

Студенты заочной формы обучения кроме номера РГР и фамилии должны обязательно написать номер зачетной книжки и специальность.

Перед решением задачи необходимо выписать из таблицы исходные данные и нарисовать в масштабе расчетную схему конструкции, изменив направления нагрузок, если их значения в таблице заданы отрицательными. На рисунке с расчетной схемой задачи размеры стержней и значения нагрузок должны быть выписаны в численном виде. Решение задач сопровождается краткими пояснениями. **Небрежно оформленные задачи и задачи, выполненные не по шифру, к зачету не принимаются!**

В описании порядка решения задач пункты, отмеченные значком *, являются необязательными и выполняются по желанию студента.

Общие справочные данные для решения всех задач

Характеристики материала	Сталь	Бронза	Дюралюминий	Чугун
Модуль упругости E , МПа	$2 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	$0,7 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$
Предел текучести σ_t , МПа	240	150	210	–
Предел прочности на растяжение/сжатие σ_b , МПа	360	240	300	180/600
Коэффициент Пуассона ν	0,3	0,34	0,3	0,25
Коэффициент температурного расширения α , 1/град	$12 \cdot 10^{-6}$	$16 \cdot 10^{-6}$	$24 \cdot 10^{-6}$	$11 \cdot 10^{-6}$

Примечания:

1. При вычислении допускаемых напряжений при растяжении-сжатии нормируемый коэффициент запаса прочности n необходимо принять:

- для пластичных материалов 1,5;
- для хрупких материалов 3 (коэффициенты запаса при растяжении-сжатии рекомендуется считать одинаковыми).

2. Для дерева рекомендуется принять следующие характеристики: допускаемые напряжения при растяжении и сжатии одинаковыми и равными $[\sigma] = 10$ МПа, модуль упругости $E = 1 \cdot 10^4$ МПа.

3. Допускаемые напряжения при сдвиге t следует принять:

- для дерева 2 МПа;

- для других материалов – по соответствующим теориям прочности.
4. Допускаемые напряжения при изгибе рекомендуется считать равными допускаемым напряжениям при растяжении-сжатии.
5. При проверке жесткости балок допускаемый прогиб следует принимать:
- для шарнирно-опертых балок $l/200$;
 - для консольных балок $l/100$,
- где l – длина пролета (консоли) балки.
6. Принятые для решения учебных задач справочные данные являются примерными и не отражают всего разнообразия видов материалов и их характеристик.

ПОРЯДОК РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ТЕМАМ

Растяжение-сжатие

Задача № 1. Подбор сечения стержня, подверженного растяжению-сжатию

Исходные данные к задаче выбираются по табл. 1 и схеме на рис. 1.

1. Нарисуйте в масштабе стержень с учетом соотношений площадей, заданных в табл. 1. Отрицательные нагрузки направьте в сторону, противоположную показанной на рис. 1. Все числовые значения подпишите на расчетной схеме.

2. Найдите, используя метод сечений, продольные силы на каждом участке стержня и постройте в масштабе эпюру изменения продольной силы по длине стержня.

3. Постройте в масштабе эпюру распределения напряжений по длине стержня в долях от A_1^{-1} , используя заданные отношения $\alpha = A_2/A_1$ и $\beta = A_3/A_1$.

4. Из условия прочности подберите размеры поперечных сечений стержня на каждом участке, сохраняя заданное отношение площадей.

5. Найдите действительные коэффициенты запаса прочности в каждой части стержня.

6*. Определите, при каком соотношении A_2/A_1 и A_3/A_1 конструкция будет наиболее экономичной.

7*. Вычислите абсолютную деформацию стержня.

Задача № 2. Определение напряжений и перемещений в стержне при растяжении-сжатии с учетом собственного веса

Исходные данные к задаче выбираются по табл. 2 и схемам на рис. 2.

1. Нарисуйте схему стержня в масштабе, используя заданные отношения площадей поперечных сечений $\alpha = A_2 / A_1$ и $\beta = A_3 / A_1$. На рисунке поставьте размеры стержня и значения нагрузки в числовом виде.

2. Найдите продольную силу на каждом участке стержня с учетом собственного веса и постройте в масштабе эпюру распределения продольной силы вдоль оси стержня.

3. Определите напряжения на каждом участке и постройте в масштабе эпюру распределения напряжений по длине стержня.

4. Найдите вертикальное перемещение заданного сечения $a-a$.

5*. Выясните, при каком значении $\alpha = A_2 / A_1$ конструкция будет наиболее экономичной (значение $\beta = A_3 / A_1$ считайте неизменной величиной).

Задача № 3. Определение грузоподъемности статически определимой конструкции, работающей на растяжение-сжатие

Исходные данные к задаче выбираются по табл. 3 и схемам на рис. 3.

1. Нарисуйте схему конструкции в масштабе. На рисунке поставьте размеры конструкции в числовом виде.

2. Найдите продольные силы в стержнях конструкции, используя метод сечений. Если на расчетной схеме стержень выделен жирной линией, то этот стержень следует считать абсолютно жестким. (Он не деформируется и продольная сила в нем равна нулю.)

3. Найдите напряжения в стержнях, выразив их через неизвестную нагрузку.

4. Из условия прочности наиболее напряженного стержня найдите допустимое значение нагрузки.

5. Найдите перемещение узла C и покажите его на плане перемещений.

Задача № 4. Расчет статически неопределимого составного стержня, работающего на растяжение-сжатие

Исходные данные к задаче выбираются по табл. 4 и схемам на рис. 4.

1. Убедитесь в том, что в процессе деформации от заданной силы F зазор δ будет перекрыт и конструкция превратится в статически неопределимую.

2. Найдите продольные силы в каждой части стержня от заданной силы F , раскрыв статическую неопределимость. Для этого выполните следующее:

- запишите уравнения равновесия;
- составьте условия совместности деформаций;
- запишите физические уравнения (закон Гука);
- решите совместно эти уравнения.

3. Постройте эпюры распределения продольной силы и напряжений по длине стержня.

4. Проверьте прочность стержня. Если условие прочности в какой-то части стержня выполняться не будет, то подберите новое значение нагрузки F , при которой условие прочности на всех участках будет удовлетворяться.

5. Найдите температурные напряжения, возникающие при нагревании стержня на ΔT . Предварительно убедитесь в том, что при нагревании стержня зазор δ будет перекрыт и конструкция превратится в статически неопределимую.

6. Найдите продольные силы в каждой части стержня от температурного воздействия, раскрыв статическую неопределимость так же, как в п. 2.

7. Постройте эпюры распределения продольной силы и температурных напряжений по длине стержня.

8. Проверьте прочность. Если условие прочности в какой-то части стержня не выполняется, измените ΔT так, чтобы условие прочности всюду выполнялось.

Задача № 5. Расчет статически неопределимой стержневой конструкции, работающей на растяжение-сжатие

Исходные данные к задаче выбираются по табл. 5 и схемам на рис. 5. Задача состоит из трех частей.

