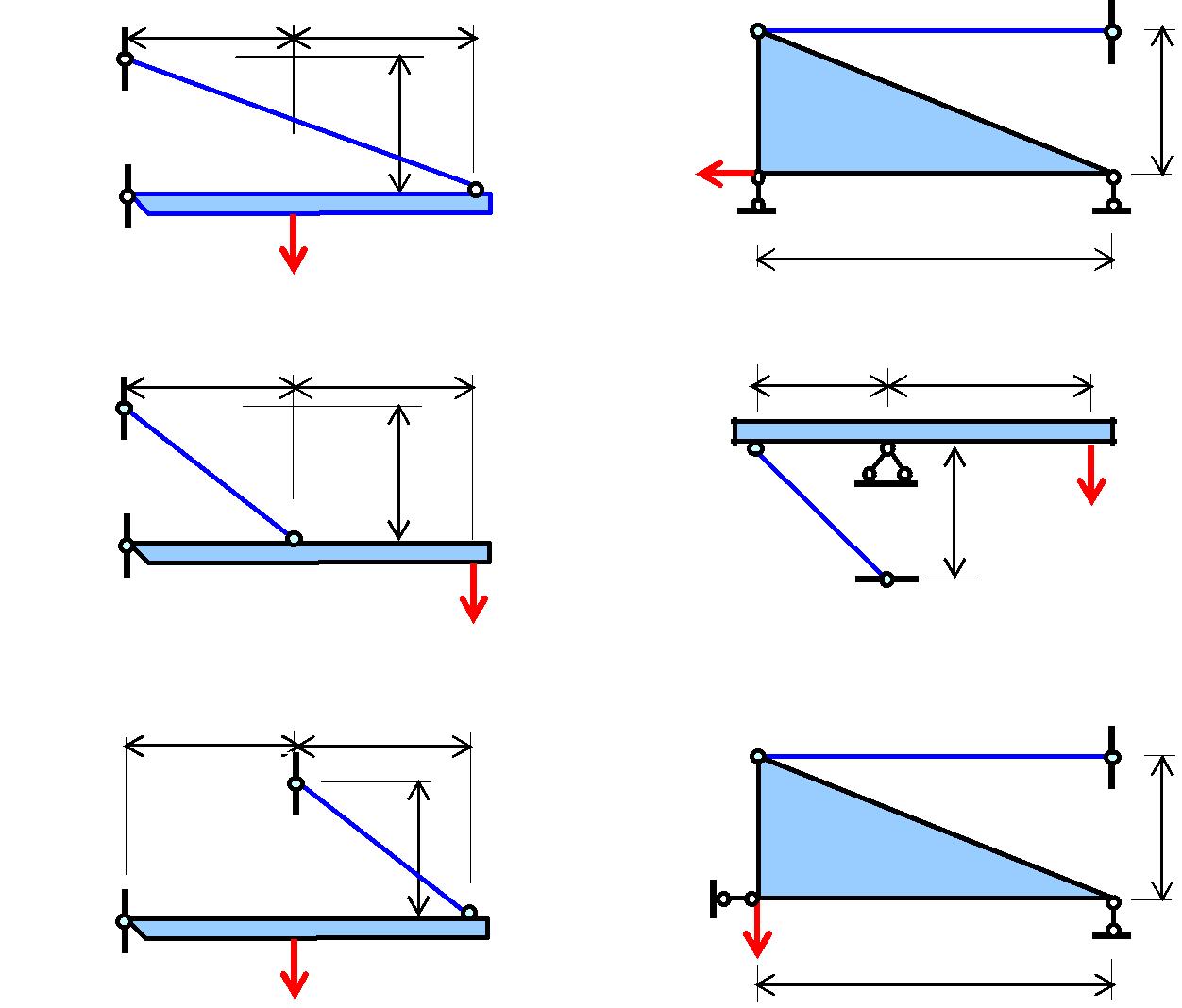
Абсолютно жесткое плоское тело опирается на одну шарнирно непод-вижную или на две шарнирно подвижные опоры и прикреплено к стержню при помощи шарниров (рис. 1).

Требуется из условий прочности по нормальным напряжениям и жест-кости определить значение допускаемой нагрузки *F,* если предел текучести *т*  240 *МПа* а запас прочности *k =* 1,5; модуль продольной упругости *Е* = 200

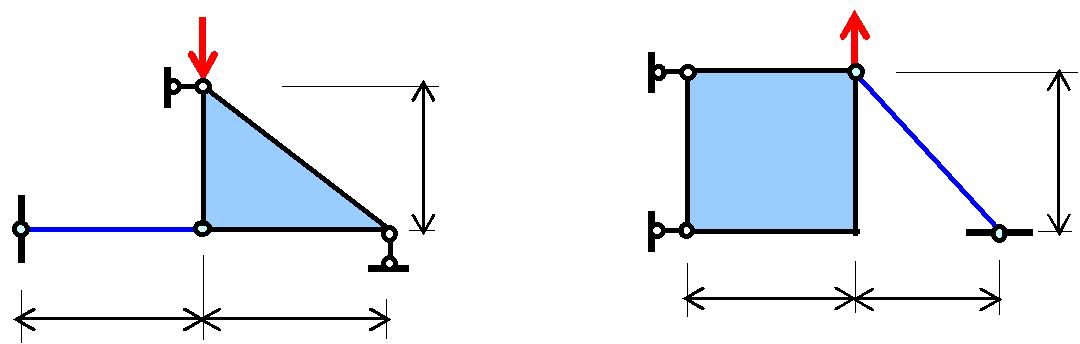
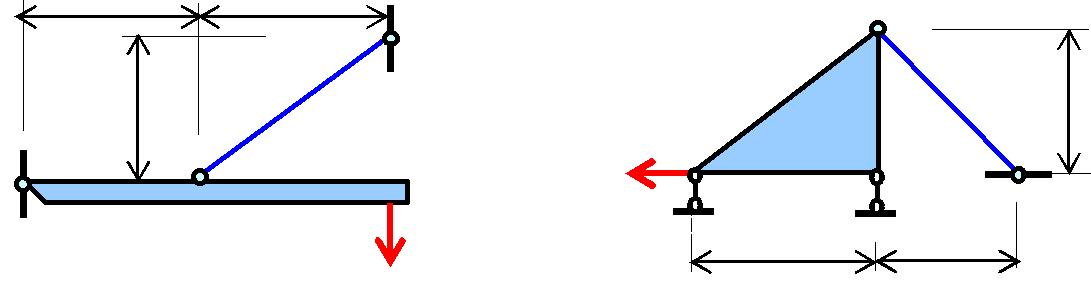
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ГПа. Перемещение точки приложения силы *k* | | | | | | | | ограничено допускаемым [*k* ], | | | | | |  |
| которое как и все остальные данные взять из табл. 1. | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Таблица 1 | |  |  |
|  | Номер | Схема | [*k* | ], | *А*,см | 2 |  | Расстояния, | | м | |  | |  |
|  | строки | по рис. 1 | мм | |  | *a* |  | *b* |  | *с* | | |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | | I | 1 |  | 1 |  | 0,4 |  | 0,5 |  | 0,6 |  |  |  |
| 2 | | II | 2 |  | 2 |  | 0,5 |  | 0,6 |  | 0,5 |  |  |  |
| 3 | | III | 3 |  | 1 |  | 0,6 |  | 0,7 |  | 0,4 |  |  |  |
| 4 | | IV | 1 |  | 2 |  | 0,7 |  | 0,8 |  | 0,9 |  |  |  |
| 5 | | V | 2 |  | 1 |  | 0,8 |  | 0,9 |  | 0,7 |  |  |  |
| 6 | | VI | 3 |  | 2 |  | 0,9 |  | 0,8 |  | 0,6 |  |  |  |
| 7 | | VII | 1 |  | 1 |  | 0,8 |  | 0,7 |  | 0,5 |  |  |  |
| 8 | | VIII | 2 |  | 1 |  | 0,7 |  | 0,6 |  | 0,7 |  |  |  |
| 9 | | IX | 3 |  | 2 |  | 0,6 |  | 0,5 |  | 0,8 |  |  |  |
|  | 0 | X | 1 |  | 1 |  | 0,5 |  | 0,4 |  | 0,6 |  |  |  |
|  |  | в | а |  | б |  | а |  | б |  | в | | |  |

8

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *a* | *b* |  |  |  | *A* |  |  |
| I | *A* | *c* |  | II | *F* |  | *c* |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  | *k* |  |  | *k* |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | *F* |  |  |  | *a+b* |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | *a* | *b* |  |  | *a* | *b* |  |  |
| III | *A* | *c* |  | IV |  |  | *k* |  |
|  |  |  |  | *k* | *A* | *c* | *F* |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | *F* |  |  |  |  |
|  | *a* | *b* |  |  |  | *A* |  |  |
| V |  | *A* | *c* | VI |  |  | *c* |  |
|  |  |  | *k* |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | *k* |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | *F* | *a+b* |  |  |
|  |  | *F* |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |



|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *a* | *b* |  |  |  |  |  |
| VII | *c* | *A* | VIII |  | *A* | *c* |  |
|  |  |  | *k* |  |  |  |
|  |  | *k* |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | *F* | *F* | *a* | *b* |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  | *F* |  |  | *k* | *F* |  |  |
| IX | *k* |  |  |  | *A* | *c* |  |
|  | *c* | X |  |  |
|  | *A* |  |  |  |  |  |  |
|  | *a* | *b* |  | *a* | *b* |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | Рис. 1 |  |  |  |  |
|  |  |  | 9 |  |  |  |  |



**Задача 2**

К стальному валу приложены три известных момента: *M*1 , *M* 2 , *M* 3 (рис. 2). Требуется:

1. установить при каком значении момента *X* угол поворота правого концевого сечения вала равен нулю;
2. для найденного значения момента *X* построить эпюру крутящих моментов;
3. при заданном значении [** ] определить диаметр вала из расчета на прочность и округлить его значение до ближайшего, равного: 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110; 125; 140; 160; 180; 200 мм;
4. построить эпюру углов закручивания;
5. найти наибольший относительный угол закручивания (на 1 м). Данные взять из табл. 2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  | Таблица 2 | |  |
|  | Схема | Расстояние, | | | м | Момент, кН∙м | | | ** , |  |
| Номер | по |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| строки | рис. 2 |  |  |  |  |  |  |  | МПа |  |
| *a* | *b* |  | *c* | *M*1 | *M* 2 | *M* 3 |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | I | 1,1 | 1,2 |  | 1,6 | 1,1 | 1,2 | 1,6 | 35 |  |
| 2 | II | 1,2 | 1,3 |  | 1,5 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 40 |  |
| 3 | III | 1,3 | 1,4 |  | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,3 | 45 |  |
| 4 | IV | 1,4 | 1,5 |  | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,4 | 50 |  |
| 5 | V | 1,5 | 1,6 |  | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,5 | 55 |  |
| 6 | VI | 1,6 | 1,7 |  | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,6 | 60 |  |
| 7 | VII | 1,7 | 1,8 |  | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,7 | 65 |  |
| 8 | VIII | 1,8 | 1,9 |  | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,8 | 70 |  |
| 9 | IX | 1,9 | 2,0 |  | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 1,9 | 75 |  |
| 0 | X | 2,0 | 1,9 |  | 1,8 | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 80 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | в | а | б |  | в | а | б | в | а |  |
|  |  |  |  |  | 10 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *М1* | *М2* | *М3* | *X* |  |
| *I* |  |  |  |  |
| *М1* | *М2* | *М3* | *X* |  |
| *II* |  |  |  |  |
| *М1* | *М2* | *М3* | *X* |  |
| *III* |  |  |  |  |
| *М1* | *М2* | *М3* | *X* |  |
| *IV* |  |  |  |  |
| *М1* | *М2* | *М3* | *X* |  |
| *V* |  |  |  |  |
| *1* | *2* | *3* | *X* |  |
| *М* | *М* | *М* |  |  |
| *VI* |  |  |  |  |
| *М* | *М2* | *М3* | *X* |  |
| *VII* |  |  |  |  |
| *1* | *М2* | *3* | *X* |  |
| *М* | *М* |  |  |
| *VIII* |  |  |  |  |
| *М1* | *М2* | *М3* | *X* |  |
| *IX* |  |  |  |  |
| *М1* | *М2* | *М3* | *X* |  |
| *X* |  |  |  |  |
| *a* | *b* | *c* | *a* |  |

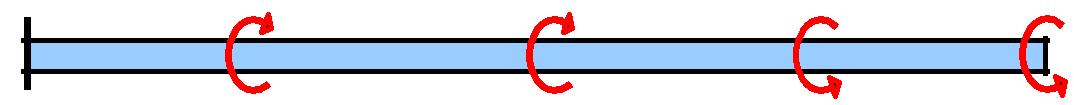
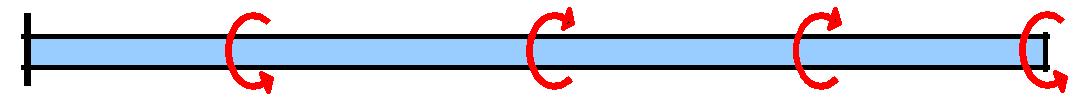
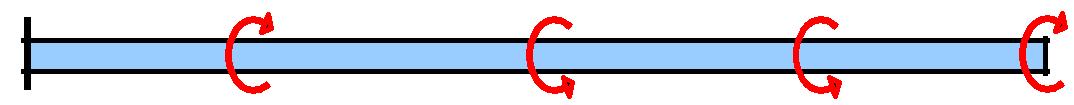
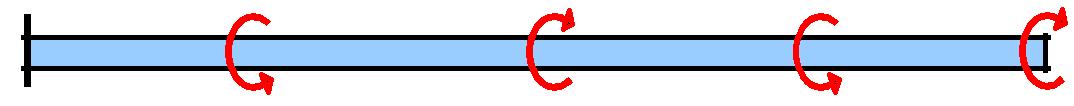
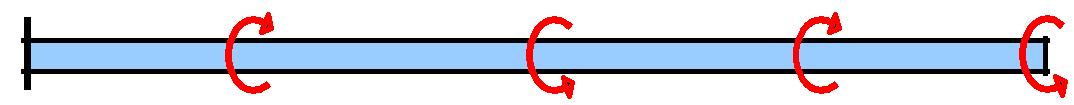
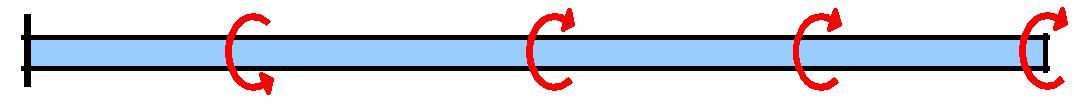
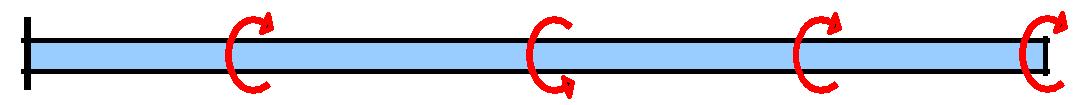
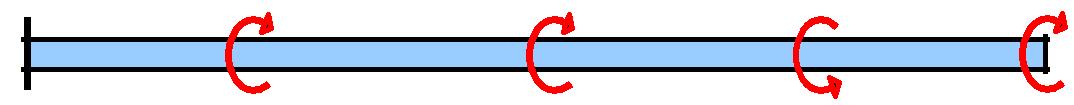
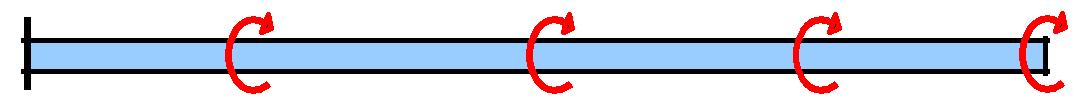


