

ЕН.Ф.06 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА
РАСЧЕТ ПЛОСКИХ СТЕРЖНЕВЫХ ФЕРМ

Задания и методические указания
к расчетно-графической работе

Рассмотрены вопросы: цель выполнения работы, указания к выполнению расчетно-графической работы «Расчет усилий в стержнях фермы». Вопросы для повторения; задания на выполнение работы; методика и последовательность проведения вычислений; пример расчета и оформления работы.

СОДЕРЖАНИЕ.

Цель выполнения расчетно-графической работы	4
Указания к выполнению расчетно-графической работы	4
Варианты заданий	4
Последовательность проведения вычислений в расчетно-графической работе	5
Пример выполнения расчетов в работе	5
Таблица № 1 «Исходные данные для расчетов»	10
Таблица № 2 «Схемы стержневых ферм»	11
Литература	14

Цель выполнения расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа «Расчёт плоских стержневых ферм» имеет цель привить навыки по практическому расчёту усилий в стержнях плоской статически определимой фермы различными способами (методом вырезания узлов, методом Риттера).

Указания к выполнению расчетно-графической работы

Прежде чем приступить к выполнению расчетно-графической работы, слушателю необходимо знать следующий теоретический материал:

- Внешние силы
- Равнодействующая сила
- Уравновешенная система сил
- Связи и реакции связей
- Условия статической определимости
- Определение усилий в стержнях методом вырезания узлов
- Определение усилий в стержнях методом Риттера
- Леммы о нулевых стержнях
- Методы проверки вычислений

Варианты заданий

На расчётной схеме изображена плоская статически определимая стержневая ферма.

При заданном расположении стержней фермы и заданной внешней нагрузке, определить усилия внутри каждого стержня двумя способами. Схемы стержневых ферм находятся в таблице № 2, а исходные данные задачи в таблице №1.

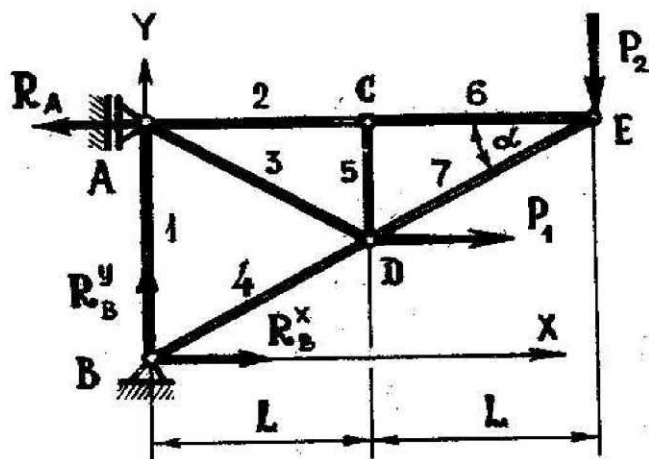
Вариант схемы из таблицы № 2 выбирается слушателем по своему порядковому номеру в журнале. А вариант исходных данных из таблицы № 1 выбирается по последней цифре номера своей зачетной книжки.

Вариант задания и последовательность проведения вычислений в расчетно-графической работе

Для заданной плоской стержневой фермы определить:

1. Статическую определимость
2. Реакции опор от заданных внешних нагрузок
3. Выполнить проверку вычислений реакций опор
4. Определить усилия во всех стержнях фермы методом вырезания узлов
5. Определить усилие в стержне №3 методом Риттера.

Расчётная схема фермы



Исходные данные для проведения расчётов:

$$L = 1 \text{ м}; \alpha = 30^\circ; P_1 = 20 \text{ кН}; P_2 = 40 \text{ кН}.$$

Выбираем и проводим оси координат.

Пример выполнения расчетов в работе.

1. Статическая определимость.

$$m = 2n - 3$$

$$7 = 2 \cdot 5 - 3$$

где m – количество стержней ($m = 7$);

n – количество узлов ($n = 5$);

$$7 = 7,$$

следовательно, заданная ферма статически определима.

2. Вычисляем реакции опор от заданных внешних нагрузок.

Мысленно отбрасываем опоры и заменяем их реакциями (условно вычерчиваем реакции опор на той же расчётной схеме). Составляем три уравнения равновесия:

$$\sum P(x) = 0 \quad R_B^x + P_1 - R_A^x = 0$$

$$\sum P(y) = 0 \quad R_B^y - P_2 = 0$$

$$\sum M(B) = 0 \quad R_A^x \cdot 2L \operatorname{tg} \alpha - P_1 \cdot L \operatorname{tg} \alpha - P_2 \cdot 2L = 0$$

Решая систему этих трёх уравнений с тремя неизвестными, определяем реакции опор.

$$R_A^x = \frac{(P_1 \cdot L \operatorname{tg} \alpha + P_2 \cdot 2L)}{2L \operatorname{tg} \alpha} = \frac{(40 \cdot 2 + 20 \cdot 0,5774)}{2 \cdot 0,5774} = 79,276(kH)$$

$$R_B^x = -P_1 + R_A^x = -20 + 79,276 = 59,276(kH)$$

$$R_B^y = P_2 = 40(kH)$$

3. Производим проверку вычисления реакций опор.