Часть 1. Определение грузоподъемности (или подбор сечения стержней) расчетом по упругой стадии деформации. Для этого:

1) нарисуйте в масштабе схему конструкции, при этом учтите, что отрицательные значения углов откладываются в сторону, противоположную показанной на рисунке;

2) нарисуйте план сил в недеформируемом состоянии и составьте необходимые уравнения статики;

3) изобразите план перемещений, соответствующий плану сил, и запишите уравнения совместности деформаций;

4) запишите физические уравнения, связывающие усилия и перемещения (закон Гука);

5) решив совместно уравнения равновесия, совместности деформаций и физические уравнения, найдите усилия в стержнях;

6) найдите напряжения в стержнях, выразив их через неизвестную нагрузку F (или площадь поперечного сечения A_1). Из условия прочности наиболее напряженного стержня определите допускаемую нагрузку (или подберите площадь поперечного сечения). Сосчитайте напряжения в стержнях при найденном значении F (или A_1).

Часть 2. Определение грузоподъемности (или подбор сечения стержней) расчетом по предельному пластическому состоянию. Для этого:

1) выявите, сколько стержней должно потечь, чтобы конструкция перешла в предельное состояние;

2) изобразите план сил в предельном состоянии, который должен соответствовать ранее построенному (в первой части задачи) плану перемещений;

3) составьте необходимые уравнения равновесия конструкции в предельном состоянии;

4) найдите предельную нагрузку (если неизвестными являются площади сечения стержней, выразите предельную нагрузку через площадь сечения какого-нибудь стержня);

5) из условия прочности всей конструкции определите грузоподъемность (или подберите сечения стержней);

6) сравните результаты расчетов по упругой стадии деформации и по предельному пластическому состоянию, подсчитав процент расхождения.

Часть 3. Определение дополнительных напряжений, вызванных изменением температуры одного из стержней ΔT_i (или неточностью изготовления Δ_i). Для этого:

1) изобразите в масштабе план перемещений, соответствующий заданному воздействию¹, и запишите уравнение совместности деформаций;

2) нарисуйте соответствующий плану перемещений план сил и составьте необходимые уравнения равновесия;

3) запишите физические уравнения;

4) решив совместно уравнения равновесия, совместности деформаций и физические уравнения, найдите усилия и напряжения в стержнях конструкции.

Задача № 6. Определение грузоподъемности статически неопределимой шарнирно-стержневой конструкции

Исходные данные к задаче выбираются по табл. 6 и схемам на рис. 6.

1. Определите грузоподъемность системы расчетом по упругой стадии деформации. Для этого:

- постройте предполагаемые план сил и план перемещений, составьте соответствующие им уравнения равновесия и деформаций, запишите физические соотношения²;

- решив полученную систему уравнений, определите усилия и напряжения в стержнях;

- из условия прочности наиболее напряженного стержня найдите допускаемую нагрузку.

2. Определите предельную грузоподъемность системы расчетом по упруго-пластической стадии. Для этого:

- считая напряжение в наиболее напряженном стержне (см. п. 1) равным пределу текучести, составьте уравнения равновесия узла, из которых определите усилия и напряжения в остальных стержнях; выявите максимальные напряжения в упругих стержнях;

- определите предельную нагрузку на систему из условия равенства максимальных напряжений в упругих стержнях пределу текучести;

- найдите допускаемую нагрузку на конструкцию.

¹ В табл. 5 i – номер стержня, на который действует температура ΔT_i или который изготовлен с неточностью Δ_i . Знак минус означает, что стержень охлаждается или изготовлен короче, чем требуется. Знаки ΔT_i и Δ_i учитываются только при построении плана перемещений и в дальнейших расчетах не участвуют.

² При составлении уравнения совместности деформаций допускается связь между абсолютными деформациями определять по масштабу из плана перемещений.

3. Определите предельную грузоподъемность системы расчетом по предельному пластическому состоянию. Для этого:

- выявите все кинематически возможные варианты предельного состояния конструкции;
- для каждого из возможных вариантов определите предельную нагрузку из условия предельного равновесия системы. Сопоставляя варианты, установите действительное предельное состояние;
- найдите допускаемую нагрузку и сравните ее с результатами, полученными в п.1 и 2.

4*. Определите остаточные напряжения в стержнях системы при полной разгрузке из положения предельного равновесия.

Исследование плоского напряженного состояния. Проверка прочности для сложного напряженного состояния

Задача № 7. Исследование плоского напряженного состояния по заданным напряжениям на произвольных площадках. Проверка прочности

Исходные данные к задаче выбираются по табл. 7 и схемам на рис. 7.

1. Найдите нормальное, касательное и полное напряжения на наклонной площадке.

2. Найдите величины главных напряжений и угол наклона главных площадок к заданным площадкам. Покажите главные площадки с действующими на них напряжениями на рисунке.

3. Определите величины наибольших касательных напряжений: наибольшего касательного напряжения для заданного плоского напряженного состояния ($\max \tau$) и максимального касательного напряжения для заданного элементарного параллелепипеда (т. е. полученного при исследовании объемного напряженного состояния – τ_{\max}). Покажите на рисунке площадки, на которых действуют эти напряжения ($\max \tau$ и τ_{\max}). Найдите нормальные напряжения на этих площадках.

4. Проверьте прочность материала заданного элементарного параллелепипеда. Найдите действительный коэффициент запаса прочности. Покажите на рисунке опасные площадки.

5. Найдите величины относительных продольных деформаций по главным направлениям и относительную объемную деформацию. Покажите деформации на рисунке.

6*. Постройте следы предельных поверхностей, соответствующие используемым теориям прочности. Покажите точку, изображающую заданное напряженное состояние, найдите графически действительный коэффициент запаса прочности.

Примечание. Пункты 1–3 следует выполнить двумя способами: аналитическим и графическим.

Задача № 8. Исследование плоского напряженного состояния по заданным напряжениям на главных площадках. Проверка прочности

Исходные данные к задаче выбираются по табл. 8 и схемам на рис. 8.

1. По заданным главным напряжениям найдите нормальные и касательные напряжения на наклонной площадке.

2. Определите величины наибольших касательных напряжений: наибольшего касательного напряжения для заданного плоского напряженного состояния $\max \tau$ и максимального касательного напряжения для заданного элементарного параллелепипеда τ_{\max} (т. е. полученного при исследовании объемного напряженного состояния). Покажите на рисунке площадки, на которых они действуют. Найдите нормальные напряжения на этих площадках.

3. Проверьте прочность материала заданного элементарного параллелепипеда. Найдите действительный коэффициент запаса прочности. Покажите на рисунке опасные площадки.

4. Найдите компоненты тензора деформаций для заданного напряженного состояния. Покажите деформации на рисунке.

5*. Постройте следы предельных поверхностей, соответствующие используемым теориям прочности. Покажите точку, изображающую заданное напряженное состояние, найдите графически действительный коэффициент запаса прочности.