Рис. 2

11

**Задача 3**

Для заданных схем балок (рис. 4), требуется:

1) построить эпюры поперечных сил *Qy* и изгибающих моментов *M* *x* , найти

*M x*max;

1. подобрать коробчатое (*h =* 2 *b,* ** = 0,8), кольцевое (** = 0,8) и двутав-ровое поперечные сечения (рис. 3) при ** 160 *МПа* ;
2. выбрать наиболее рациональное сечение по расходу материала. Данные взять из табл. 3.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *y* |  | *y* |  |
|  |  |  | *y* |  |
| *h* | *x* | *h* | * d* |  |
|  |  |  |  |
|  | *b* |  | *d* |  |
|  | *b* |  |  |  |

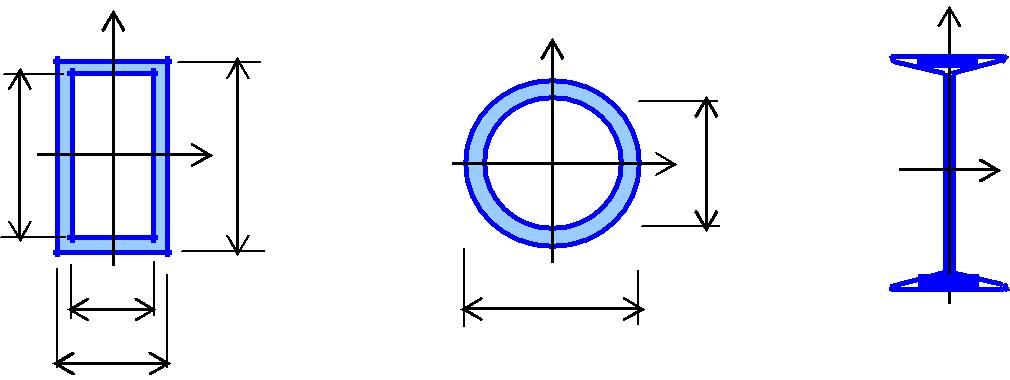


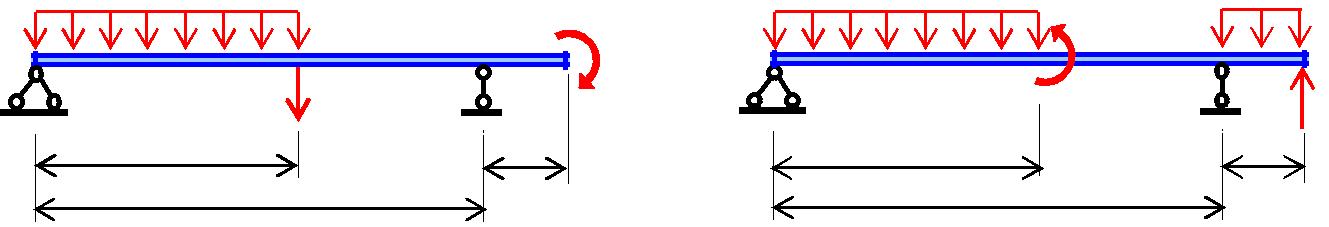
Рис. 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  | Таблица 3 | | |  |
|  | Схема |  | Расстояние | |  |  |  |  |  |  |
| Номер | в долях пролета | | *M* , | *F* , |  | *q* , | |  |
| по |  |  |  |
| строки |  |  |  | кН∙м | кН |  | кН/м | |  |
|  |  |  |  |  |
| рис. 4 | м | *a*1/ *a* | *a*2 *a* |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | I | 6 | 4 | 1 | 2 | 8 |  | 2 |  |  |
| 2 | II | 7 | 5 | 2 | 3 | 9 |  | 3 |  |  |
| 3 | III | 9 | 6 | 1 | 4 | 10 |  | 4 |  |  |
| 4 | IV | 8 | 7 | 2 | 3 | 10 |  | 5 |  |  |
| 5 | V | 7 | 6 | 1 | 2 | 12 |  | 6 |  |  |
| 6 | VI | 6 | 5 | 2 | 3 | 11 |  | 4 |  |  |
| 7 | VII | 7 | 4 | 1 | 4 | 10 |  | 5 |  |  |
| 8 | VIII | 8 | 5 | 2 | 3 | 9 |  | 3 |  |  |
| 9 | IX | 9 | 6 | 1 | 2 | 8 |  | 5 |  |  |
| 0 | X | 8 | 7 | 2 | 4 | 12 |  | 4 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | в | б | б | в | а | б |  | в | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

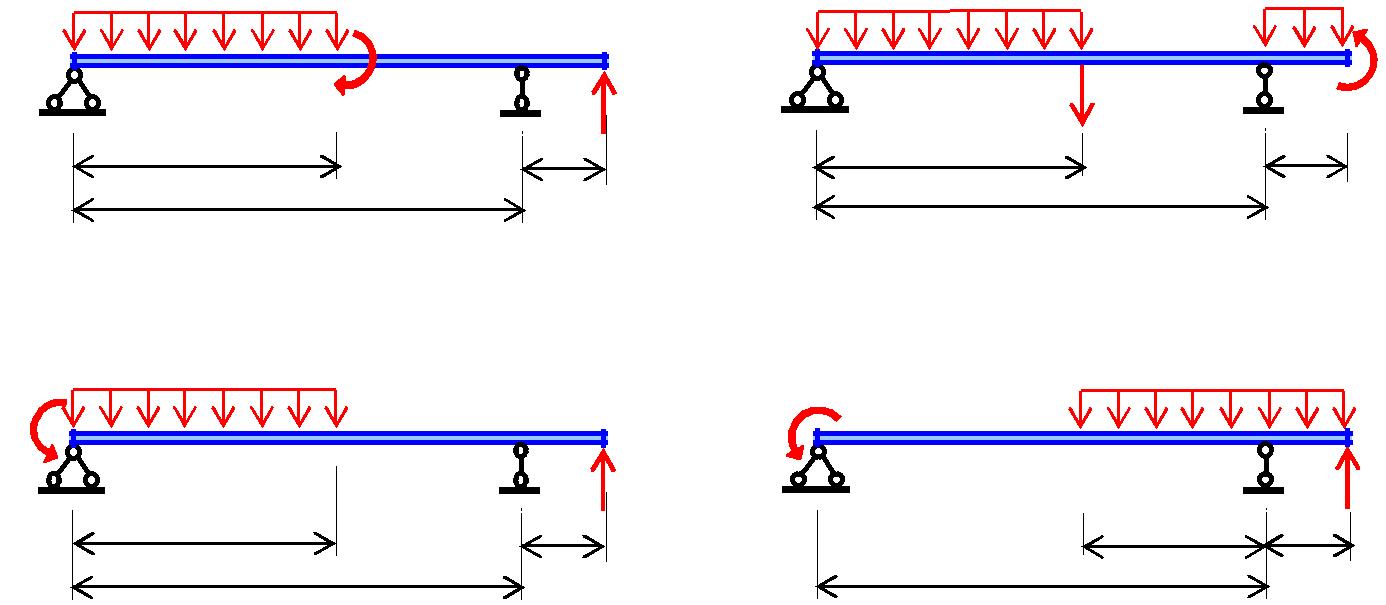


12

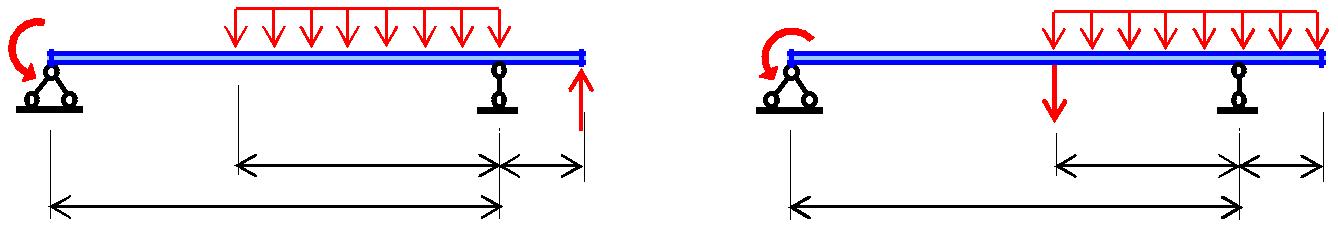
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *q* | *M* | *q* | *q* |  |
| *I* | *II* | *M* |  |
|  |  |  |
|  | *F* |  | *a2* |  |
| *a1* | *a2* | *a1* |  |
|  | *l = 10a* |  | *l = 10a* |  |



|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *q* |  |  |  | *q* | *q* |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| *III* |  | *M* |  | *IV* |  | *M* |  |
|  |  | *F* |  | *F* |  |
|  | *a1* |  |  | *a1* | *a2* |  |
|  |  | *a2* |  |  |
|  |  | *l = 10a* |  |  | *l = 10a* |  |  |
| *M* | *q* |  |  | *M* | *q* |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| *V* |  |  |  | *VI* |  |  |  |
|  | *a1* |  | *F* |  | *a1* | *F* |  |
|  | *l = 10a* | *a2* |  | *a2* |  |
|  |  |  |  | *l = 10a* |  |  |



|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *M* | *q* |  | *M* | *q* |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| *VII* |  |  | *VIII* |  |  |
|  |  | *F* | *F* | *a2* |  |
|  | *a1* | *a2* | *a1* |  |
|  | *l = 10a* |  | *l = 10a* |  |  |



|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *M* | *q* |  | *q* | *M* |  |
|  |  |  |  |
| *IX* |  |  | *X* |  |  |
|  |  | *F* | *F* |  |  |
|  | *a1* | *a2* | *a1* | *a2* |  |
| *l = 10a* |  |  | *l = 10a* |  |  |

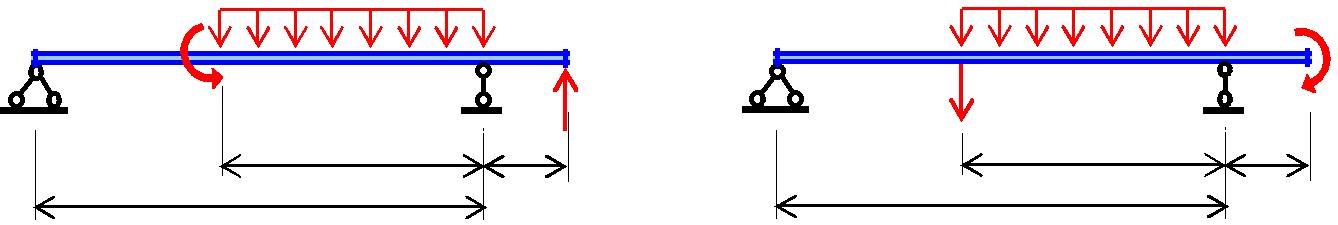


Рис. 4

13

**Задача 4**

Чугунный короткий стержень, поперечное сечение которого изображено на рис. 5, сжимается продольной силой *F*, приложенной в точке *В*. Требуется:

1) вычислить наибольшее растягивающее и наибольшее сжимающее напряже-ния в поперечном сечении, выразив эти напряжения через *F* и размеры сечения;

2) найти допускаемую нагрузку *F* при заданных размерах сечения и допускае-мых напряжениях для чугуна на сжатие ** *c*  и на растяжение ** *Р* .

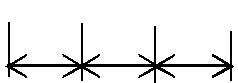
Данные взять из табл. 4.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  | Таблица 4 |  |
| Номер | Схема | *a* |  | *b* | ***c* |  | ***P* |  |
| по |  |  |  |  |  |  |  |
| строки | см | |  |  | МПа | |  |
| рис. 5 |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | I | 6 |  | 5 | 110 |  | 21 |  |
| 2 | II | 5 |  | 4 | 120 |  | 22 |  |
| 3 | III | 4 |  | 3 | 130 |  | 23 |  |
| 4 | IV | 3 |  | 4 | 140 |  | 24 |  |
| 5 | V | 4 |  | 5 | 150 |  | 25 |  |
| 6 | VI | 6 |  | 4 | 60 |  | 26 |  |
| 7 | VII | 5 |  | 6 | 70 |  | 27 |  |
| 8 | VIII | 4 |  | 5 | 80 |  | 28 |  |
| 9 | IX | 3 |  | 4 | 90 |  | 29 |  |
| 0 | X | 5 |  | 3 | 100 |  | 30 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | в | а |  | б | а |  | б |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

14

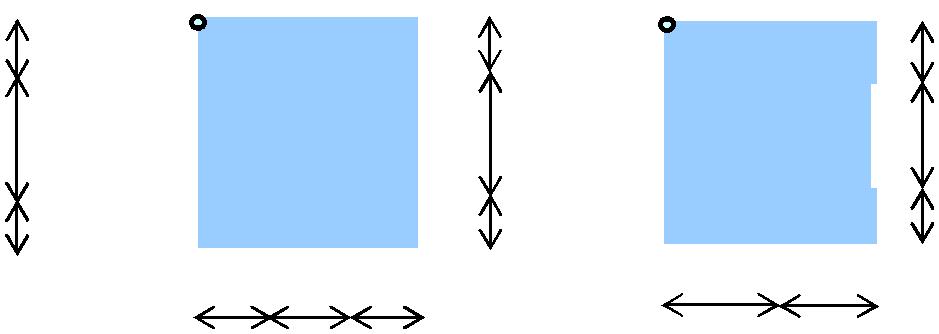
*I*

*B*



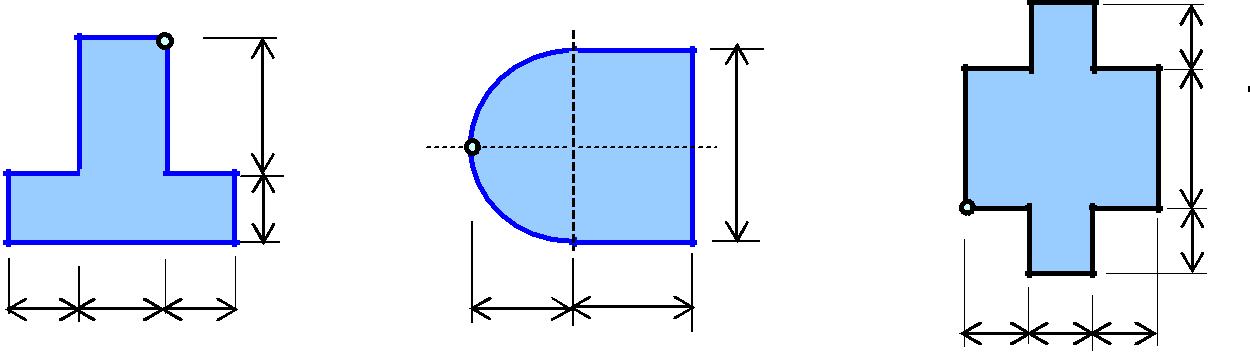
*a* *a a*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  | *II* | | | | | |  |  |  |  |  |  | *III* | |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | *b* | | | | *B* |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *b* | | *B* |  |  |  |  |  | *b* | |  |
|  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *2b* | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | *2b* | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *2b* | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *b* | |  |
|  |  | *b* | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *b* | | |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | *a* |  | *a* |  | |  |  |  |  |  |  |  | *a* |  | *a* |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  | *a* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

