# Расчет плоских ферм

## Пример

Для стальной плоской статически определимой фермы

1. определить нормальные усилия в стержнях и подобрать из сортамента ГОСТ 8509-72 номер равнобокого уголка по площади сечения наиболее нагруженного стержня по допускаемому напряжению с коэффициентом запаса прочности = 2
2. Стержни, в которых возникают сжимающие усилия, проверить на устойчивость по формуле , где -минимальный момент инерции равнобокого уголка, значение которого берётся из сортамента; -длина и усилие i-гo сжимаемого стержня.
3. Построить эпюры нормальных усилий.
4. Вычислить вертикальное перемещение узла С фермы. Площади сечений стержней считать одинаковыми.

Решение

Схема фермы - Рис. 3.1.

**P1**

**P3**

**P2**

**P4**

**A**

**B**

**a**

**α**

**α**

Рис. ..

1. Определить нормальные усилия в стержнях и подобрать из сортамента номер двутавра по площади сечения наиболее нагруженного стержня по допускаемому напряжению с коэффициентом запаса прочности = 2

Определим реакции опор. Для этого отсекаем опоры и заменяем их действие силами (Рис. 3.2.)

**P1**

**P3**

**P2**

**P4**

**A**

**B**

**a**

**α**

**α**

**RA**

**RB**

Рис. ..

Уравнения равновесия фермы

|  |  |
| --- | --- |
|  | (.) |
|  | (.) |
|  | (.) |

Из (3.3)

Из (3.2)

Для определенности пронумеруем узлы и стержни фермы (Рис. 3.3.

1

2

3

4

5

6

P1

P2

P3

P4

RA

RB

Рис. ..

Нормальные усилия в стержнях определяем, вырезая по очереди узлы фермы, заменяя действия стержней на узлы их внутренними усилиями и записывая условия равновесия. Положительными считаем внутренние растягивающие усилия. Начинаем с тех узлов, в которых сходится меньше усилий.

Узел 1.

1

P1

N2

N1

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

Узел 2.

2

RA

N3

N1

N4

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

Узел 5.

5

P3

N9

N6

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

Узел 6.

6

RB

N9

N7

N8

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

Узел 4.

4

P4

N5

N8

N4

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

Итак, из условий равновесия 6 узлов из 7 мы получили значения внутренних усилий:

Равновесие оставшегося узла 3 используем для проверки

Узел 3.

3

P2

N6

N2

N3

N5

N7

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

Равновесие узла 3 соблюдается.

Самое большое по модулю внутреннее усилие 60 кН наблюдается в стержне № 9. По нему определяется необходимая площадь и, соответственно, номер сортамента сечения стержня.

В нашем случае по таблице сортамента ГОСТ 8509-72 выбираем ближайший больший по площади № 4 равнобокого уголка с площадью сечения , высотой 40 мм и толщиной 4 мм.

1. Стержни, в которых возникают сжимающие усилия, проверить на устойчивость по формуле , где -минимальный момент инерции равнобокого уголка № 4, значение которого берётся из сортамента; -длина и усилие i-гo сжимаемого стержня.

Сжимающие усилия возникают в стержнях № 1, 3, 5, 7, 9. Главные моменты инерции равнобокого уголка № 4 равны 7.26 и 1.90 . Минимальный момент инерции равен 1.90 . Значения критической силы вычислены в таблице

Таблица 3.



Как видим, действующее усилие больше критической силы в сжатых стержнях № 1, 9. Для них произойдет потеря устойчивости.

1. *Построить эпюры нормальных усилий.*

Эпюры внутренних усилий показаны на Рис. 3.4.

20

11,6

5,8

20

11,6

5,8

60

Рис. ..

1. Вычислить вертикальное перемещение узла С фермы. Площади сечений стержней считать одинаковыми.

Узел С – это узел № 3. Его перемещение будем рассчитывать по методу Мора, согласно которому

Где - внутренние усилия в стержнях фермы при единичной внешней нагрузке в направлении искомого перемещения.

Найдем .

Рассмотрим равновесие узлов фермы при действии вертикальной силы P=1 в узле 3 (Рис. 3.5).

1

2

3

4

5

6

P=**1**

R’B

R’A

Рис. .

Реакции опор из-за симметрии одинаковы *.* Рассмотрим равновесие узлов.

Узел 1. .

Узел 5. .

Узел 2.

2

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

Узел 6.

6

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

Узел 4.

4

Равновесие узла 3 используем для проверки.

Итак

Искомое перемещение

## Варианты заданий

Вариант задания определяется 3-мя числами *k.l.m*, где *k* –номертопология фермы наРис. 3.6*, l* -номер строки нагрузки в табл 1, m -- номер *угла*  в табл.2.