Примечание. Пункты 1 и 2 следует выполнить двумя способами: аналитическим и графическим.

Изгиб

Задачи № 12–15. Определение внутренних усилий в балках при плоском поперечном изгибе

Исходные данные к задачам выбираются по табл. 12–15 и схемам на рис. 12–15.

1. Нарисуйте схему балки в масштабе в соответствии со своими данными. Отрицательные нагрузки покажите действующими в сторону, противоположную указанной на рисунке. На рисунке поставьте размеры балки и значения нагрузки в численном виде.

2. Определите опорные реакции.

3. Составьте выражения для поперечной силы Q и изгибающего момента M на каждом участке балки и вычислите значения Q и M на границах участков. Вычисления рекомендуется делать в табличной форме.

Пределы изменения x на участке	Выражения для Q и M	Граничные значения			
		Q , кН		M , кН · м	
		в начале участка	в конце участка	в начале участка	в конце участка

4. Постройте эпюры Q и M и проанализируйте результаты в соответствии с дифференциальными зависимостями между Q , M и q .

Задача № 16 (16а). Подбор сечения деревянной (стальной) балки, работающей в условиях плоского поперечного изгиба

Исходные данные к задаче выбираются по табл. 16 (16а) и схемам на рис. 16.

1. Нарисуйте схему балки в масштабе. Отрицательные нагрузки направьте в сторону, противоположную показанной на рисунке. На рисунке поставьте размеры балки и значения нагрузки в численном виде.

2. Найдите опорные реакции.

3. Постройте в масштабе эпюры распределения внутренних усилий Q и M по длине стержня.

4. Нарисуйте фасад балки и эпюры распределения нормальных и касательных напряжений по высоте сечения. На фасаде покажите опасные точки.

5. Из условия прочности опасной точки, в которой действуют максимальные нормальные напряжения, найдите размеры поперечного сечения балки. (Для деревянных балок круглого поперечного сечения диаметр бревен не должен превышать ходового размера $d \leq 26$ см. Если это условие не выполняется, выберите сечение из нескольких бревен.)

6. Убедитесь в том, что найденный размер поперечного сечения обеспечивает выполнение условия прочности в точке, где действуют максимальные касательные напряжения.

7*. Для сечений из 2–3 бревен сравните расход материала для различных вариантов расположения бревен в поперечном сечении: горизонтальном, вертикальном и других.

Задача № 17. Подбор сечения стальной двутавровой балки, работающей в условиях плоского поперечного изгиба

Исходные данные к задаче выбираются по табл. 17 и схемам на рис. 17.

1. Нарисуйте схему балки в масштабе. Отрицательные нагрузки направьте в сторону, противоположную показанной на рисунке. На рисунке поставьте размеры балки и значения нагрузки в численном виде.

2. Найдите опорные реакции.

3. Постройте в масштабе эпюры распределения внутренних усилий Q и M по длине стержня.

4. Нарисуйте фасад балки и эпюры распределения нормальных и касательных напряжений по высоте двутавра. На фасаде покажите опасные точки.

5. Из условия прочности опасной точки, в которой действуют максимальные нормальные напряжения, найдите номер двутавра.

6. Проверьте прочность в остальных опасных точках. Если условие прочности в какой-нибудь точке не будет выполняться, выберите новый номер двутавра.

7*. Найдите напряженное состояние произвольной точки двутавра, находящейся в сечении, где Q и M не равны нулю. Покажите напряженное состояние этой точки на рисунке. Определите главные напряжения графическим способом и покажите на рисунке, на каких площадках они действуют.

СХЕМЫ ЗАДАЧ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ К НИМ

Задача № 1. Подбор сечения стержня, подверженного растяжению-сжатию

Таблица 1

A	$l_1, \text{м}$	$q_1, \text{кН/м}$	$q_2, \text{кН/м}$	α	B	$l_2, \text{м}$	$q_3, \text{кН/м}$	$F_2, \text{кН}$	$F_3, \text{кН}$	C	$l_3, \text{м}$	$F_1, \text{кН}$	β	Материал на участке	
														1, 2	3
0	1,0	10	0	1,0	0	0,5	20	10	0	0	1,0	50	1,0	Сталь	Бронза
1	1,5	0	10	0,8	1	1,0	-20	0	20	1	0,5	-50	1,8	Чугун	Дюрал.
2	1,0	20	0	0,6	2	1,5	10	-10	0	2	2,0	40	1,4	Бронза	Чугун
3	2,0	0	20	0,4	3	2,0	5	0	-20	3	1,5	-40	1,6	Чугун	Бронза
4	0,5	-10	0	1,0	4	1,5	-5	30	0	4	1,0	30	1,2	Бронза	Дюрал.
5	1,5	0	-10	1,2	5	1,0	-10	0	30	5	0,5	-30	2,0	Сталь	Чугун
6	1,0	-20	0	1,4	6	0,5	10	-30	0	6	1,0	20	0,4	Дюрал.	Сталь
7	1,5	0	-5	1,6	7	1,0	-20	0	-40	7	0,5	-60	0,6	Чугун	Сталь
8	1,0	-5	0	1,8	8	1,5	30	-50	0	8	2,0	10	0,8	Бронза	Сталь
9	0,5	0	-20	2,0	9	2,0	-30	0	-10	9	1,0	-10	1,0	Дюрал.	Чугун

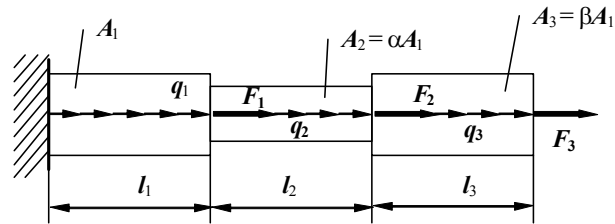


Рис. 1

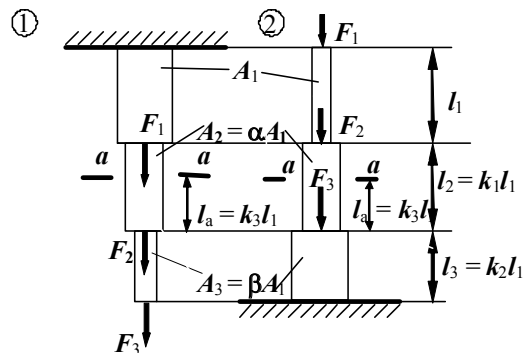


Рис. 2

Задача № 2. Определение напряжений и перемещений в стержне при растяжении-сжатии с учетом собственного веса