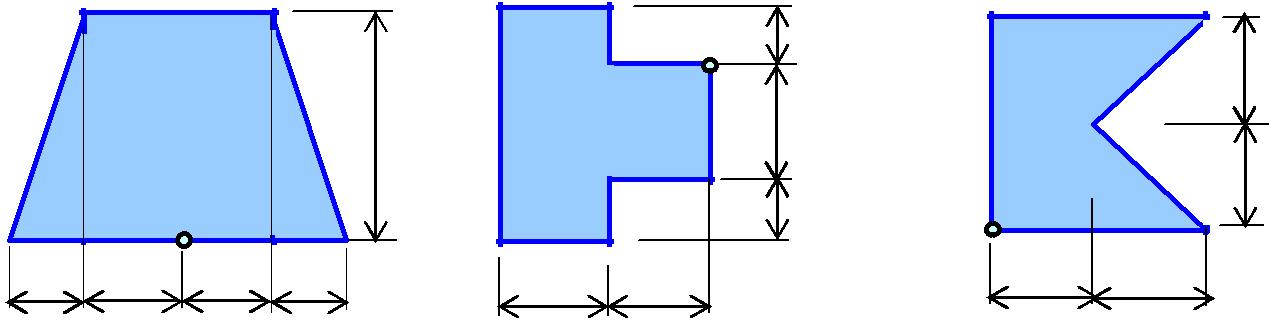


*IV* *V* *VI*

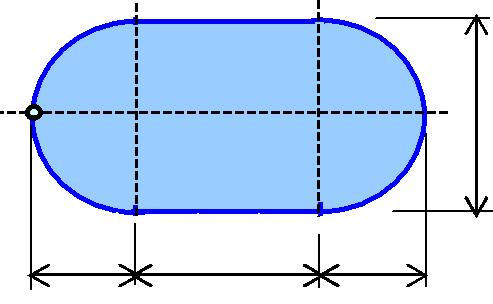
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | *B* |  |  |  |  | *b* |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | *2b* |  |  |  |  | *2b* |  |
|  |  |  | *B* |  | *2a* |  |  |
|  |  | *b* |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | *B* |  | *b* |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| *a* | *a* | *a* | *a* | *b* | *a* | *a* | *a* |  |
|  |  |  |  |  |  |



*VII* *VIII* *1X*



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  | *B* | *b* |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | *b* |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | *2b* |  |  | *2b* |  |  |  |
|  |  | *B* |  |  |  | *b* |  | *b* |  |
|  |  |  |  |  | *B* |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *a* | *b/*2 | *b/*2 | *a* | *a* | *a* |  | *a* | *a* |  |
| *X* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *B* |  |  |  | *2a* |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | *a* | *b* | *a* |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | Рис. 5 |  |  |  |  |



15

**Задача 5**

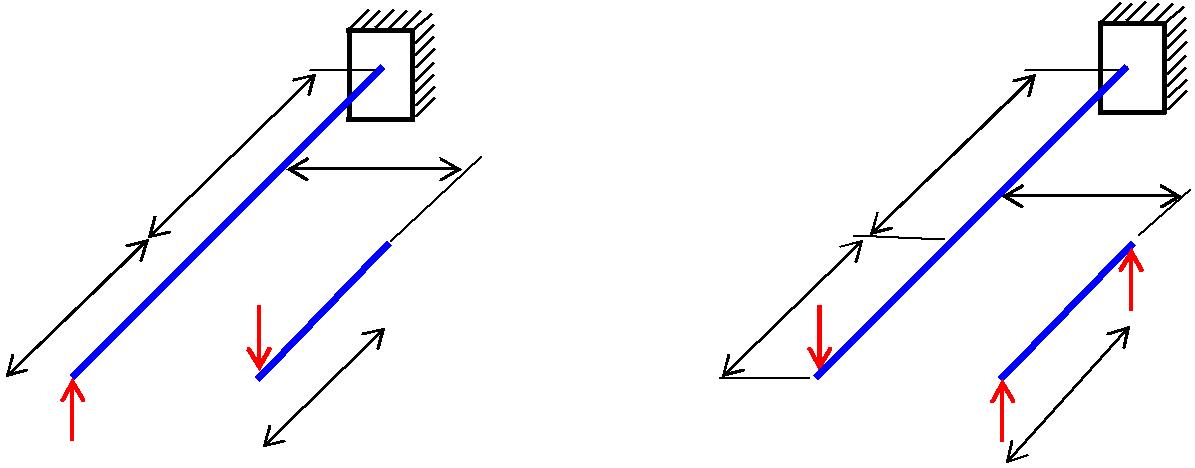
На рис. 6 изображена в аксонометрии ось ломаного стержня круглого поперечного сечения, расположенная в горизонтальной плоскости и имеющая прямые углы в точках *А* и *В* ( *=* 0,4 *м*).

На стержень действует вертикальная нагрузка. Требуется:

1. построить отдельно (в аксонометрии) эпюры изгибающих и крутящих моментов;
2. установить опасное сечение;
3. используя III теорию прочности определить диаметр ломаного стержня при ** 160 *МПа* . Данные взять из табл. 5.

Таблица 5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер | Схема | *F* | ** |  | Номер | Схема | *F* | ** |  |
| строки | по рис. 6 | *Н* |  | строки | по рис. 6 | *Н* |  |
|  |  |  |  |
| 1 | I | 140 | 1,1 |  | 6 | VI | 400 | 0,6 |  |
| 2 | II | 180 | 1,2 |  | 7 | VII | 460 | 0,7 |  |
| 3 | III | 240 | 1,3 |  | 8 | VIII | 420 | 0,8 |  |
| 4 | IV | 280 | 1,4 |  | 9 | IX | 380 | 0,9 |  |
| 5 | V | 320 | 1,5 |  | 0 | X | 340 | 1,0 |  |
|  | в | a | б |  |  | в | а | б |  |



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | *С* |  |
| I | *l* | *l* |  |
|  |  |

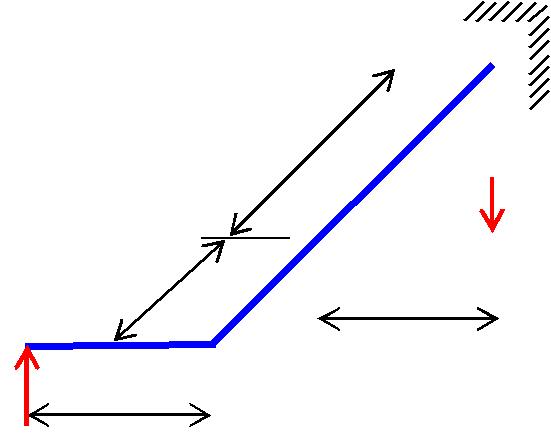
*С*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| II | *l* | *l* |  |
|  |  |  |

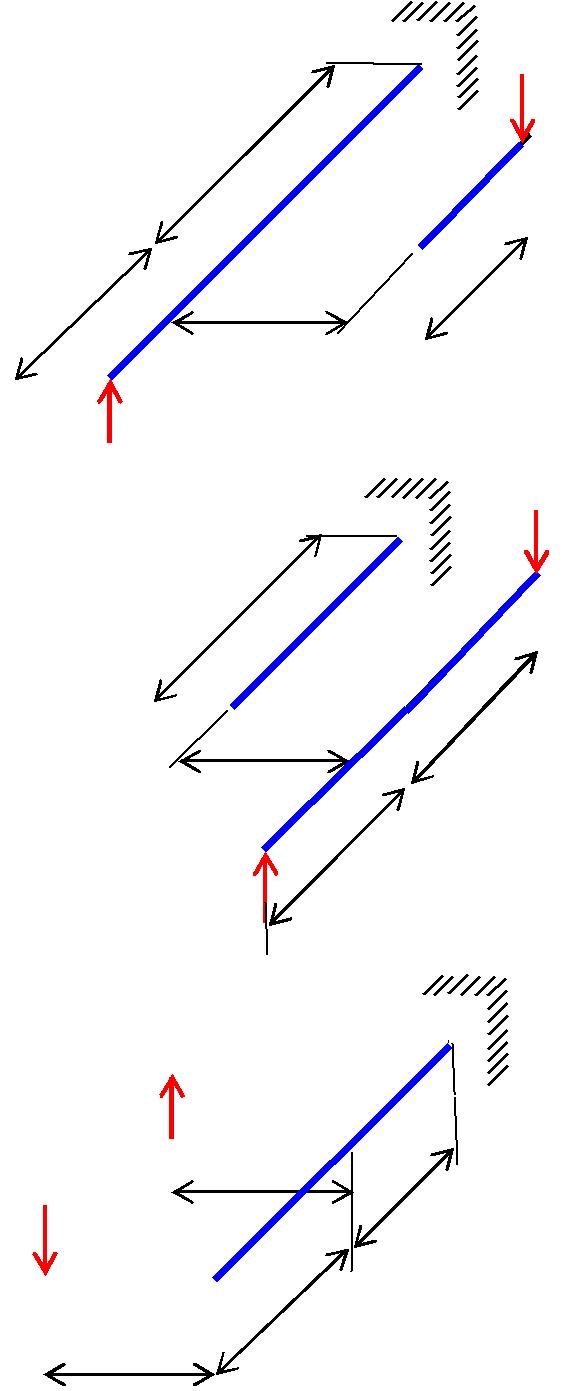
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | * l* | | | |  | *A* |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *l* |  |  | *B* | | |  | *l* | *A* | | *B* | *F* |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | *F* |  |  | *F* | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | *F* | | | | *l* |  |  |  | *F* | | *l* |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Рис. 6

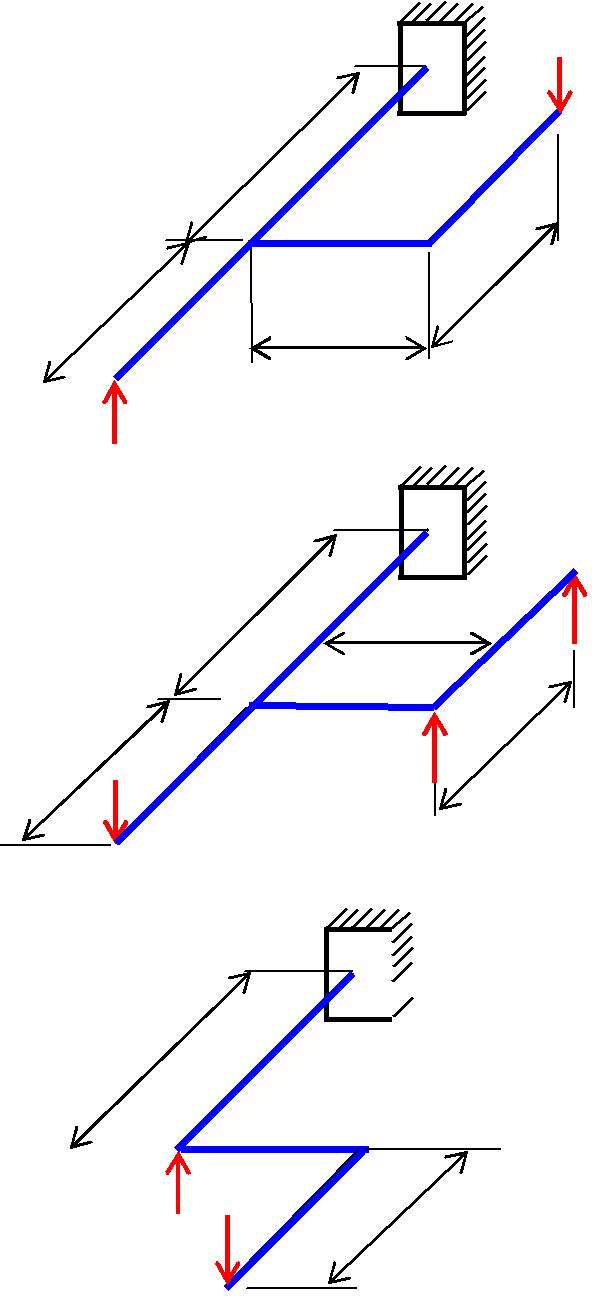
16



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *С* | | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | *III* | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *l* | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *2F* | | | |  |  |  |  |  |  | *IV* | | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *A* | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | *l* | | | | | | | | | |  |  |  |  |  | *l* | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *l* | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | *B* | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *F* | | | *l* | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *F* | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *С* | | | |  |  |  |  |  |  |  | *F* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | *V* |  |  |  |  |  |  | *l* | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *VI* | | |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *A* | | | |  |  |  |  |  |  |  | *B* | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | *l* | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *l* | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  | *l* |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *l* | | |  |  | *F* | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *l* | |  |  |  |  |  |  |
|  |  | *l* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | *F* | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *2F* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | *l* | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  | *С* | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *l* | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | *VII* | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *VIII* | | | | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *Al* | | | | | |  |  |  |  |  | *B* | | | | | | |  | *l* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *A* | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *l* | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *F* | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *l* | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *F* | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | *IX* | | | |  |  |  | *F* | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *С* | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *X* | |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *B* | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | *F* | | | |  |  |  |  |  |  |  | *l* | | | |  | |  |  | *l* | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *F* | | |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | *A* | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | *l* | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | *l* | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *l* | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Рис. 6. Окончание | | | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 17 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | *С* | *F* |  |
|  |  |  |
| *l* |  |  |  |
| *A* | *B* | *l* |  |
|  |  |  |
|  | *l* |  |  |
|  | *l* |  |  |
|  | *С* |  |  |
| *l* | *l* | *F* |  |
|  |  |
|  | *B* | *l* |  |
| *A* |  |  |
| *F* |  |  |
|  |  |  |

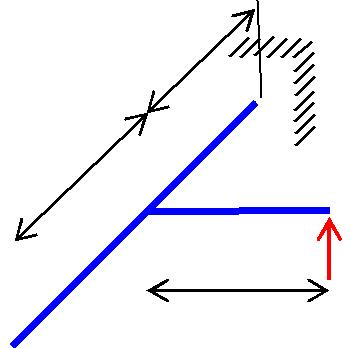


*С*



*l B*

*F* *l*



*l*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *l* |  |  |  | *С* |  |  |  |
|  |  |  |  | |  |
| *B* |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| *l* |  | *l* |  |  | *F* |  |
|  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