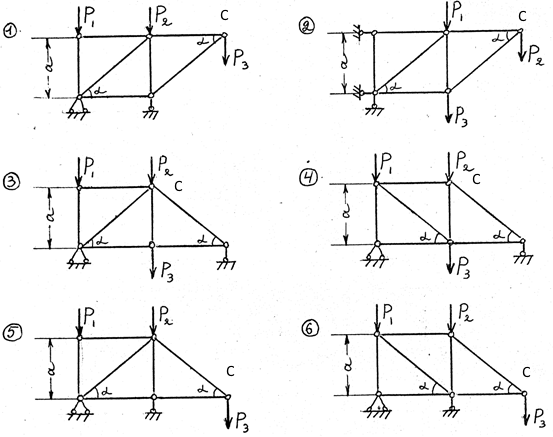
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Вариант | 1.1.3 | 2.2.3 | 3.3.3 | 4.4.3 | 5.5.3 | 6.6.3 | 7.7.3 | 8.8.3 | 9.9.3 | 10.10.3 |
| № вар | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Вариант | 11.2.1 | 12.3.1 | 13.4.1 | 14.5.1 | 15.6.1 | 16.7.1 | 17.8.1 | 18.9.1 | 9.10.1 | 10.1.1 |

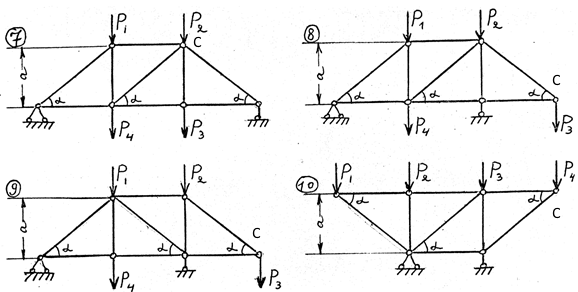
Величина внешней нагрузки Значение угла

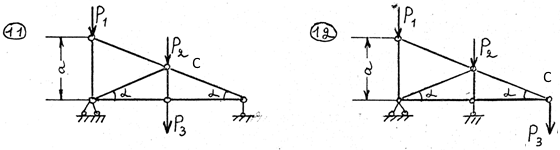
Табл #1 Табл # 2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п/п | ,кН | ,кН | ,кН | ,кH | №п/п |  |
| 1 | 50 | 70 | 80 | 100 | 1 | 30 |
| 2 | 10 | 40 | 20 | 30 | 2 | 45 |
| 3 | 20 | 10 | 50 | 60 | 3 | 60 |
| 4 | 30 | 50 | 10 | 70 |  |  |
| 5 | 10 | 20 | 30 | 10 |  |  |
| 6 | 40 | 60 | 50 | 10 |  |  |
| 7 | 10 | 10 | 10 | 50 |  |  |
| 8 | 10 | 20 | 10 | 40 |  |  |
| 9 | 10 | 10 | 50 | 80 |  |  |
| 10 | 20 | 40 | 60 | 20 |  |  |

Высота фермы Допускаемое напряжение =400МПа. Модуль упругости







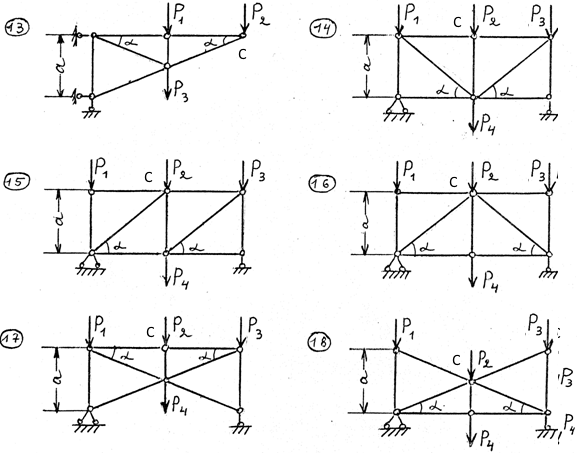


Рис. .. Плоская ферма

Промежуточные контрольные значения

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № вар | Реакция левой опоры, Н | Усилие в левом нижнем стержне при P, Н | Усилие в левом нижнем стержне при C=1 |
|  | -30000 | -46188 | -0,57735 |
|  | -63508,5 | -23094 | -0,57735 |
|  | 50000 | 17320,5 | 0,288675 |
|  | 60000 | 0 | 0 |
|  | -20000 | -17320,5 | -0,57735 |
|  | -10000 | 0 | 0 |
|  | 46666,67 | 26943,0 | 0,19245 |
|  | 20000 | 11547,0 | -0,28868 |
|  | 20000 | 11547,0 | -0,28868 |
|  | 60000 | -23094 | 0 |
|  | 40000 | 51961,5 | 0,866025 |
|  | -30000 | 86602,5 | -1,73 |
|  | 121243,6 | -140000 | -2 |
|  | 25000 | 0 | 0 |
|  | 75000 | 60621,8 | 0,866025 |
|  | 40000 | 51961,5 | 0,866025 |