Таблица 2

A	№ схемы на рис. 2	$l_1, \text{м}$	$A_1, \text{м}^2$	$\gamma, \text{кН/м}^3$	$E, 10^5 \text{ МПа}$	B	α	k_2	$F_1, \text{кН}$	$F_2, \text{кН}$	C	β	k_1	k_3	$F_3, \text{кН}$
0	1	10	0,05	80	2,0	0	1,0	0,5	10	0	0	1,0	1,0	0,5	50
1	2	2	0,8	20	0,7	1	1,2	0,6	0	-10	1	1,2	1,2	1,0	-50
2	1	12	0,04	70	1,9	2	1,4	0,7	-20	0	2	1,4	1,4	0,8	40
3	2	3	1,0	25	0,8	3	1,0	0,8	0	20	3	1,0	1,0	0,4	-40
4	1	14	0,06	65	1,2	4	0,6	0,9	30	0	4	0,8	0,9	0,6	30
5	2	4	1,2	30	0,9	5	0,8	1,0	0	-30	5	0,6	0,8	0,4	-30
6	1	16	0,08	75	2,0	6	1,0	1,1	-40	0	6	1,6	0,7	0,3	20
7	2	5	1,4	35	1,0	7	1,1	1,2	0	40	7	1,4	0,6	0,2	-20
8	1	18	0,1	80	2,1	8	1,2	1,3	50	0	8	1,2	0,5	0,4	10
9	2	6	1,6	20	0,8	9	1,0	1,4	0	-50	9	1,0	1,0	0,7	-10

Задача № 3. Определение грузоподъемности статически определимой конструкции, работающей на растяжение-сжатие

Таблица 3

A	a, м	Сечение стержня 1	b, м	B	№ схемы на рис. 3	$\alpha, \text{град}$	Сечение стержня 2	$l, \text{м}$	C	$\beta, \text{град}$	$\gamma, \text{град}$
0	2,5	Уг. 100×7	1,9	0	1	60	Двугавр № 10	-	0	60	30
1	2,6	Уг. 125×8	1,8	1	2	75	Двугавр № 12	-	1	45	15
2	2,7	2 уг. 50×5	1,7	2	3	30	-	4,5	2	30	0
3	2,8	2 уг. 75×5	1,6	3	4	-	-	4,6	3	90	45
4	2,9	Уг. 140×9	1,5	4	5	-	-	4,7	4	75	-30
5	3,0	Уг. 160×10	1,4	5	6	-	-	4,8	5	60	-45
6	3,1	2 уг. 63×4	1,3	6	7	-	Двугавр № 16	4,9	6	90	-15
7	3,2	2 уг. 50×4	1,2	7	8	-	-	5,0	7	75	15
8	3,3	Шв. № 10	1,1	8	9	-	-	5,1	8	30	45
9	3,4	Шв. № 12	1,0	9	0	-	Двугавр № 14	5,2	9	60	0

Задача № 4. Расчет статически неопределимого составного стержня, работающего на растяжение-сжатие

Таблица 4

A	F ₁ , кН	F ₂ , кН	l ₁ , м	A ₁ , см ²	B	l ₂ , м	l ₃ , м	α	δ, мм	C	β	ΔT, °C	Материал на участке		
													1	2	3
0	100	0	2,0	12	0	1	2,0	1	0,10	0	1,2	50	Сталь	Сталь	Дюрал.
1	0	100	1,8	14	1	1,2	1,8	0,9	0,11	1	1,0	60	Дюрал.	Сталь	Сталь
2	120	0	1,6	16	2	1,4	1,6	0,8	0,12	2	0,8	70	Дюрал.	Бронза	Сталь
3	0	120	1,4	18	3	1,6	1,4	0,7	0,13	3	1,0	80	Сталь	Дюрал.	Бронза
4	140	0	2,0	20	4	1,8	1,2	0,6	0,14	4	1,1	90	Бронза	Бронза	Сталь
5	0	140	1,4	22	5	2,0	1,0	0,5	0,15	5	0,9	100	Бронза	Дюрал.	Бронза
6	160	0	1,6	24	6	1,8	1,2	1,0	0,16	6	1,0	95	Сталь	Сталь	Чугун
7	0	160	1,8	26	7	1,6	1,4	0,8	0,17	7	1,3	85	Бронза	Сталь	Бронза
8	200	0	2,0	28	8	1,4	1,6	0,6	0,18	8	0,7	75	Бронза	Дюрал.	Сталь
9	0	200	2,2	30	9	1,2	1,8	0,5	0,20	9	1,0	65	Чугун	Сталь	Сталь