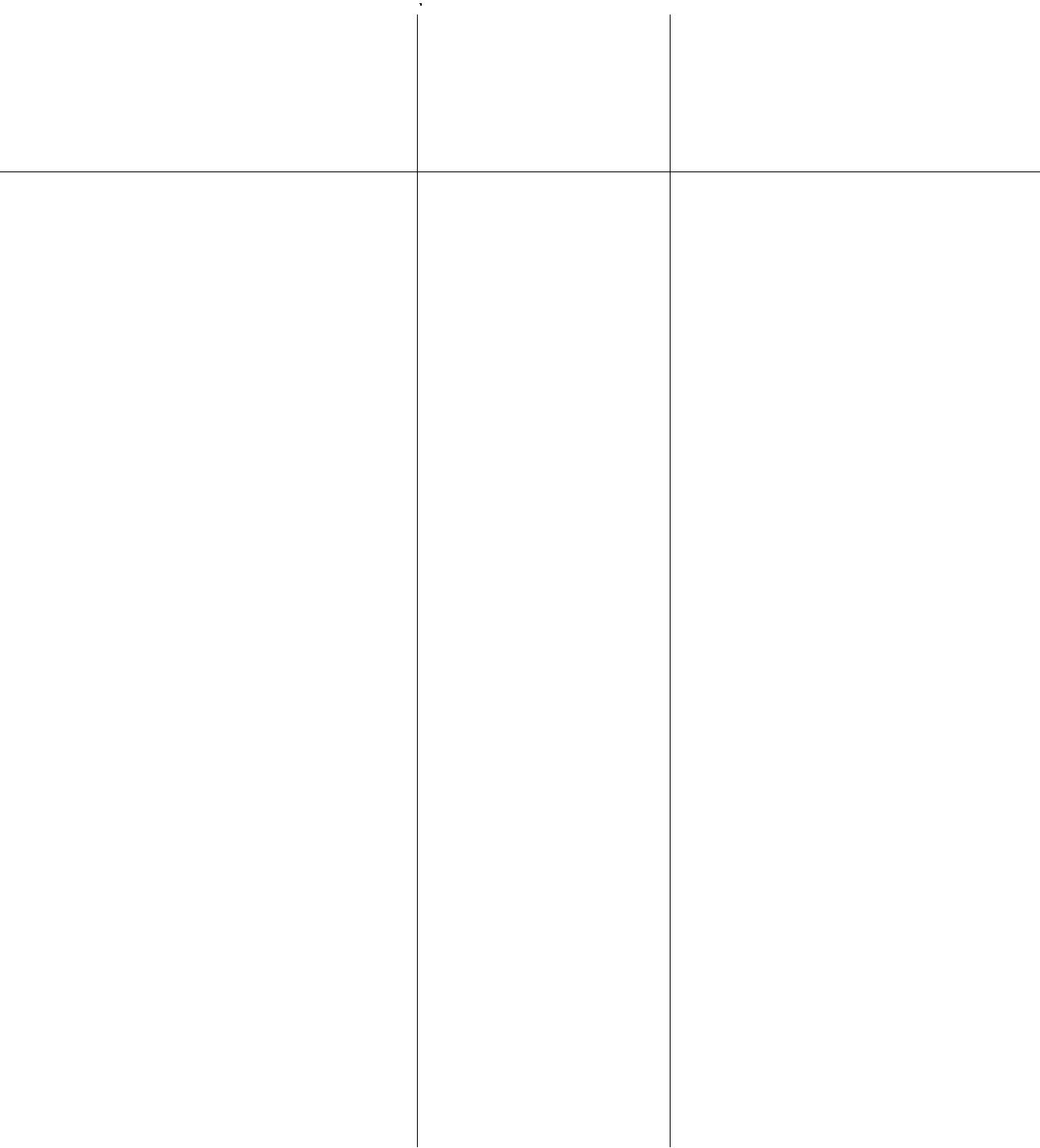
*A*

**Задача 6**

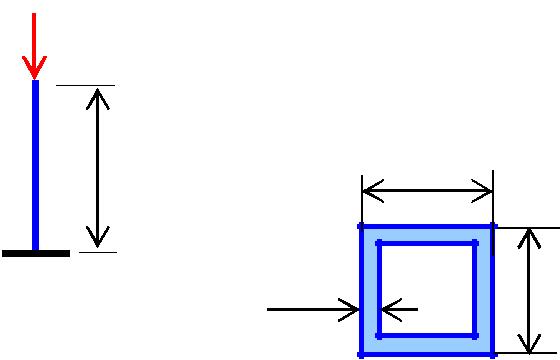
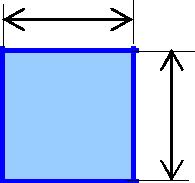
Стальной стержень (сталь Ст3) длиной сжимается силой *F*. Требуется: 1) найти размеры поперечного сечения при допускаемом напряжении на простое сжатие ** 160 МПа (расчет производить методом последовательных приближений, в первом приближении задавшись коэффициентом **1  0,5 );

2) найти критическую силу и коэффициент запаса устойчивости. Данные взять из табл. 6.

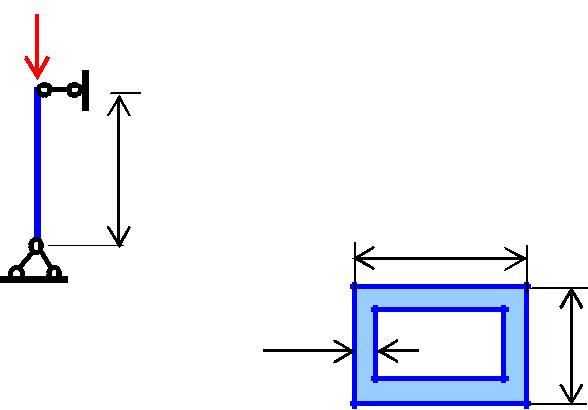
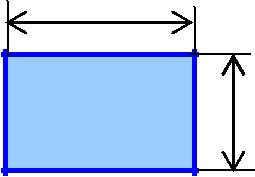
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | Таблица 6 |
|  |  |  | Схема |  |
| Номер | *F*, | , | закрепления | Форма сечения |
| строки | кН | *м* | концов | стержня |
|  |  |  | стержня |  |



|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | *a* |  |
| 1 | 500 | 2,0 | *F* | *a* |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | *a* |  |
|  |  |  |  |  |
| 2 | 600 | 2,1 | *0,2 a* | *a* |  |
|  |  |  |  |



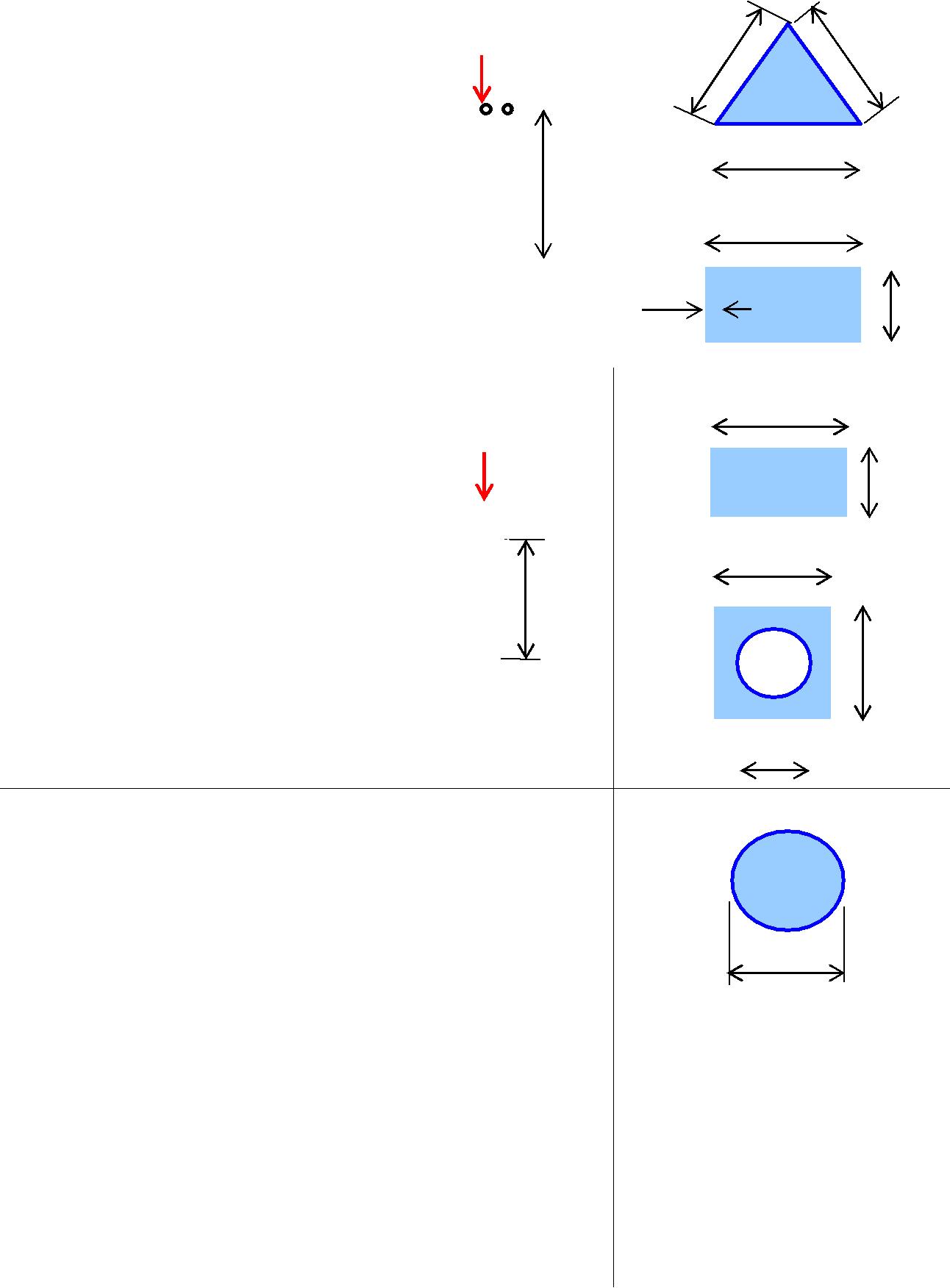
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | 1,5 *a* |  |
| 3 | 700 | 2,3 | *F* |  |  |
|  | *a* |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 1,5 *a* |  |
| 4 | 800 | 2,4 | *0,2 a* |  |  |
|  |  |  | *a* |  |
|  |  |  |  |  |



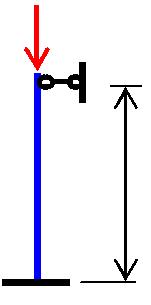
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| а | б | б | в |

18

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  | |  |  | | | | | | | | | | | | Окончание табл. 6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | |  | |  | Схема | | | | | | | | | | | |  | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Номер | | *F*, | | *l,* | закрепления | | | | | | | | | | | | Форма сечения | | | | | | | | | | | | | | | | |
| строки | | кН | | м | концов | | | | | | | | | | | | стержня | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | |  | |  | стержня | | | | | | | | | | | |  | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 900 | | 2,5 | | | *F* | | |  |  |  |  |  |  |  | *a* | | | | | |  |  |  |  |  | *a* | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | | | | | |  | | | | | |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  | | |  | |  |  |  |  | *a* | | | | | |  | | | | | |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | 1000 | | 2,6 | | |  |  |  |  | |  |  |  |  | 2 *a* | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  | | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0,2*a* | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *a* | |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | *2a* | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  | *F* | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | 900 | | 3,2 | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *a* | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | 2 *d* | | | | | | | | | | | |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | 800 | | 3,4 | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 *d* | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | *d* |  | | | |  |  |  | | | |  |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | | | |  |  |  | | | |  |  |
|  |  | |  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

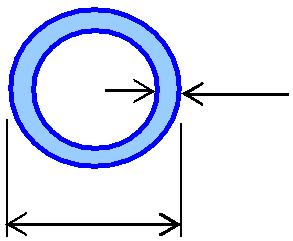


|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | *F* |
| 9 | 700 | 2,7 |



*d*

0,2 *d*



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 0 | 600 | 2,8 |

*d*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| а | б | б | в |

19

**3. Примеры решения задач контрольных работ**

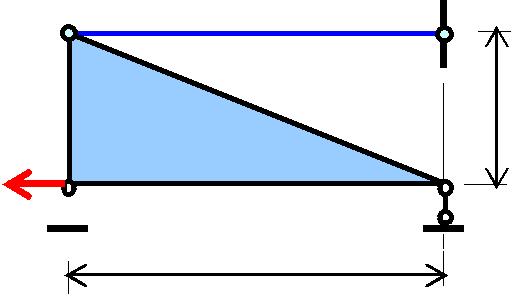
**Задача 1.1**

Абсолютно жесткое плоское тело опирается на одну шарнирно неподвиж-ную или на две шарнирно подвижные опоры и прикреплено к стальному стержню при помощью шарниров (рис. 7). Требуется из условий прочности по нормальным напряжениям и жесткости определить значение допускаемой нагрузки *F,* если предел текучести *т*  240 *МПа* а запас прочности *k =* 1,5;

модуль продольной упругости *Е* = 200 ГПа; перемещение точки приложения силы *k* ограничено допускаемым [*k* ], которое как и все остальные данные

заданы.

*A*



*F*

*k*



*c*

*a+b*

Рис. 7

Решение

Пусть последние три цифры номера зачетной книжки – 582. Ставим им в соответствие первые три буквы русского алфавита. Получаем а = 5, б = 8, в = 2. Данные берем из табл. 1 методических указаний. Таким образом, имеем: схема

№ 2, [*k* ] = 2 мм, *A* 1 см2 , *а*  0,8 м ; *b*  0,6 м ; *c*  0,5 м .

Расчет на прочность и жесткость предполагает рассмотрение статической и геометрической (рис. 8) сторон задачи.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *A* | *N* |  |  |  | | *A* |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  | *0,5м* |  |  | *0,5м* |  |
|  |  |  | *F* | |  |  |
| *F* |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| *k* |  |  |  | ** |  | *k* |  |
|  | *R*1 |  | *k* | *1,4м* |  |
| *Rk* | *1,4м* |  |  |
|  |  |  |

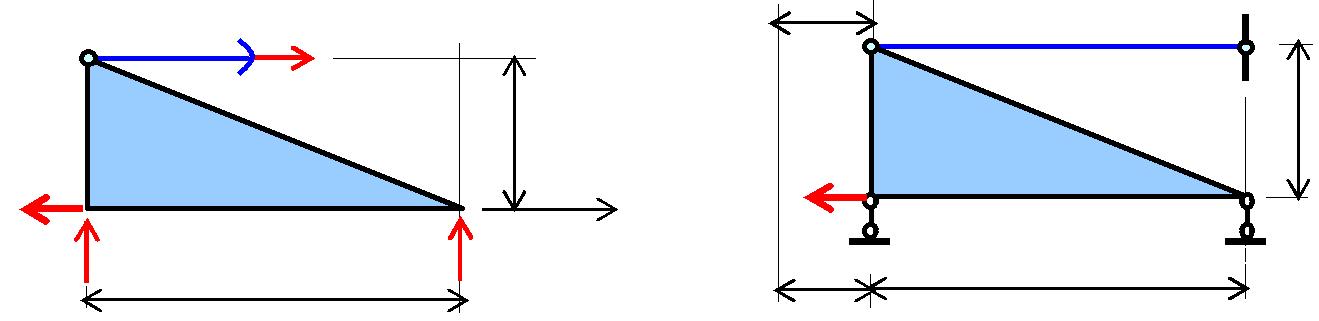


Рис. 8

Рассмотрение статической стороны задачи дает следующее уравнение равновесия**:**

20

 *Fx* 0, *N*  *F* 0, *N*  *F* .

*Расчет на прочность.*

Определим из условия прочности допускаемую нагрузку

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **max [** ], | [** ]  | * тек* , | *F* |  [** ] , | [*F* ]  *1* *10**4* *160* *106*  *16* *кН* . |
|  |  | *k* | *A* |  |  |

*Расчет на жесткость.*

Под действием силы *F* все точки жесткого тела горизонтально переместятся налево на одинаковую величину *k* . При этом стержень удлиняет-

ся на  . Очевидно, что *k*  .

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | Тогда, из условия жесткости имеем | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |  |  |
| ** |  |  [** | |  | ] , |  [** | | | |  | ] , |  | *N*  | | |  [** |  | ] , | | *F*  | |  [** |  | ] , |  |
| *k* | *k* | *k* |  |  | | | *k* |  |  | *k* |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *E*  *A* | | | |  |  | *E*  *A* | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | *E*  *A*[** ] | | | | |  |  | 200 | | 10 | | 9 | 110 | |  4 | | 0.002 | | |  |  |  |  |
| [*F* ]  | | |  |  |  | *k* |  |  |  |  |  |  |  28,57 *кН* . | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  | 1,4 | |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

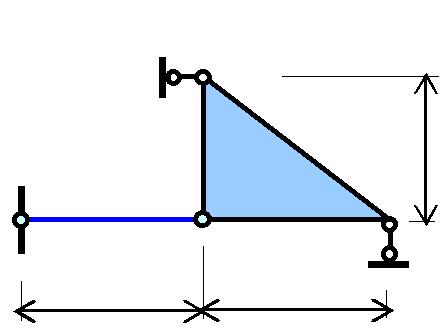
За окончательное принимаем меньшее значение силы [*F*] 16 *кН* .