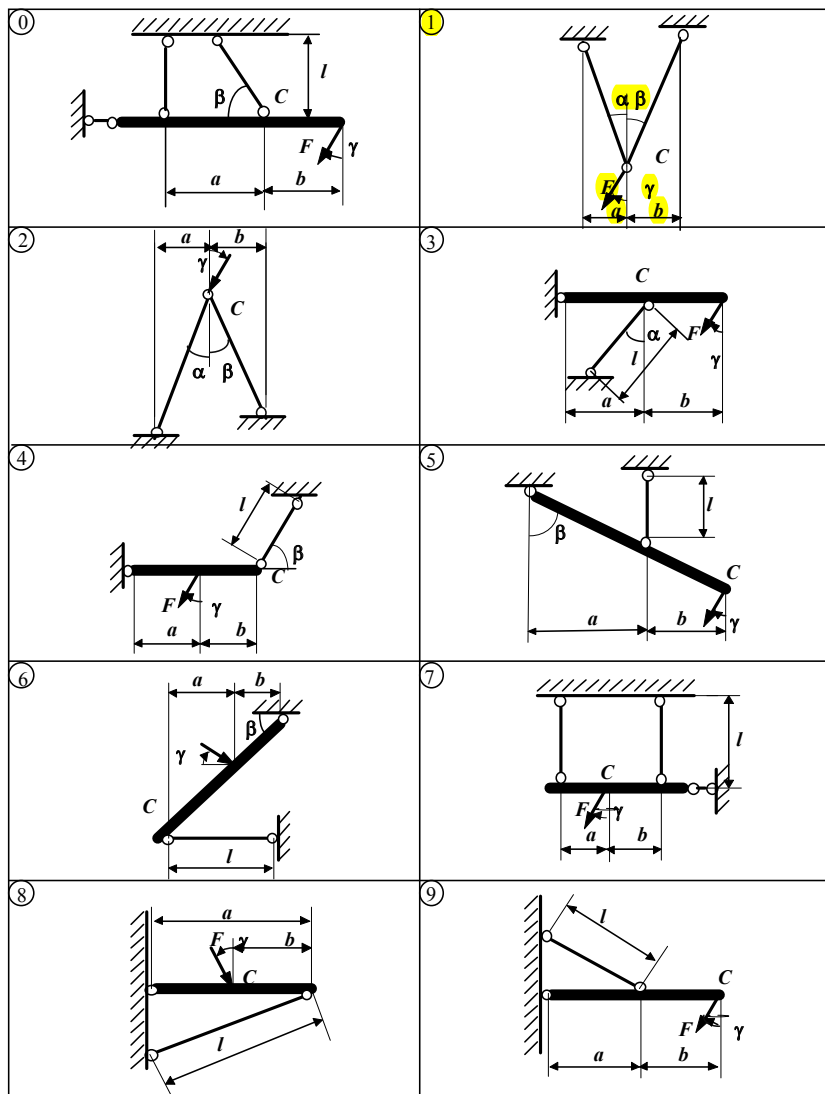


Рис. 3

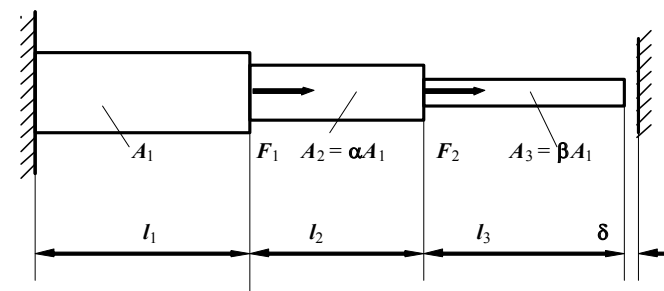


Рис. 4

Задача № 5. Расчет статически неопределимой стержневой конструкции, работающей на растяжение-сжатие

Таблица 5

A	F, кН	A ₁ , см ²	Δl, мм	ΔT _n , °C	i	β, град	B	№ схемы на рис. 5	A ₁ /A ₂	α, м	l ₁ , м	C	l ₂ , м	b, м	α, град	Материал стержней
0	50	-	-	-40	1	90	1	0	0,4	2,0	3,0	0	4,0	4,0	0	Сталь
1	-	5	0,5	-	2	75	2	1	0,5	2,2	3,1	1	3,9	3,8	30	Бронза
2	100	-	-0,4	-	2	60	3	2	0,8	2,4	3,2	2	3,8	3,6	45	Дюралюминий
3	-	6	-	50	1	30	4	3	1,0	2,6	3,3	3	3,7	3,4	60	Сталь
4	150	-	-	60	2	15	5	4	1,2	2,8	3,4	4	3,6	3,2	-5	Бронза
5	-	7	-0,3	-	1	0	6	5	1,5	3,0	3,5	5	3,5	3,0	-60	Дюралюминий
6	200	-	0,2	-	1	15	7	6	1,8	3,2	3,6	6	3,4	2,8	-30	Сталь
7	-	8	-	-70	2	30	8	7	2,0	3,4	3,7	7	3,3	2,6	-15	Бронза
8	250	-	-	80	1	60	9	8	2,2	3,6	3,8	8	3,2	2,4	0	Дюралюминий
9	-	9	-0,1	-	2	90	0	9	2,4	4,0	4,0	9	3,0	2,2	15	Сталь

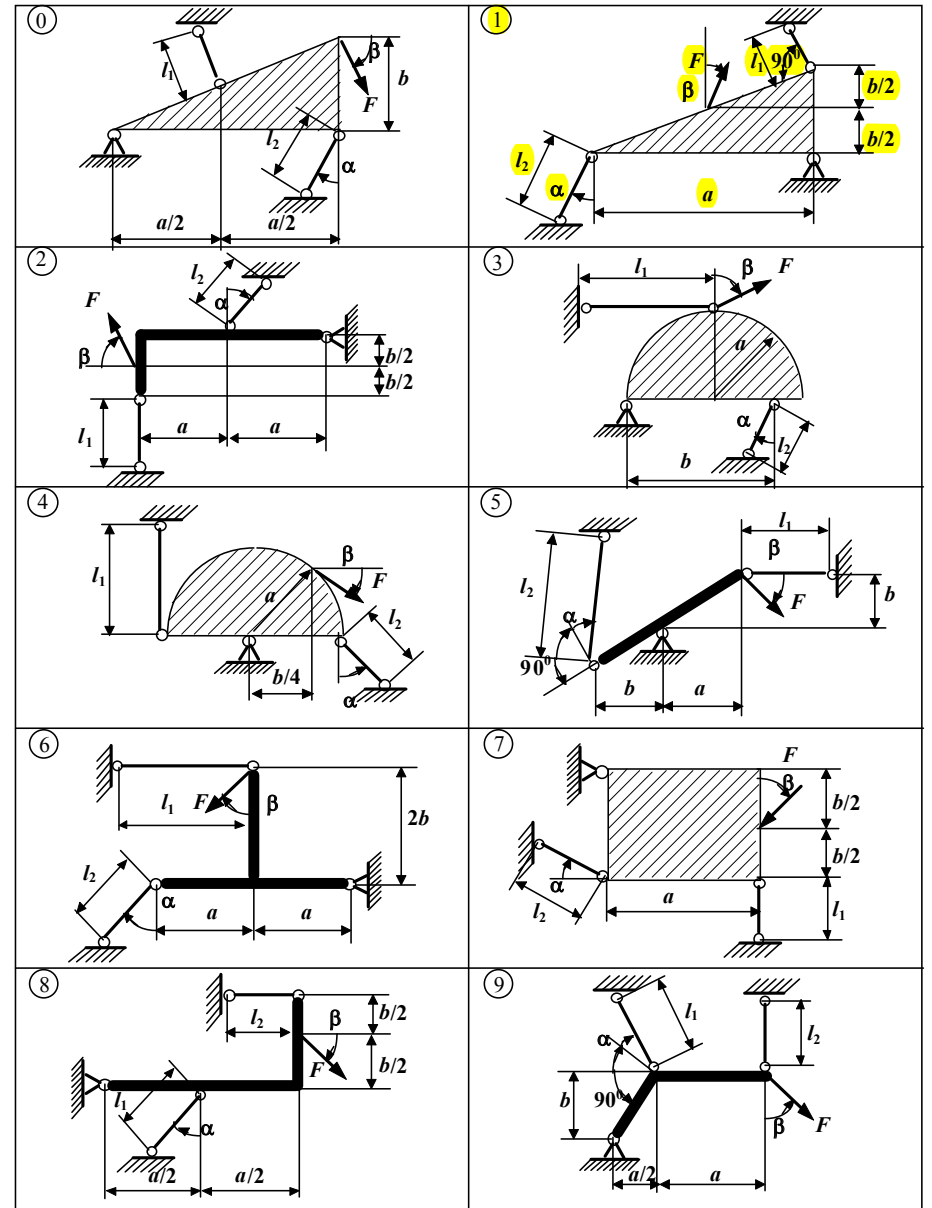


Рис. 5

Задача № 6. Определение грузоподъемности статически неопределимой шарнирно-стержневой конструкции

Таблица 6

A	l_1 , м	α , град	$A_{1,2}$, см ²	№ схемы на рис. 6	B	l_2 , м	$A_{2,3}$, см ²	β , град	γ , град	C	$A_{3,3}$, см ²	Материал
0	1,0	0	10	1	0	3,0	40	15	45	0	20	Сталь
1	1,5	15	20	2	1	2,5	30	30	60	1	30	Бронза
2	2,0	30	30	3	2	2,0	25	45	30	2	40	Дюрал.
3	2,5	0	40	4	3	1,5	15	60	15	3	25	Сталь
4	3,0	60	30	1	4	1,0	10	15	60	4	10	Бронза
5	2,5	45	20	2	5	1,5	20	30	45	5	15	Дюрал.
6	2,0	60	10	3	6	2,0	30	45	30	6	20	Сталь
7	1,5	15	15	4	7	2,5	40	60	30	7	30	Бронза
8	1,0	45	25	1	8	3,0	10	30	15	8	40	Дюрал.
9	2,0	30	40	2	9	1,0	20	45	60	9	10	Сталь

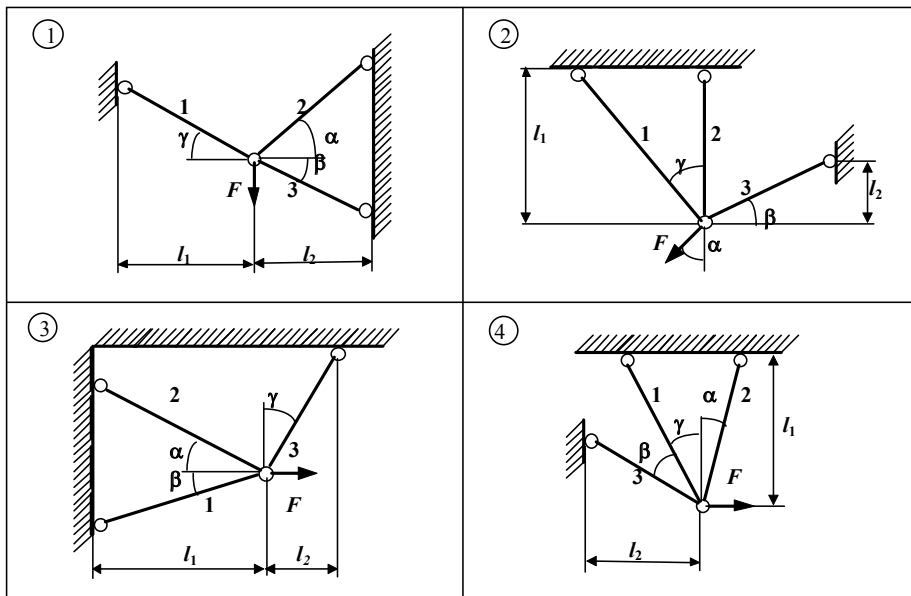


Рис. 6

Задача № 7. Исследование плоского напряженного состояния по заданным напряжениям на произвольных площадках. Проверка прочности

Таблица 7

A	№ схемы на рис. 7	σ_x , МПа	σ_z , МПа	B	τ_{xz} , МПа	β , град	C	$\sigma_{пред}$, МПа	Материал
0	1	10	-20	0	30	15	0	240	Сталь
1	2	-20	30	1	-40	30	1	180/600	Чугун
2	3	50	40	2	50	45	2	150	Бронза
3	4	-30	-50	3	-60	60	3	150/500	Чугун
4	1	-10	30	4	10	75	4	210	Дюрал.
5	2	20	-40	5	-20	15	5	160/480	Чугун
6	3	-70	-60	6	20	30	6	260	Сталь
7	4	40	30	7	-10	45	7	120	Бронза
8	4	-80	70	8	-30	60	8	180/600	Чугун
9	3	60	-30	9	40	75	9	200	Дюрал.

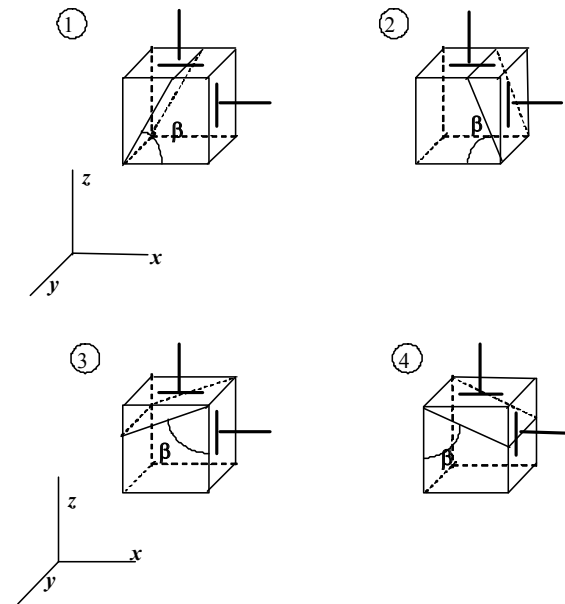


Рис. 7

Задачи № 12–15. Определение внутренних усилий в балках при плоском поперечном изгибе

Задача № 12

Таблица 12

A	l, м	B	q, кН / м	C	№ схемы на рис. 12	F ₀ , кН	F ₁ , кН	M ₀ , кН·м	M ₁ , кН·м
0	1	0	10	0	1	0	10	0	0
1	2	1	-10	1	2	0	0	20	0
2	3	2	20	2	3	0	0	60	0
3	2	3	-20	3	1	0	0	0	-60
4	1	4	30	4	2	-20	0	0	0
5	1	5	-30	5	3	0	0	0	-40
6	2	6	5	6	1	0	-20	0	0
7	3	7	-5	7	2	0	0	-40	0
8	4	8	40	8	3	0	0	-40	0
9	2	9	-40	9	1	0	0	0	40

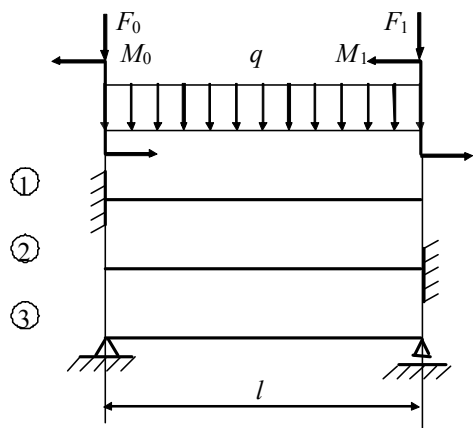


Рис. 12

Задача № 13

Таблица 13

A	№ схемы на рис. 13	F ₀ , кН	F ₁ , кН	F ₂ , кН	l ₁ , м	B	M ₀ , кН·м	M ₁ , кН·м	M ₂ , кН·м	l ₂ , м	C	Интенсивность распределенной нагрузки, кН / м					
												Вариант 1		Вариант 2			
												q ₀₁ = q ₁₁ = q ₁	q ₀₂ = q ₁₂ = q ₂	q ₀₁	q ₁₁	q ₀₂	q ₁₂
0	1	0	20	0	2	0	10	0	0	1	0	40	0	40	0	-20	-20
1	2	0	0	30	3	1	0	-20	0	2	1	0	-40	10	10	0	-40
2	3	10	0	0	1	2	0	0	30	1	2	30	0	0	30	10	10
3	1	0	-20	0	4	3	-40	0	0	2	3	0	-30	-20	-20	30	0
4	2	0	0	-30	5	4	0	50	0	1	4	20	0	20	0	-10	-10
5	3	-10	0	0	1	5	0	0	-60	2	5	0	-20	20	20	0	-20
6	1	0	40	0	6	6	-50	0	0	1	6	10	0	0	-40	30	30
7	2	0	0	50	7	7	0	40	0	2	7	0	-10	-10	-10	-10	0
8	3	-20	0	0	1	8	0	0	-30	1	8	5	-5	0	5	-5	-5
9	1	0	-40	0	5	9	20	0	0	2	9	-10	10	-30	-30	0	30