**Задача 1.2**

Абсолютно жесткое плоское тело опирается на одну шарнирно неподвиж-ную или на две шарнирно подвижные опоры и прикреплено к стальному стержню при помощью шарниров (рис. 9). Требуется из условий прочности по нормальным напряжениям и жесткости определить значение допускаемой нагрузки *F,* если предел текучести *т*  240 *МПа* а запас прочности *k =* 1,5;

модуль продольной упругости *Е* = 200 ГПа; перемещение точки приложения силы *k* ограничено допускаемым [*k* ], которое как и все остальные данные

заданы.



*F*



*k*

*c*

*A*

*a* *b*

Рис. 9

Решение

Пусть последние три цифры номера зачетной книжки – 189. Ставим им в соответствие первые три буквы русского алфавита. Получаем а = 1, б = 8, в = 9. Данные берем из табл. 1 методических указаний. Таким образом, имеем: схема

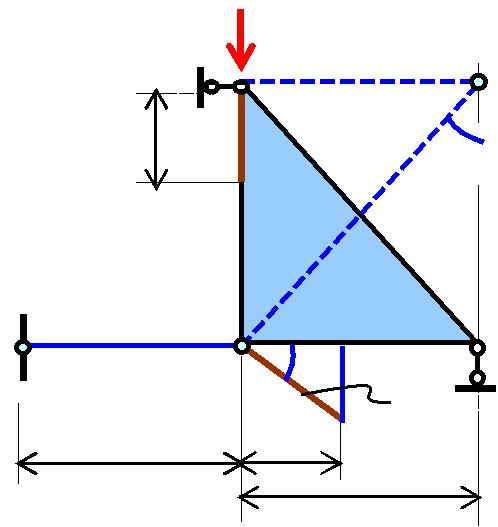
№ 9, [*k* ] = 0,001 м, *A* 1 см2 , *а*  0,4 м ; *b*  0,6 м ; *c*  0,8 м .

21

Расчет на прочность и жесткость предполагает рассмотрение статической и геометрической (рис. 10) сторон задачи.

Рассмотрение статической стороны задачи дает следующее уравнение равновесия**:**

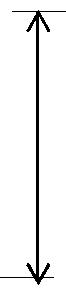
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *M n* 0, | *N* 0,8 *F* 0,60, *N*  *0*,*75*  *F* . | | |  |  |  |  |
| *Расчет на прочность.* | | |  |  |  |  |  |
| Определим из условия прочности допускаемую нагрузку | | | | | | |  |
| **max [** ], | [** ] * тек* , | 0,75 *F*  [** ] , |  | *1*  *10* |  *4*  *160*  *106* | |  |
| [*F* ]  |  |  |  *21*,*33 кН* . |  |
|  | *0*,*75* |  |
|  | *k* | *A* |  |  |  |  |



*F*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  | *R*2 | | |  |  |  |  |  | *n* | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | *k* | | |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0,8м | |  |
|  |  |  |  |  | *N* |  | *A* |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0,6м | |  |  | *R*1 | | | |  |
|  |  |  |  |  | 0,4м | | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *F* | *rk* | *n* |  |
|  | *k* |  |
| ** | *k* |  | ** |  |
|  |  |  |
|  |  | *r*1 | 0,8м |  |



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *1* | ** |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  | ** | 1 |  |
| 0,4м |  |  |  |
|  |  |  |
|  |  | 0,6м | |  |

Рис. 10

*Расчет на жесткость.*

Под действием силы *F* жесткое тело поворачивается против часовой стрелки относительно мгновенного центра вращения (точка *n*), находящегося в точке пересечения реакций *R*1 и *R*2 .

Вследствие малости, перемещения характерных точек жесткого бруса по дугам окружностей (*k* и **1 ) можно заменить перемещениями по касательным

к дугам окружностей. Эти перемещения будут пропорциональны их радиусам

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *k* |  **1 , | ** |  |  | **1*rk* | ** |  |  |  |  | 0,6 | |  |  |  | ** |  | sin **  ** |  | 0,6 . |  |
|  | *k* |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  | 1 | 1 |  |
| *rk* | *r*1 |  |  | *r*1 | |  |  |  | 2 |  |  | 2 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 0,6 | | |  | 0,8 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



Чтобы совместить начальное положение *1* концевого сечения стержня с конечным, надо его растянуть на  и повернуть вдоль касательной по часовой стрелке (касательная **1 будет перпендикулярна продольной оси стержня). При

этом  **1 cos** , или **1 cos** , cos**  0,8 . Тогда, из условия жесткости имеем



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ** |  |  [** |  | ] , | *tg* [** |  | ], | *tg* 0,6 |  0,75 , | 0,75 *F*  | 0,75  [** |  | ], |  |
| *k* | *k* | *k* |  | *k* |  |
|  |  |  |  |  | 0,8 |  | *E*  *A* | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

22

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *E*  *A* [ | ] | |  | *200* |  *10* | *9* |  *1* |  *10* |  *4* |  *0*.*001* | |  |  |
| [*F* ]  | *k* |  |  |  |  |  |  *88*,*89 кН* . |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *0*,*752*  |  |  |  | *0*,*752*  *0*,*4* | | | | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

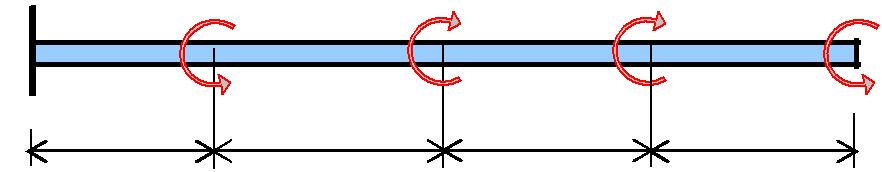
За окончательное принимаем меньшее значение силы [*F*]  *21*,*33* *кН* .

**Задача 2**

К стальному (*G* = 80 ГПа) валу приложены три известных момента: *M*1 , *M* 2, *M* 3(рис.11).Требуется: 1)установить при каком значении момента *X* угол

поворота правого концевого сечения вала равен нулю; 2) для найденного значения момента *X* построить эпюру крутящих моментов; 3) при заданном значении [** ] определить диаметр вала из расчета на прочность и округлить его значение до ближайшего, равного: 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110; 125; 140; 160; 180; 200 мм; 4) построить эпюру углов закручивания; 5) найти наибольший относительный угол закручивания (на 1 м).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *M*1 | *M* 2 | *M* 3 | *X* |
| *a* | *b* | *c* | *a* |
|  | Рис. 11 |  |  |



Пусть последние три цифры номера зачетной книжки – 207. Ставим им в соответствие первые три буквы русского алфавита. Получаем а = 2, б = 0, в = 7. Данные берем из табл. 2. Таким образом, имеем: схема № 7 (рис. 11), *а* 1,2 м ,

*b* 1,9м, *с* 1,7м, *M*11,2кНм, *M* 21,9кНм, *M*31,7кНм,[** ]40МПа.

Для стали принимаем модуль сдвига равным *G*  80 ГПа .

Решение Угол поворота правого концевого сечения вала будет равен нулю, если

его суммарный угол от всех моментов равен нулю:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *X*  *6* | |  | *1*,*7*  *4*,*8* | |  | *1*,*9*  *3*,*1* | | |  | *1*,*2* *1*,*2* | |  *0* | , *X* = 2,102 *кН м*. |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *GI* |  | *GI* |  | *GI* |  | | *GI* |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Крутящие моменты, возникающие в поперечных сечениях вала, определяются по внешним скручивающим моментам с помощью метода

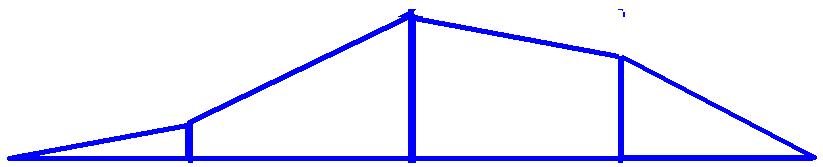
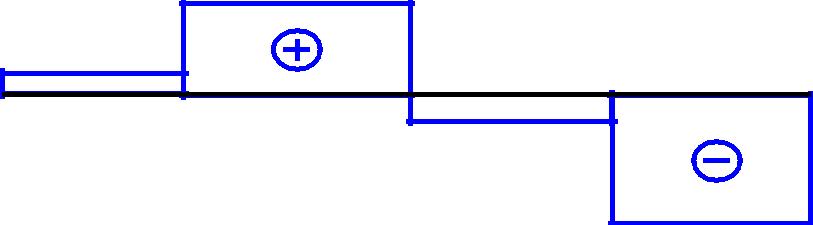
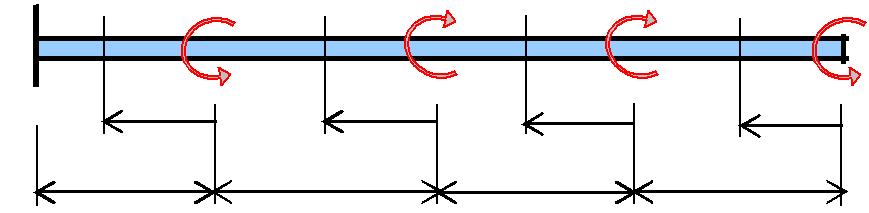
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| сечений (рис. 12): | |  |  |  |
| участок № 1 | ( 0  *z* | 1,2 м ) | *M кр* | *2*,*102 кН*  *м* ; |
|  | 1 |  | *1* |  |
| участок № 2 | ( 0  *z*2 | 1,7 *м* ) | *M 2кр* | *2*,*102* *1*,*7* *0*,*402 кН*  *м* ; |
| участок № 3 | ( 0  *z*3 | 1,9 м ) | *M 3кр* | *2*,*102*  *1*,*7*  *1*,*9*  *1*,*498 кН*  *м* ; |
| участок № 4 | ( 0  *z*4 | 1,2 м ) | *M 4кр* | *2*,*102*  *1*,*7*  *1*,*9* *1*,*2*  *0*,*298 кН*  *м* . |
| Для удобства построения | | | | эпюр *M* *кр* принимаем следующее правило |

знаков: крутящий момент считается положительным, если при взгляде в торец

23

отсеченной части вала действующий на него момент направлен по ходу часо-вой стрелки.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1,2 кН м | | 1,9 кН м | | 1,7 кН м | | 2,102 кН м | |  |
| *z*4 |  | *z*3 |  | *z*2 |  | *z* |  |  |
| 1,2 м | 1,9 м | | 1,7 м | | 1,2 м |  |  |  |
| 0,298 |  |  | 1,498 | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | *эп*. *М кр* |  |
|  |  |  |  | 0,402 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | 2,102 |  |
|  |  | 3,204 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | 2,520 |  |  |  |
| 0,358 | |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 | 1 | 2 |  |  | 3 | 4 | *эп*. |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  | Рис. 12 | |  |  |  |



(*кН*  *м*)

( *кН*  *м* )

*GI*

Диаметр вала находим из условия прочности по касательным напряже-

ниям:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ** max  [** ], | | *M* max*кр* | | | | | ** | |  |  [** ] или | | | | *M* max*кр* |  [** ] , где | | | | *W*  | | | *I* | |  | *d* 3 | | , |  | | |
| *I * | | | | | max | *W* | ** max | | 16 | |  | | |
|  | |  | |  | | | |  | | | |  | | |  |  |  | | |
|  | |  | |  |  | | | |  | | | |  | | |  |  |  | | |
| или | *2*,*102*  *103* | | | | |  *16*  *40*  *106* , | | | | | | *d*  *0*,*064 м* . | | | | |  |  | |  |  |  |  | | |  | | |  |  | |  |
| *d 3* | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | | |  | | |  |  | |  |
|  |  |  |  |  | |  | | |  |  |  | | |  |  |  | |  |  |  |  | | |  | | |  |  | |  |
|  | Здесь *I* | | ** | | | – полярный момент инерции для круглого сечения, *W* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ** | – поляр- | |  |
|  |  | |  | |  | | |  |  |  | | |  |  |  | |  |  |  |  | | |  | | |  | |  |
| ный момент сопротивления. | | | | | | | | | | | |  |  | | |  |  |  | |  |  |  |  | | |  | | |  |  | |  |
|  | Принимаем | | | | | | | *d = 70 мм*. | | | |  |  | | |  |  |  | |  |  |  |  | | |  | | |  |  | |  |
|  | Жесткость | | | | | | | поперечного | | | | | сечения | | | вала при | | | | кручении | | | | | | будет равна | | | | | |  |
| (полярный момент инерции | | | | | | | | | | | | для круглого | | | | | сечения | | | *I* |  |  | **  *d* 4 | | | , см. | | | | табл. 7) | |  |
| ** | 32 | | |  |
|  |  | |  |  |  |  | |  | | |  |  |  | | |  |  |  | |  |  |  | | |  |  | |  |
|  |  | |  |  |  |  | |  | | |  |  |  | | |  |  |  | |  |  |  |  | | |  |  | |  |
| *GI * |  80 109  | | | ** *(* 0,07 *)*4 | | | | | | | 188,57 кН м2 . | | | | |  |  |  | |  |  |  |  | | |  | | |  |  | |  |
|  |  |  | | 32 | | |  |  |  | |  |  |  |  | | |  | | |  |  | |  |
|  |  | |  |  |  |  | |  |  |  | | |  |  |  | |  |  |  |  | | |  | | |  |  | |  |
|  | Пронумеруем границы участков и для каждого из них вычислим угол | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| закручивания (рис. 12). | | | | | | | | | | |  |  |  | | |  |  |  | |  |  |  |  | | |  | | |  |  | |  |
| **01  0,2981,2 | | | | | |  | | 0,358 , *12*  | | | | | *1*,*498*  *1*,*9* | | |  | *2*,*846* | , | | **23  0,402 1,7 | | | | | | | | |  0,683 , | | |  |
|  | | |  |  |
|  | *GI * | |  |  |  |  | | *GI * | | |  |  | *GI* | | |  | *GI* | | |  |  |  | *GI * | | | | | |  | *GI * | |  |

24

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **34  2,102 1,2 | |  2,522 . | | | | | |  |  |  |  |  |
| *GI * |  |  | *GI * | | | | |  |  |  |  |  |
| При построении эпюры углов закручивания (рис. 12) за нулевое сечение | | | | | | | | | | | |  |
| выбираем жесткую заделку. Тогда | | | | | | | |  |  |  |  |  |
| *02* *01* *12*  | | | *3*,*204* | | , *03* *02* *23*  | | | *2*,*520* | | | , *04* *03* *34* *0*,*002* . |  |
|  | |  |  |  |  |
|  |  |  | *GI* |  |  |  |  |  | *GI* |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Наибольший относительный угол закручивания определяем по формуле | | | | | | | | | | | |  |
| ** | *M* max*кр* | | |  |  | 2,102 103 | | рад | |  |  |  |
| **max  *()*max |  |  | |  |  |  |  0,011 |  | м . | |  |  |
|  | *GI * | | 188,57 103 |  |  |  |

**Задача 3**

Для заданной схемы балки требуется: 1) построить эпюры поперечных сил *Qy* и изгибающих моментов *M x* ,найти *M x*max; 2)подобрать коробчатое(*h =*

2 *b,* ** = 0,8), кольцевое (** = 0,8) и двутавровое поперечные сечения (рис. 13) при ** 160 *МПа* ; 3) выбрать наиболее рациональное сечение по расходу

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| материала. |  |  |  |  |
|  |  |  | *y* |  |
|  |  |  | *y* |  |
| *M* | *q* |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  | *h* | *h* | *d* |  |
| *a1* | *a2* | *b* | *d* |  |
| *l = 10a* |  |  |
|  |  | *b* |  |  |

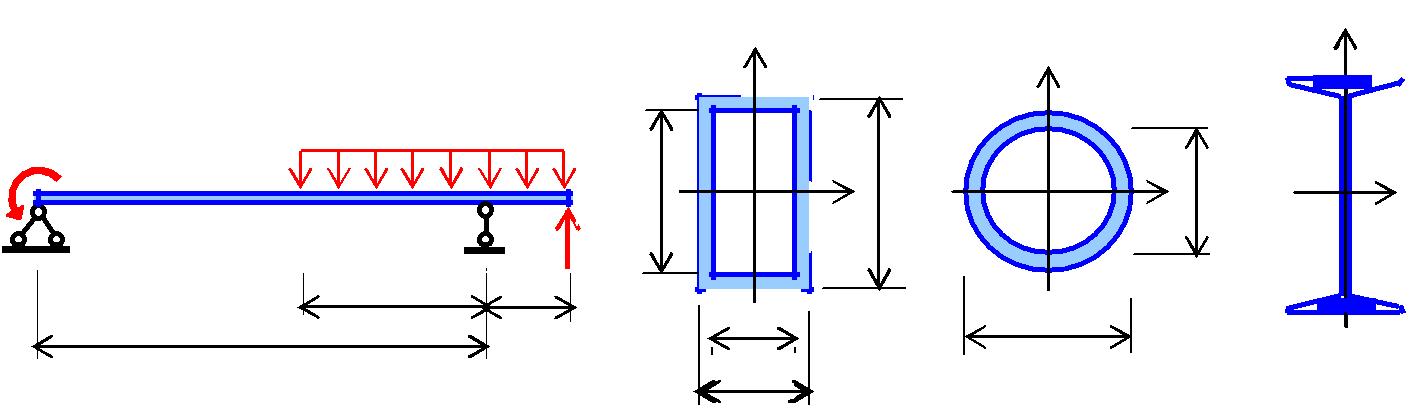


Рис. 13

Решение Пусть последние три цифры номера зачетной книжки – 346. Ставим им в

соответствие первые три буквы русского алфавита. Получаем а = 3, б = 4, в = 6. Данные берем из табл. 3 методических указаний. Таким образом, имеем: схема

№ 6 (рис. 13),  8 м , *a*1 / *a*  7 , *a*2 / *a*  2, *М*  4 кН м, *F* 10 кН, *q*  4 кН/м .

В нашем случае  8 м 10*a* , следовательно *a*  0,8 м . При этом

*a*17*a* 5,6м, *a*22*a* 1,6м.Расчетная схема балки,соответствующая исход-

ным данным, показана на рис. 14.

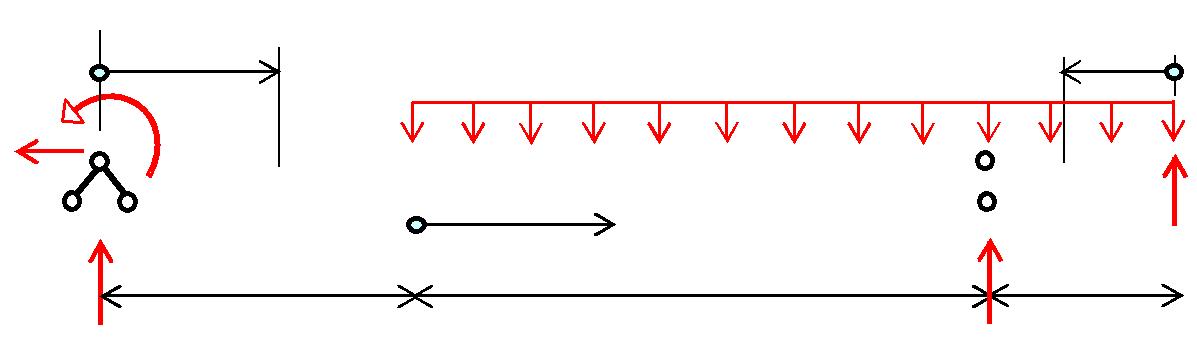
Приложенные к балке три вида нагрузок разделяют ее длину на три участка и вызывают в опорах балки реакции *Rb*, *Hb* *и* *Rc,* которые определяем из следующих уравнений равновесия:

*Fz* 0, *Hb = 0*;

*М c* 0, *Rb*  *8*  *10* *1*,*6*  *4*  *4* *7*,*2* (*5*,*6* *7*,*2* / *2*) *0* ; *Rb = 9,7 кН*;

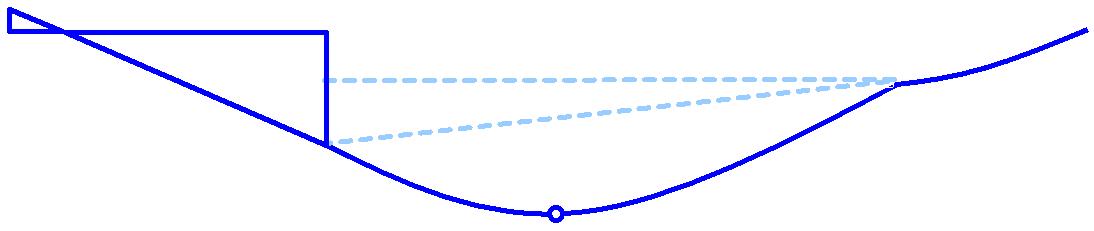
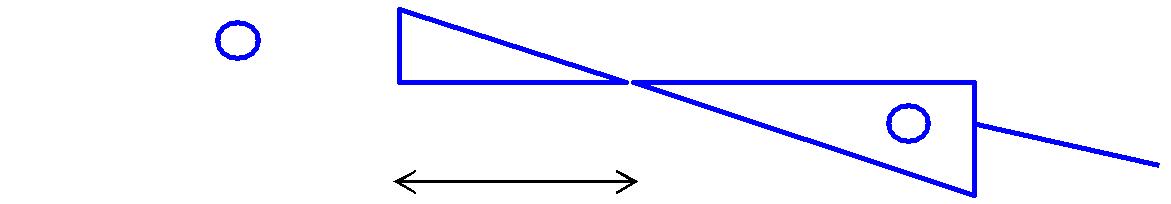
25

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Мb*  *0, Rc*  *8*  *10*  *9*,*6*  *4*  *4* *7*,*2* (*7*,*2* / *2*  *2*,*4*) *0*; | | | *Rc*  *9*,*1 кН* . |
| Проверка: *F*  *0,* | *R*  *R*  *10*  *4* *7*,*2*  *0*; | *0*  *0* . |  |
| *y* | *bc* |  |  |



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *z*1 | *q=4 кН/м* | *z*3 |  |
|  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | *В* | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *Hb* |  | 0 | *M=4 кН м* | | | |  |  | *z*2 |  |  |  |  |  |  |  | *С* | | | | | *F=10 кН* |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | *Rc* | | |  |  |  |  |  |  |  |
| *Rb* | |  | *2,4 м* | | | |  |  |  |  | *5,6 м* |  |  |  | *1,6 м* | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *эп*. *Qy* (кН) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *9,7* | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *3,6* | | |  |  |  | *10,0* |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | *2,425 м* | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *12,7* | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *эп*. *M x* (кН м) | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | *4,00* | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *10,88* | | |  |  |  |  |  |
|  |  | *19,28* | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | *31,04* | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | Рис. 14 | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Для определения *Qy* | | | | | | | | | и *M* *x* на участках балки методом сечений восполь- | | | | | | | | | | | | | |  |



зуемся скользящей системой координат.

Напомним, что положительный изгибающий момент растягивает нижние волокна, и его ординаты откладываются на них. Положительная поперечная сила вращает оставленную часть балки по часовой стрелке, и ее ординаты откладываются вверх от оси эпюры.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Участок № 1 ( 0  *z*1 | | | | | | | |  2,4 м ) | | | *Q*1 |  9,7 кН; *M*1 | | | |  9,7  *z*1  4 ; *M*1(2,4) 19,28 кН м . | | | | | | | |  |
| Участок № 2 ( 0  *z* | | | | | | |  |  5,6 м ) | | | *Q* |  *9*,*7*  *4*  *z* |  | ; |  |  | *M* |  | *4*  *9*,*7* (*2*,*4*  *z* |  | )  | *4*  *z22* | ; |  |
| 2 |  |  |  | *2* | *2* |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *2* | *2* | |  |  |  |  |  |  | *2* |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *Q* (5,6)12,7кН; *Q* 0при *z*02,425м; *M* | | | | | | | | | | | | | | |  | 2 | (0) 19,28 кН м ; | | |  |  |  |  |  |
| 2 | |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *M* 2(5,6)10,88кНм; *M* 2(2,425)31,04кНм. | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |
| Участок № 3 0  *z*3 | | | | | | | | 1,6 м | | | *Q*3 | 10  4  *z*3 ; | | | | *Q3* (*1*,*6*)*3*,*6 кН* ; | | | |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | 4  *z* 2 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *M* |  | 10  *z* |  |  | 3 | ; | | *M* |  | (1,6) 10,88 кН м ; *M* | | |  |  | (*0*,*8*)  *6*,*72* *кН*  *м* . | | | | |  |  |  |  |  |
| 3 | 3 | 2 | 3 | *3* | |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | Так как между *Qy* и | | | | | | | | | *M x* существует дифференциальная зависимость | | | | | | | | | | | | |  |

26

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ( *Q* |  |  | *dM x* | ), то в сечении, где поперечная сила | | | *Q* |  |  0 (см. рис. 14), изгибаю- |  |
| *y* |  | *y* |  |
|  |  | *dz* | |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| щий момент *M* *x* | | | | | принимает экстремальное значение. | | | | |  |
|  |  | По эпюре | | | *M x* (рис.14) | устанавливаем | опасное сечение и значение | | |  |
| расчетного момента в нем *М* max | | | | | |  31,04 кН  м. |  |  |  |  |

Записываем условие прочности по нормальным напряжениям и определяем требуемое численное значение осевого момента сопротивления *Wx* :

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ** | max | | |  [** ]*,* | | | | | | | |  |  |  | *M* max | | | | |  [** ]*,* | | |  | 31,04103 | | | | | | | | | 160 106 *,* | | | | | | *W* 194,0106м3. | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *Wx* | | | |  |  |  |  |  |  |  | *Wx* | | |  |  |  |  |  |  |  |  | *x* | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | Рассмотрим коробчатое сечение (*h =* 2 *b,* ** = 0,8). Осевой момент сопро- | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| тивления будет равен | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | *I x* | | | | |  |  | *bh3* | | | | | | | | *4* |  |  | *2* |  |  |  |  | *bh* | | *2* |  |  | *4* |  | *b* (*2b*)*2* | | | | |  |  |  |  | *4* |  |  | *3* |  |  |  |  |
| *W* | | *x* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | (*1*  | |  | )  | |  |  |  | |  |  |  |  | (*1*  | |  | )  |  |  |  |  |  | (*1*  | | *0*,*8* | |  | )  *0*,*3936* | *b* |  | ; |  |  |  |
|  | *y*max | | | | | |  |  |  |  | *12* | | |  | *h* |  |  | *6* | |  |  |  |  |  | *6* |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *0*,*3936*  *b3* | | | | | | | | | | |  *194*,*0* *10**6* ; | | | | | | | | | | | |  | *b* 7,910 | | | | | | | | | 2 м ; | | *A*  *2b2* (*1*  | | | | | | | | *2* )  *44*,*9*  *10**4* | | | | *м2* . | | |  |  |  |
|  |  |  |  |  | Рассмотрим кольцевое сечение (** = 0,8). Осевой момент сопротивления | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| будет равен | | | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | *I* | | *x* |  |  |  | **  *d* 4 | | | | | | | | |  |  |  |  |  | 2 | | |  |  | **  *d* 3 | | |  |  |  |  |  |  |  | ** *d* | | 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *W* | |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  (1  ** | | | 4 )  | | |  |  |  |  |  |  |  |  (1  ** 4 ) , | | | | | | | |  |  |  | (1 | |  0,84 ) 194,0 106 ; | | | | | |  |
| *x* |  | *y*max | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *d* | |  |  |  | 32 | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 64 | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 32 | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *d*  *15* *10**2* | | | | | | | | | | | |  | *м* .Тогда | | | | | | | |  | *A*  | | |  *d 2* | | | | | | (*1* *0*,*82* )  *63*,*3* *10* | | | | | | | | | | *4 м2* . | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | *4* | | |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | Рассмотрим двутавровое сечение (рис. 4). По сортаменту (см. табл. 8) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| требуемое *W* | | | | | | | | | | | | | | | | *x* |  | = 194 см 3 | | | | | заключено между *W* | | | | | | | | | | | | | | |  | = 184 см 3 | | | |  | (двутавр № 20) и *W* | | | | | | *x* | = |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *x* | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 203 см 3 (двутавр № 20а). Допускается перенапряжение на 5%. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |
| ** max | | | |  | |  | *M* max | | | | |  |  |  |  |  | | 31,04 103 | | | | | 168,7 *МПа* ;  | | | | | | | | | | | | |  | *168*,*7*  *160* | | | | | *100*% *5*,*4*%. | | | | |  |  |  |  |  |  |
|  |  | *Wx* | | | |  |  |  |  | 184 106 | | | | |  |  |  | *160* | |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Поэтому принимаем двутавр № 20а с *W* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | *x* | = 203 см 3 и *A*  *28*,*9* *см2* . | | | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Самым экономичным с точки зрения расхода материала оказалось двутав-ровое сечение, так как у него площадь поперечного сечения оказалась наимень-шей.

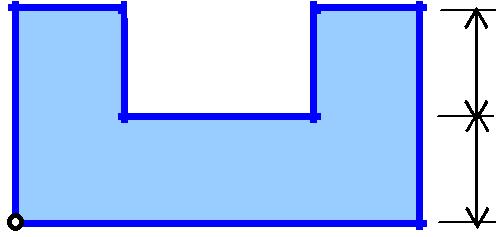
**Задача 4**

Чугунный короткий стержень, поперечное сечение которого изображено на рис. 15, сжимается продольной силой *F* , приложенной в точке *B* . Требует-ся:

1. вычислить наибольшее растягивающее и сжимающее напряжения в попереч-ном сечении, выразив эти напряжения через *F* и размеры сечения;
2. найти допускаемую нагрузку *F* при заданных размерах сечения и допускае-мых напряжениях для чугуна на сжатие [*c* ] и на растяжение [** *р* ] .

27

*a*



*a*

*B*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *b* | 2*b* | *b* |  |
|  | Рис. 15 |  |  |
|  |  |  |



Решение Пусть последние три цифры номера зачетной книжки – 653. Ставим им в

соответствие первые три буквы русского алфавита. Получаем а = 6, б = 5, в = 3. Данные берем из табл. 4 методических указаний. Таким образом, имеем: схему № 3 (см. рис. 15), *а*  6 см, *b*  5 см, [*с* ]  60 МПа , [** *р* ]  25 МПа .