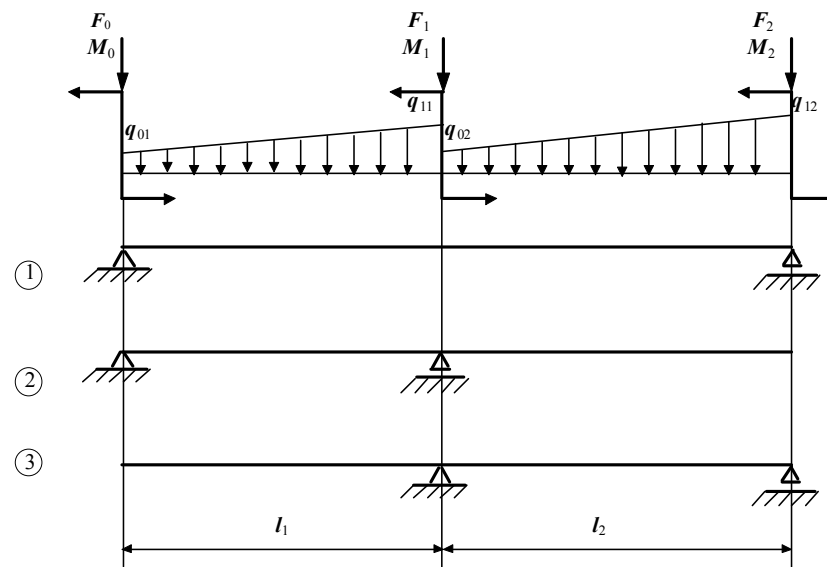


Рис. 13

Задача № 14

Таблица 14

A	Интенсивность распределенной нагрузки, кН / м																				
	F ₁ , кН	F ₂ , кН	M ₁ , кН·м	M ₂ , кН·м	q ₁ , кН/м	B	№ схемы на рис.14	F ₀ , кН	F ₃ , кН	M ₀ , кН·м	M ₃ , кН·м	l ₁ , м	C	l ₂ , м	Вариант 1			Вариант 2			l ₃ , м
															q ₀₂ = q ₁₂ = q ₂	q ₀₃ = q ₁₃ = q ₃	q ₀₂	q ₁₂	q ₀₃	q ₁₃	
0	20	0	0	0	5	0	1	0	10	0	0	1	0	1	0	30	0	0	0	30	1
1	0	0	20	0	-5	1	2	-30	0	0	0	0,5	1	0,5	10	0	10	0	0	0	0,5
2	-40	0	0	0	10	2	1	0	0	0	30	1	2	1	0	-30	0	0	-30	0	1
3	0	0	-60	0	-10	3	2	0	0	-50	0	1	3	0,5	-10	0	0	-10	0	0	0,5
4	0	0	0	-40	20	4	1	0	-30	0	0	2	4	1	0	20	0	0	20	0	1
5	0	-60	0	0	-20	5	2	50	0	0	0	0,5	5	0,5	20	0	-20	0	0	0	0,5
6	0	60	0	0	-5	6	1	0	0	0	-50	1	6	1	0	-20	0	0	0	-20	1
7	0	0	40	0	5	7	2	0	0	30	0	1	7	0,5	-20	0	0	-20	0	0	0,5
8	0	0	0	-60	-10	8	1	0	-40	0	0	2	8	1	0	10	0	0	0	10	1
9	0	0	-20	0	10	9	2	10	0	0	0	1	9	0,5	30	0	30	0	0	0	0,5

Задача № 15

Таблица 15

A	Интенсивность распределенной нагрузки, кН / м																				
	l ₂ , м	q ₁ , кН/м	M ₀ , кН·м	B	№ схемы на рис.15	F ₀ , кН	F ₁ , кН	M ₂ , кН·м	M ₁ , кН·м	l ₁ , м	l ₃ , м	C	M ₃ , кН·м	Вариант 1			Вариант 2				
														q ₀₂ = q ₁₂ = q ₂	q ₀₃ = q ₁₃ = q ₃	q ₀₂	q ₁₂	q ₀₃	q ₁₃		
0	4	0	60	0	1	0	10	0	0	3	4	0	0	0	10	0	0	0	0	10	
1	5	20	0	1	2	0	0	0	-20	6	1	1	40	10	0	10	0	10	0	0	0
2	6	0	-60	2	3	10	0	0	0	1	3	2	0	0	-10	0	0	-10	0	-10	0
3	7	-20	0	3	4	0	0	0	20	2	1	3	-50	-10	0	0	-10	0	0	0	0
4	8	0	-50	4	1	0	0	-20	0	5	2	4	0	0	-20	0	0	-20	0	-20	0
5	7	-5	0	5	2	0	0	30	0	4	1	5	-30	20	0	0	20	0	20	0	0
6	6	0	50	6	3	0	0	40	0	2	6	6	0	0	20	0	0	0	0	0	20
7	5	10	0	7	4	-10	0	0	0	1	2	7	-40	-20	0	-20	0	0	0	0	0
8	4	0	-40	8	1	0	0	0	-40	4	4	8	0	0	-30	0	0	0	0	0	-30
9	3	-10	0	9	2	0	-20	0	0	3	2	9	50	30	0	30	0	30	0	0	0