Поперечное сечение имеет одну ось симметрии, которая является главной центральной осью. Сложное сечение представим в виде двух простых фигур, причем вторую в виде прямоугольного выреза с отрицательной площадью:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *А*  *А*  *А*  *12*  *20* *6* *10*  *180 см2* | | | | | | | | |  *180* *10* *4 м2* . | | | |  |  |
|  | *1* | *2* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Положение центра тяжести сечения относительно оси *x*1 (рис. 16): | | | | | | | | | | | | |  |
|  | *Sx* |  | *Sx*(1) |  *Sx*(2) |  | *А*  *y*  *А*  *y* | | | 2 |  | 240 0  (60) 3 | |  |  |
| *yc*  | 1 |  | 1 | 1 |  | 1 | 1 | 2 |  |  |  | 1 см . |  |
|  *А* | *А*1 |  *А*2 |  | *А*1 |  *А*2 |  |  | 180 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Здесь *y*1 и *y*2 – расстояния от оси *x*1 | | | | | | | | | | | до центров тяжести простых фигур. | |  |

Вторая главная центральная ось *x* пройдет перпендикулярно к оси симметрии

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *y* | | и через найденный центр тяжести сечения. Величины главных центральных | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| моментов инерции сложного сечения: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | *h b*3 | | |  | *h b*3 |  | 12 203 | | | |  |  | 6 103 |  7500 см4  0,75104 м4 ; | | | | |  |
| *I y*  *I y*(1) | | |  *I y*(2) | |  |  | 1 1 |  | | 2 2 |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  | 12 | 12 |  | 12 | |  | 12 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  *a*2 | |  |  |  |  |  |  *a*2 |  |  |  | *b h*3 | | | |  *a*2 *А*  | | *b h*3 | |  *a*2 |  |  |
| *I* | *x* |  *I* (1) |  *А* (*I* | | | | (2) |  *А* ) | | |  | 1 1 | |  |  | 2 2 |  *А*  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | *x* |  | 1 | 1 | |  | *x* | | 2 |  | 2 |  |  | 12 | |  | 1 | 1 |  | 12 | 2 | 2 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | | 20 123 | | 12 240  | | | | | 10 63 | |  42 | | (60) | | | | | 1980 *см*4 | | |  0,198104 м4 . | | |  |
| 12 |  |  | 12 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | Здесь | | | *a*1 | | и *a*2 | | | – расстояния от главной центральной оси *x* до центров | | | | | | | | | | | | | |  |

тяжести простых фигур. Определим внутренние силовые факторы – продоль-ную силу и два изгибающих момента относительно главных центральных осей:

*Nz* *F*; *M x*  *F* *0*,*05* ; *M y*  *F* *0*,*10* .

Тогда уравнение нулевой линии, записанное в координатных осях *y* и *x*

с учетом знаков напряжений и текущих координат в четверти, принимает следующий вид: **  0 , где

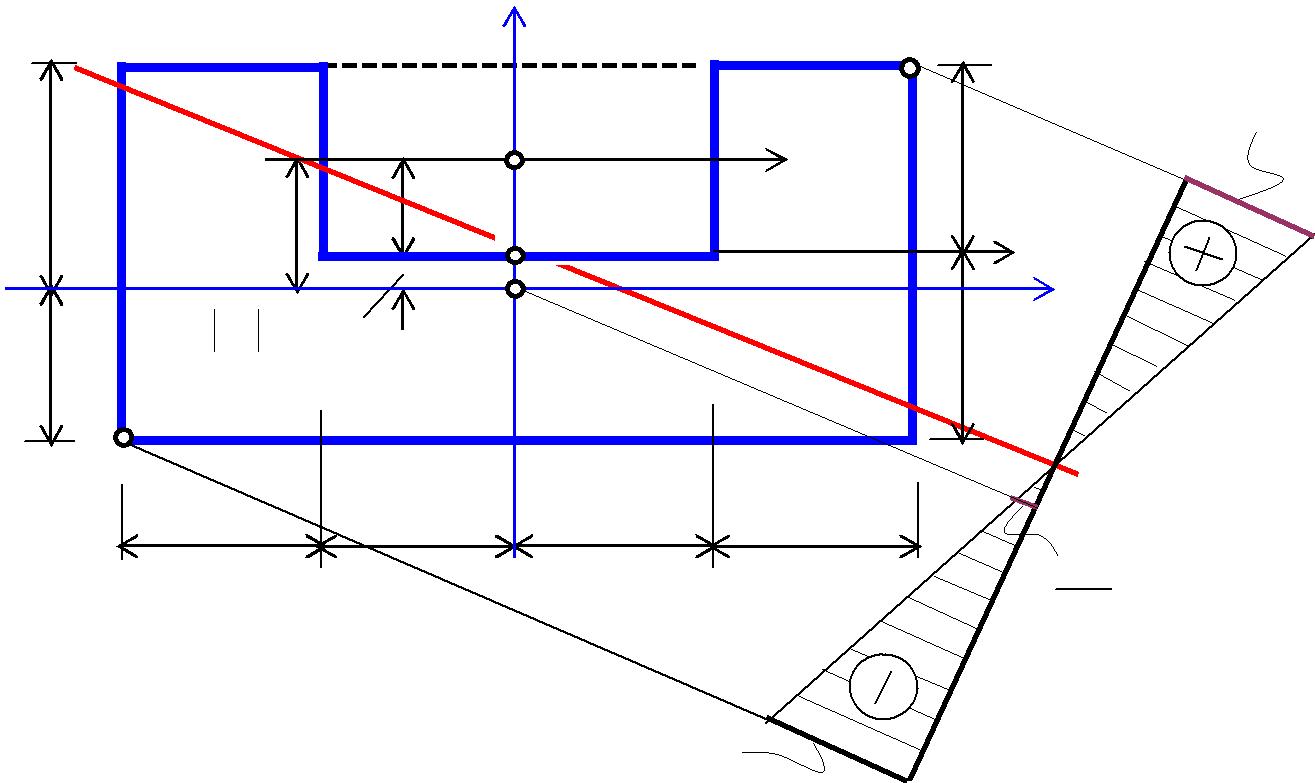
28

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ** | *N z* |  | *M x* |  *y*  | *M y* |  *x*  |  | *F* |  |  | *F* 0,05 |  *y*  | *F* 0,10 |  *x* ;или |  |
| *A* | *I x* | *I y* | 180 10 4 | | 1980 10 8 | | 7500 10 8 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

после приведения подобных членов имеем *y*  0,528 *x*  0,022  0 .

Положение нулевой линии показано на рис. 16, из которого видно, что наиболее удаленные точки от нулевой линии в сжатой и растянутой областях будут соответственно точки *B* и *D* , т. е. точки, в окрестностях которых воз-никают наибольшие напряжения.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  | *y* |  | *D* |  |  |
|  | *0* |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  | *р* |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  | ** |  |
|  |  |  |  | *c2* |  |  | 6 | max |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |
| *a*2 |  4 *см* | | *y*2 | *c1* | *x*2 | *см* |  |  |
| *см* |  |  | *x*1 |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | *a*1 |  *yc* | 1 *см* | |  |  | 6 | *x* |  |
| 5 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | *см* |  |  |
| *см* |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | *B* |  |  |  |  |  |  | *0* |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 5 *см* | |  | 5 *см* | 5 *см* | 5 *см* |  | *N z* |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |



*A*

* c*

max

Рис. 16

Наибольшие сжимающие и наибольшие растягивающие напряжения в поперечном сечении будут равны

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *с* | *B* | |  |  | *F* |  |  |  |  |  | *F* *0*,*05* | |  |  | *0*,*05*  | |  | *F* *0*,*10* | | |  | *0*,*10* *315*,*15*  *F* | | | ; |  |
| max | *180* *10* | | *4* | |  | *0*,*198* *10* | | *4* | |  | *0*,*75* *10* | | | *4* | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | *р* | *D* | | |  | *F* |  |  |  |  |  | *F*  *0*,*05* | | | |  |  *0*,*07*  | | *F*  *0*,*10* | | | | | | *0*,*10*  *254*,*54*  *F* . | |  |
| max |  | *180* *10* | | *4* |  |  | *0*,*198* *10* | | *4* | |  | *0*,*75*  *10* | | | *4* | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | Допускаемую нагрузку *F* находим из | | | | | | | | | | | | | | | | | | условий | | | | | прочности для | самых |  |
| напряженных точек *B* и *D* (сжимающие напряжения сравниваем по модулю): | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| *c* | |  [** | *c* | ] , |  | 315,15  *F*  60 106 ; | | | | | | |  |  |  | *F* 190,4кН; | | | | |  |  |  |  |  |  |  |
|  | max |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *с* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ** | *р* |  [** *р* ] , | | |  | 254,54  *F*  25 106 ; | | | | | | | |  |  |  | *Fр* 98,2кН. | | | |  |  |  |  |  |  |  |
| max | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | За окончательное значение допускаемой нагрузки принимаем наименьшее | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| из двух определенных выше значений нагрузки: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  | *F* 98,2кН. | | | | |  |  |

29

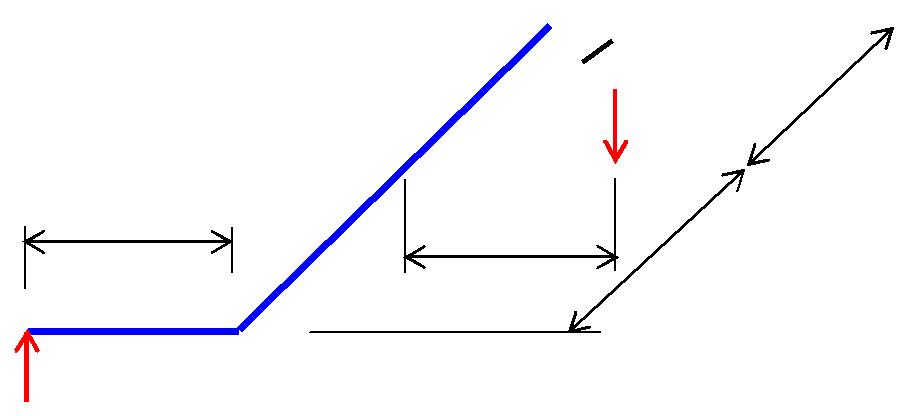
**Задача 5**

На рис. 17 изображена в аксонометрии ось ломаного стержня круглого поперечного сечения, расположенная в горизонтальной плоскости и имеющая прямые углы в точках *А* и *В* ( *=* 0,4 *м*). На стержень действует вертикальная нагрузка. Требуется: 1) построить отдельно (в аксонометрии) эпюры изгибающих и крутящих моментов; 2) установить опасное сечение; 3) используя III теорию прочности определить диаметр ломаного стержня при

** 160 *МПа* .



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | *C* |  | |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | *2F* | | ** | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *A* |  | | | | |  |  |  |  |  |  |
|  | | | | |  |  |  |  |  |  |



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ** | ** |  |
|  |  |

*B*

*F*

Рис. 17

Решение Пусть последние три цифры номера зачетной книжки – 693. Ставим им в

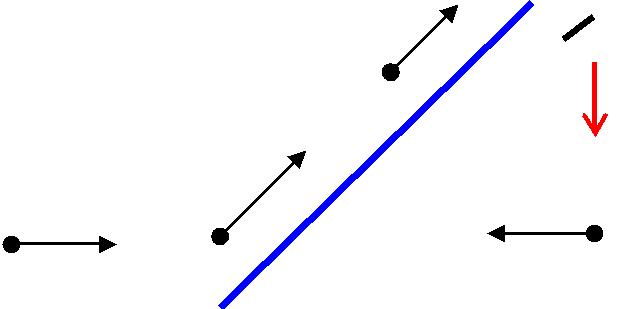
соответствие первые три буквы русского алфавита. Получаем а = 6, б = 9, в = 3. Данные берем из табл. 5 методических указаний. Таким образом, имеем схему

* 3, **  0,9; *F =* 400 Н.
  + пределах каждого участка (в нашем случае их четыре) проведем сечение на расстоянии *zi* от начала участка (рис. 18). Запишем выражения

внутренних силовых факторов, используя метод сечений.



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  | *z*4 |  |  |  | *C* |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | *z*2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *2F* |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | *B* | | | |  | | *z*3 | | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | *z*1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *F* | |  | *A* | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | Рис. 18 | | | | | |  |  |  |  |  |  |
| Участок № 1, 0  *z*1 | |  0,9 | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *Mи* (*z*1) *F*  *z*1; *Mи* (0,9 )0,9 *F* ; | | | | | *M кр* (*z*1)0. | | | | | | |  |  |  |  |  |  |
| Участок № 2, 0  *z*2 | |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



30

*Mи* (*z*2) *F*  *z*2; *M и* ( ) *F* ; *M кр* (*z*2)0,9 *F* .

Участок № 3, 0  *z*3  0,9

*Mи* (*z*3)2*F*  *z*3; *Mи* (0,9 )1,8 *F* ; *M кр* (*z*3)0.

Участок № 4, 0  *z*4  0,9

*Mи* (*z*4) *F* ( *z*4)2*F*  *z*4 *F*  *F*  *z*4; *M и* (0) *F* ;

*Mи* (0,9 )0,1 *F* ; *M kр* (*z4* ) *F* *0*,*9*  *2F* *0*,*9*  *F*  *2*,*7* .

По полученным выражениям *M* *и* и *M* *кр* на каждом участке строим эпюры изгибающих и крутящих моментов (рис. 19).



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1,8 *F* | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0,1 *F* | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *B* | | | |  |  | *C* | |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | *Эп*. *M и* | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *Эп*. *M кр* | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *2*,*7* | | | |  *F* | | | | | |  |  |
|  | | | | | | | | | | | |  |  |  | *F* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | *A* | |  |  |  |  |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0,9  *F* | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0,9  *F* | | | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

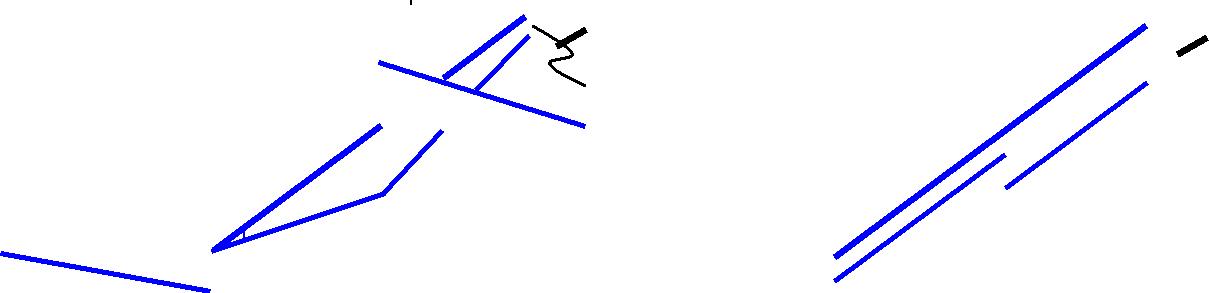


Рис. 19

Опасное сечение будет в начале четвертого участка. Здесь *M* *изг*max  *Fl* и *M кр*max *2*,*7*  *Fl* .Условие прочности по третьей теории прочности будет выгля-деть следующим образом:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  | *M расчIII* | |  |  |  | **  *d* 3 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | (*III* ) | |  |  |  |  |  |  |  | *III* | max |  | 2 | max |  | 2 |  |  |
| ** *расч*  [** ], | | |  |  |  |  |  [** ], | | *Wx*  | |  | 32 | , | *M расч*  | (*M изг* | ) |  |  (*M* *кр* | ) |  | , |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | *Wx* | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | *F*  *12*  *2*,*7* | | *2* |  | *32* []; | | | *400*  *0*,*4*  *2*,*879* | | | |  *32* |  *160*  *106* ; *d* = 0,031м. | | | | |  |  |  |  |  |
|  |  *d 3* | |  |  |  |  *d 3* |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **Задача 6** | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | Стальной стержень (сталь Ст. 3) длиной | | | | | | | | | | | | сжимается силой *F* . Требует- | | | | | | | |  |

ся:



1) найти размеры поперечного сечения при допускаемом напряжении на прос-тое сжатие [** ] 160 МПа (расчет производить методом последовательных при-ближений, в первом приближении задавшись коэффициентом **  0,5); 2) найти значение критической силы и коэффициента запаса устойчивости.

Решение Пусть последние три цифры номера зачетной книжки – 648. Ставим им в

соответствие первые три буквы русского алфавита. Получаем а = 6, б = 4, в = 8. Данные берем из табл. 6 методических указаний. Таким образом, имеем *F* 1000кН,2,4м,схема закрепления концов стержня и форма сечения

31

стержня показаны на рис. 20.

Расчет начинаем с вычисления всех необходимых геометрических характеристик поперечного сечения стойки, которые удобно выразить через площадь поперечного сечения *A* ( *b*  *h*  2*d* ):

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | *d* | 2 |  |  |  |  |  |  |  | 2  | | | |  |  |  | *А* | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *А* 4*d* 2 |  |  3,215*d* 2 ; | | | |  | *d* | |  |  |  |  0,311 *А* ; | | | | | | | | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  | 3,215 | | | | | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | *bh*3 |  | *d* 4 |  |  | 2*d*  (2*d* )3 | | | | | | | | | | | |  | *d* 4 | | | | | | | | |  |  |
| *I**I**x**I**y* | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1,284*d* 4  0,124  *А*2 . | | | | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| min |  |  | 12 | |  | 64 |  |  |  | 12 | | | | | | |  |  |  |  |  | 64 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *F* | | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2*d* | |  |  | | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  | *y* | |  |  | | | | 2*d* |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *x* | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *d* |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

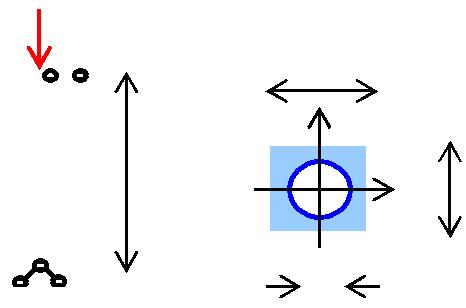


Рис. 20

Радиус инерции сечения относительно оси наименьшей жесткости

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  *ix*  *iy*  | |  | *I*min | |  |  0,3525 | | | | | | |  |  |  |  |
| *i*min |  |  | *А* . | |  |
| *А* |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Гибкость стержня | | | | | | | | | | | | |  |  |  |  |
| ** | **** | 1,0  2,4 | | | |  |  |  |  | 6,808 | |  |  | , |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | *i*min | 0,3525 | | | *А* | | | |  |  | *А* | | |  |  |  |  |



где ** – коэффициент приведения длины стержня, зависящий от условий закрепления стержня (табл. 9).

В условии устойчивости

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ** *у*  [** *у* ] или | *F* |  [** ] ** |  |
|  |  |
| *А* |  |
|  |  |  |

неизвестны величины *A* и ** , где ** – коэффициент продольного изгиба.

Расчет выполняется методом последовательных приближений, в первом приближении, задавшись коэффициентом **  0,5, получаем:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *А*  |  | *F* |  |  | 1000 103 | | |  |  0,0125 *м*2 12510 4 м2 ; | | | | | | | | | |  |
| [** ]** | | 160 10 | | 6 | 0,5 | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 1 | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| тогда гибкость стержня | | | | | | | | | ** | 6,808 | | | |  | 6,808 | |  |  61. |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | *А* | | | 125 10 4 | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

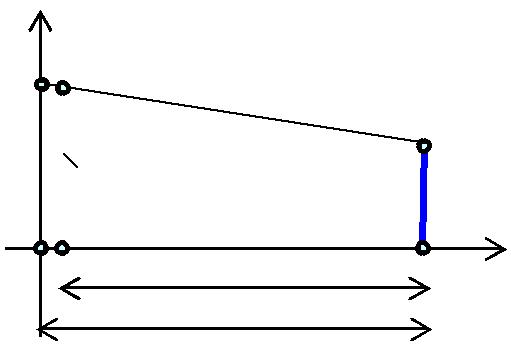
По табл. 10, используя линейную интерполяцию, находим (рис. 21)



|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ** | \* |  0,81  | 0,86  0,81 | |  9 |  0,855 . |  |
|  | 10 |  |  |
| 1 | |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

32

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | Во втором приближении принимаем ** | | | | | | | | |  |  |  | 0,5  0,855 | | | | |  0,678 ; откуда |  |
|  |  |  | 2 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | 2 | | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *А* 0,0092м2; | | | | **  71; **\*  0,75  | | | | | | 0,81  0,75 | | | |  9  0,804 . | | | | | |  |  |
|  | 10 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | ** | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | *0,86* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | ** | |  |  |  |  |  |  |  | *0,81* | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | *60* |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *70* |  |  | ** | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *9* |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *10* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Рис. 21 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | В третьем приближении | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ** |  |  | 0,678  0,804 | |  0,741; *А*  0,0084 м2 ; **  74 ; **\*  0,786 . | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| 3 |  |  |  |
| 2 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 | | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | В четвертом приближении ** | | | | | | | 4 |  0,764 ; | | | *А* 0,0082м2; ** 75; **\*0,780. | | | | | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | В пятом приближении ** | | | | 5 |  0,772 ; *А*  0,0081 м2 ; | | | | | | | | | | **  75,6 ; **\*  0,776 . | | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 4 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



Полученное значение ** близко к принятому (лучше, когда отличается на сотую), поэтому проверим выполнение условия устойчивости:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *F* |  [** ] ** ; | 1000 103 | 160 | 106 | 0,772 ; | 123,46 МПа 123,52 МПа . |  |
| *А* | 0,0081 |  |
|  |  |  |  |  |  |

Относительная погрешность между напряжениями составляет

*  (123,52 123,46) 100 %  0,05 % ;
  + 123.46

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| это меньше одного процента, что допустимо. Принимая | | | | | | | | | | | | | | | | | | **  0,772 , получаем |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| *А* 0,0081м2, | | |  | *d*  | | |  |  |  | *А* | |  |  |  0,050 м . | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 3,215 | | | | | | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Для | | материала | | | | | | | |  | стойки (Ст. 3, | | | | | *E* 200ГПа, ** | *пц* |  200 МПа ) значение |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| предельной гибкости будет равно | | | | | | | | | | | | | | | |  |  |  |  |
|  |  |  |  | | |  |  |  |  |  |  | | | |  |  |  |  |  |
| ** |  |  | ** 2 *E* | | | |  | | |  | ** 2 200 109 | | | | |  |  |  |  |
| *пред* |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 100 . | |  |  |  |
|  |  | ** | |  |  |  |  |  |  |  | 200 106 | | | |  |  |  |  |
|  |  |  | *пц* | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Поскольку | | | | | в | |  |  |  | нашем случае гибкость стойки меньше предельной | | | | | | | | |  |
| ( *75*,*6*  *100* ), | | | | | то | | | | | величину критической силы определяем по формуле | | | | | | | | |  |
| Ясинского (** *кр* | | | |  *a*  *b*  ** ,где для Ст. 3 | | | | | | | | | | | | *a* 310МПа; *b* 1,14МПа): | | |  |



33

*Fкр*  *кр*  *А* (*a* *b* **) *А* (3101,1475.6)1060,00811813кН.

Стойка имеет коэффициент запаса устойчивости, равный *nу*  *Fкр  F* 18131000 1,81.

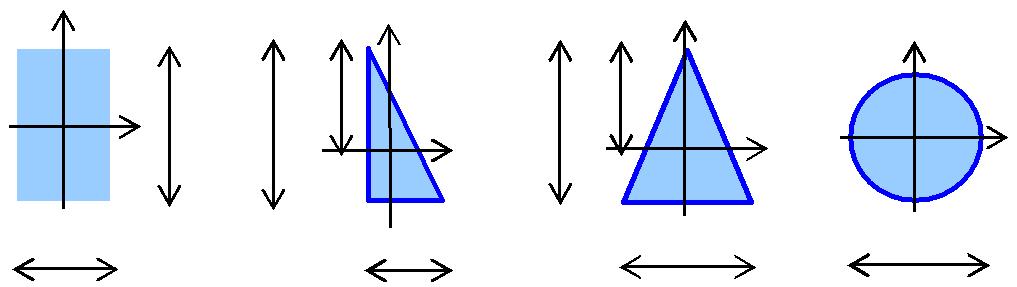


**Справочные данные**

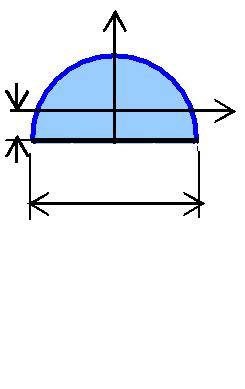
Таблица 7

Геометрические характеристики простых фигур

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | *y* |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *y* | | |  |  |  |  |  |  |  | *y* | |  |  | *y* | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | *h* | | | *yc* | | |  |  | *x* | | *h* | | | *yc* | | | |  |  | *x* |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | *h* | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *b* | |  |  |  |  |  |  |  |  | *b* | |  |  | *d* |  |  |  |  |
|  | *b* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |  |
|  | *yc* | 1 *h* | | |  | | | *yc*  | | | | 2 *h* | | |  |  |  |  | *yc* 2 *h* | | | | |  |  | *yc*  | | 1 *d* | |  |
|  |  |  | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |
|  | *A*  *bh* | | | |  |  |  | *A*  | | | *bh* | | | |  |  |  | *A*  | | | | *bh* | |  |  | *A*  | *d* 2 | | |  |
|  |  | | |  | 2 |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  |  | 4 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | *I x*  | | *bh*3 | |  | | | *I x*  | | |  | *bh*3 | | |  |  |  | *I x*  | | | | *bh*3 | |  |  | *I x*  | *d* 4 | | |  |
|  | 12 |  |  |  |  |  | 36 | |  |  |  |  | 36 | |  |  |  | 64 | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | *I y* |  | *hb*3 | |  | | | *I y*  | | | | *hb*3 | | |  |  |  | *I y*  | | | | *hb*3 | |  |  | *I *  | *d* 4 | | |  |
|  | 12 |  |  |  |  | 36 | |  |  |  |  | 48 | |  |  |  | 32 | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |



*y*



*x*

*yc*

*d*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *yc*  | 2*d* |  |
| 3** |  |
|  |  |

*A*  *d* 2

8

*I x* 0,11( *d*2)4

*I y*  *d* 4

128

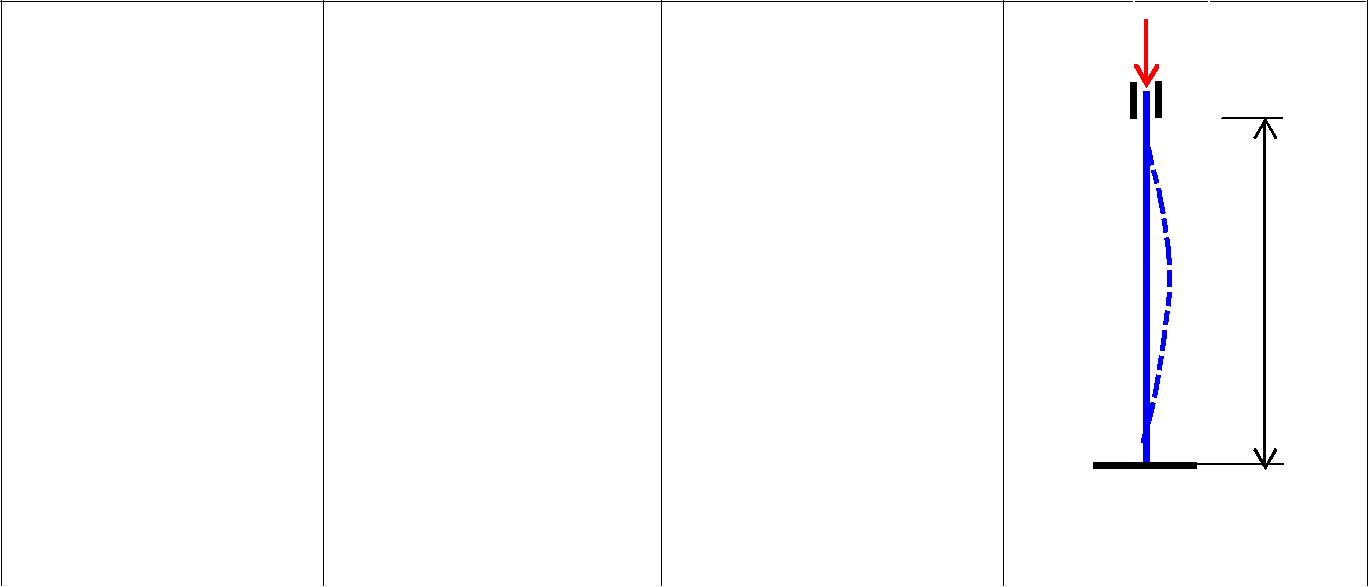
Таблица 8 Площади и моменты сопротивления для двутавровых балок (ГОСТ 8239-89)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Но- | *A* , | *Wx* , | Но- | *A* , | *Wx* , |  | Но- | *A* , | *Wx* , | Но- | *A* , | *Wx* , |
| мер | см2 | см3 | мер | см2 | см3 |  | мер | см2 | см3 | мер | см2 | см3 |
| сече- |  |  | сече- |  |  |  | сече- |  |  | сече- |  |  |
| ния |  |  | ния |  |  |  | ния |  |  | ния |  |  |
| 10 | 12,0 | 39,7 | 18a | 25,4 | 159 |  | 24 | 34,8 | 289 | 30а | 49,9 | 518 |
| 12 | 14,7 | 58,4 | 20 | 26,8 | 184 |  | 24а | 37,5 | 317 | 33 | 53,8 | 597 |
| 14 | 17,4 | 81,7 | 20а | 28,9 | 203 |  | 27 | 40,2 | 371 | 36 | 61,9 | 743 |
| 16 | 20,2 | 109 | 22 | 30,6 | 232 |  | 27а | 43,2 | 407 | 40 | 72,6 | 953 |
| 18 | 23,4 | 143 | 22a | 32,8 | 254 |  | 30 | 46,5 | 472 | 45 | 84,7 | 1231 |

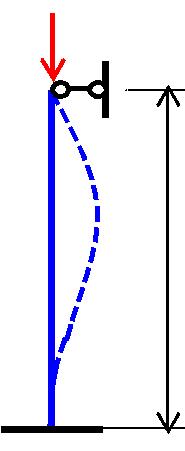
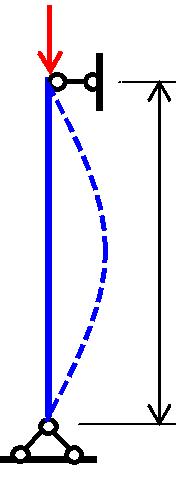
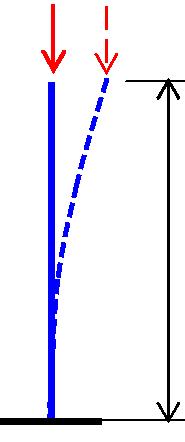
34

Таблица 9

Коэффициенты приведения длины **



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *F* | *F* | *F* | *F* |  |
|  |  |



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  *1* | |  |  |  *0*,*7* | |  |  |  *2* | |  |  |  *0*,*5* | | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Таблица 10 | | | | |
|  |  |  |  | Коэффициенты продольного изгиба ** для Ст.3 | | | | | | | | | | |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | ** |  | 0 | 10 | 20 |  | 30 | 40 | 50 | 60 |  | 70 | 80 | 90 | 100 |  |  |  |
|  | ** |  | 1,00 | 0,99 | 0,96 |  | 0,94 | 0,92 | 0,89 | 0,86 |  | 0,81 | 0,75 | 0,69 | 0,60 |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | ** |  | 110 | 120 | 130 |  | 140 | 150 | 160 | 170 |  | 180 | 190 | 200 |  |  |  |  |
|  | ** |  | 0,52 | 0,45 | 0,40 |  | 0,36 | 0,32 | 0,29 | 0,26 |  | 0,23 | 0,21 | 0,19 |  |  |  |  |

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

Общие положения 3

1. Указания о порядке выполнения контрольных работ 4

2. Варианты задач контрольных работ 5

3. Примеры решения задач контрольных работ 17

Справочные данные 31

35