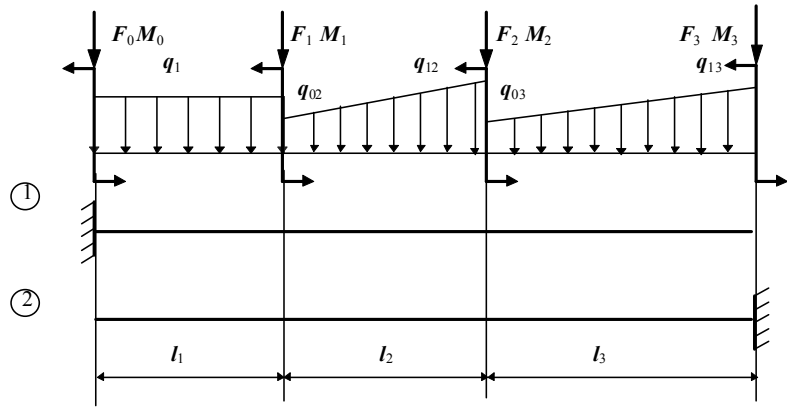


Рис. 14

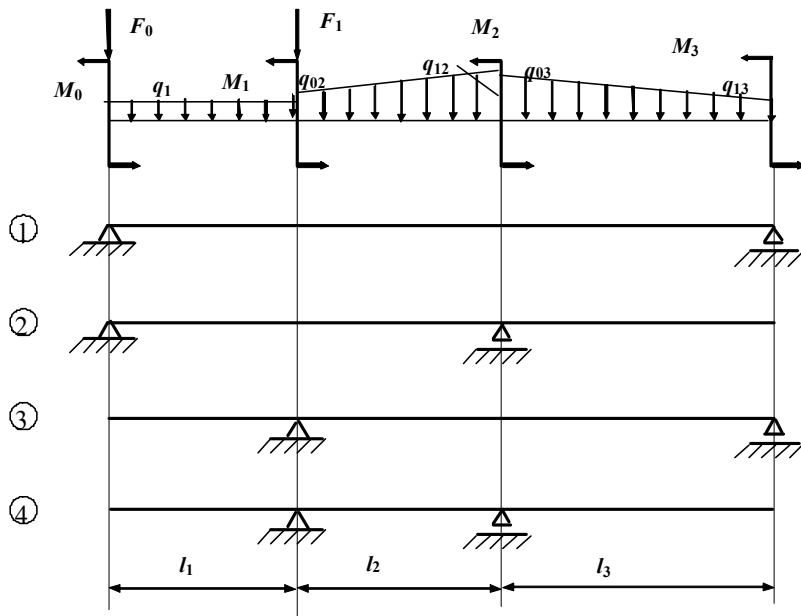


Рис. 15

Задача № 16. Подбор сечения деревянной балки, работающей в условиях плоского поперечного изгиба

Таблица 16

A	№ схемы на рис. 16	F_0 , кН	F_1 , кН	F_2 , кН	l_1 , м	B	M_0 , кН·м	M_1 , кН·м	M_2 , кН·м	Сечение	h/b	C	l_2 , м	Интенсивность распределенной нагрузки, кН/м									
														Вариант 1			Вариант 2						
														$q_{01} = q_{11} = q_1$	$q_{02} = q_{12} = q_2$	$q_{03} = q_3$	q_{00}	q_{11}	q_{02}	q_{12}			
0	3	5	0	0	0,4	0	0	0	20	0	-	0	2,0	20	20	0	-20	0	-20	0			
1	1	0	-5	0	1,0	1	0	-20	0	□	2,0	1	1,0	-10	0	-10	20	20	20	10	10		
2	2	0	0	10	3,0	2	20	0	0	0	-	2	2,0	20	10	10	-20	0	-20	0	-20		
3	2	0	0	-10	4,0	3	0	10	0	□	2,5	3	1,0	-10	10	-10	0	20	0	20	0	-10	
4	3	-10	0	0	0,5	4	0	0	-10	0	-	4	2,0	5	-5	0	-10	0	-10	5	5	10	0
5	1	0	10	0	2,0	5	-10	0	0	□	1,5	5	1,0	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10
6	3	20	0	0	0,6	6	0	-10	0	0	-	6	2,0	-20	0	-20	10	0	-20	10	10	10	10
7	1	0	-20	0	3,0	7	0	0	30	□	3,0	7	1,0	10	-20	10	0	10	0	10	0	10	0
8	2	0	0	30	2,0	8	0	30	0	0	-	8	2,0	-20	10	20	0	-10	10	10	10	10	10
9	3	-30	0	0	0,8	9	-20	0	0	□	2,0	9	1,0	-5	20	-5	20	-5	-5	20	20	20	20

Задача № 16а. Подбор сечения стальной балки, работающей в условиях плоского поперечного изгиба

Таблица 16а

A	№ схемы на рис. 16	F_6 , кН	F_1 , кН	F_2 , кН	l_1 , м	B	M_G , кН·м	M_1 , кН·м	M_2 , кН·м	Сече-ние	h/b	C	l_2 , м	Интенсивность распределенной нагрузки, кН/м			
														q_{01}	q_{02}	q_{12}	
0	1	0	5	0	0,5	0	0	0,5	0	□	1,5	0	1,0	2	2	0	-5
1	2	0	0	-5	0,8	1	0	0	-0,5	○	-	1	0,5	4	0	3	3
2	3	2	0	0	0,3	2	-0,4	0	0	□	2,0	2	1,0	0	5	1	1
3	3	-2	0	0	0,4	3	0	0	0,4	○	-	3	0,5	-2	-2	5	0
4	1	0	-2	0	1,0	4	0	0,8	0	□	2,5	4	1,0	5	0	-1	-1
5	2	0	0	3	0,9	5	-0,8	0	0	○	-	5	0,5	4	4	2	0
6	1	0	3	0	0,6	6	0	-1,0	0	□	3,0	6	1,0	0	-8	2	2
7	3	1	0	0	0,2	7	0	0	1,0	○	-	7	0,5	-3	-3	0	8
8	1	0	4	0	0,7	8	2,0	0	0	□	2,0	8	1,0	2	2	0	-10
9	2	0	0	-4	0,8	9	0	0	-2,0	○	-	9	0,5	10	0	-4	-4

Задача № 17. Подбор сечения стальной двутавровой балки, работающей в условиях плоского поперечного изгиба

Таблица 17

A	Интенсивность распределенной нагрузки, кН/м			B	№ схемы на рис. 17	l_1 , м	l_3 , м	F_6 , кН	F_1 , кН	F_2 , кН	F_3 , кН	C	l_2 , м	q_3 , кН/м	M_1 , кН·м	M_2 , кН·м	
	Вариант 1		Вариант 2														
	$q_{01} = q_{11} = q_1$	$q_{02} = q_{12} = q_2$	q_{01}														q_{02}
0	20	0	20	0	0	0	2	1	20	0	0	0	3	20	0	30	
1	0	10	0	0	10	1	1	4	40	0	0	1	4	30	40	0	
2	-30	0	-30	0	0	2	5	1	0	30	0	2	5	-30	50	0	
3	40	0	0	40	0	3	1	2	0	0	30	0	3	-20	0	40	
4	0	-20	0	0	-20	0	4	1	-40	0	0	4	7	5	-60	0	
5	0	20	0	0	20	5	3	1	-50	0	0	5	8	-5	-30	0	
6	-10	0	0	-10	0	6	2	3	0	0	-30	6	6	10	0	50	
7	10	0	10	0	0	7	1	3	0	-20	0	7	5	-10	0	-50	
8	0	-30	0	0	30	8	3	2	30	0	0	8	4	40	20	0	
9	0	30	0	0	-30	9	4	1	-30	0	0	9	3	-40	-20	0	