$$\sum M(A) = 0 \quad R_B^x \cdot 2L \operatorname{tg} \alpha + P_1 \cdot L \operatorname{tg} \alpha - P_2 \cdot 2L = 0$$

Подставляем в это выражение полученные числовые значения реакций опор, получаем:

$$59,276 \cdot 2 \cdot 0,5774 + 20 \cdot 0,5774 - 40 \cdot 2 = 0$$

$$0 = 0$$

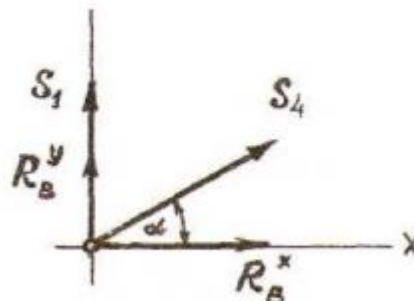
Следовательно, реакции опор вычислены верно!

4. Определяем усилия во всех стержнях методом вырезания узлов.

Вычисления усилий в стержнях фермы начинаем с узла, в котором сходится не более двух стержней, усилия внутри которых неизвестны. В данной ферме это узлы «В» и «Е». Рассмотрим узел «В».

Узел «В»

(определяем усилия в стержнях 1 и 4)



1) Мысленно вырезаем узел «В», заменяя действие отброшенной части фермы усилиями в стержнях 1 и 4. Усилия в них направляем от узла.

2) Вычерчиваем узел с приложенными к нему внешними нагрузками, проводим оси координат. Поскольку рассматриваемый узел находится в равновесии, составляем два уравнения равновесия (по количеству неизвестных):

$$\sum P(X) = 0 \quad S_4 \cdot \cos \alpha + R_B^X = 0 \quad (1)$$

$$\sum P(Y) = 0 \quad S_1 + R_B^Y + S_4 \cdot \sin \alpha = 0 \quad (2)$$

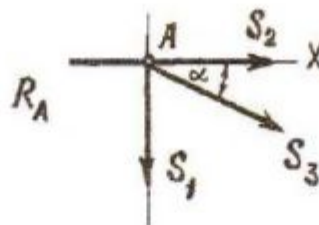
Из (1) уравнения вычисляем S_4 , из (2) уравнения вычисляем S_1 :

$$S_4 = \frac{-59,276}{0,866} = -68,448(kH)$$

$$S_1 = -40 - (-68,448) \cdot 0,5 = -5,776(kH)$$

Узел «А»

(определяем усилия в стержнях 2 и 3)



$$\sum P(X) = 0 \quad -R_A^X + S_3 \cdot \cos \alpha + S_2 = 0 \quad (3)$$

$$\sum P(Y) = 0 \quad -S_1 - S_3 \cdot \sin \alpha = 0 \quad (4)$$

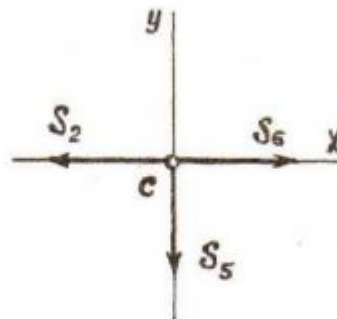
Из (3) уравнения вычисляем S_2 , из (4) уравнения вычисляем S_3 :

$$S_3 = \frac{-(-5,776)}{0,5} = 11,552(kH)$$

$$S_2 = 79,276 - 11,552 \cdot 0,866 = 69,272(kH)$$

Узел «С»

(определяем усилия в стержнях 5 и 6)

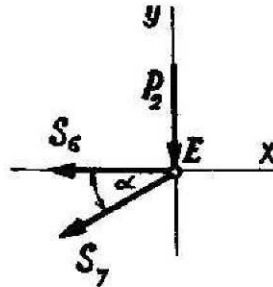


$$\sum P(X) = 0 \quad S_6 = S_2 = 69,272(kH)$$

$$\sum P(Y) = 0 \quad S_5 = 0$$

Этот узел относится к лемме о нулевых стержнях.

Узел «Е»
(определяем усилие в стержне 7)

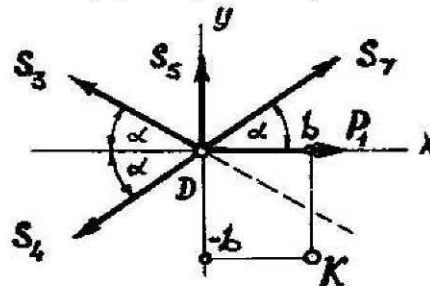


$$\sum P(X) = 0 \quad -S_6 - S_7 \cdot \cos \alpha = 0 \quad (5)$$

Для данного узла достаточно одного уравнения равновесия (5), из которого определяем S_7 :

$$S_7 = \frac{-69,272}{0,866} = -79,997(kH)$$

Узел «D»
(проверочный)



Для проверочного узла достаточно составить одно уравнение равновесия и проверить его выполнение.

$$\sum P(X) = 0 \quad P_1 + S_7 \cdot \cos \alpha - S_3 \cdot \cos \alpha - S_4 \cdot \cos \alpha = 0$$

Подставляем найденные значения усилий в стержнях и получим:

$$0 = 0$$

Следовательно, усилия в стержнях найдены верно!

5. Определение усилия в стержне № 3 методом Риттера.

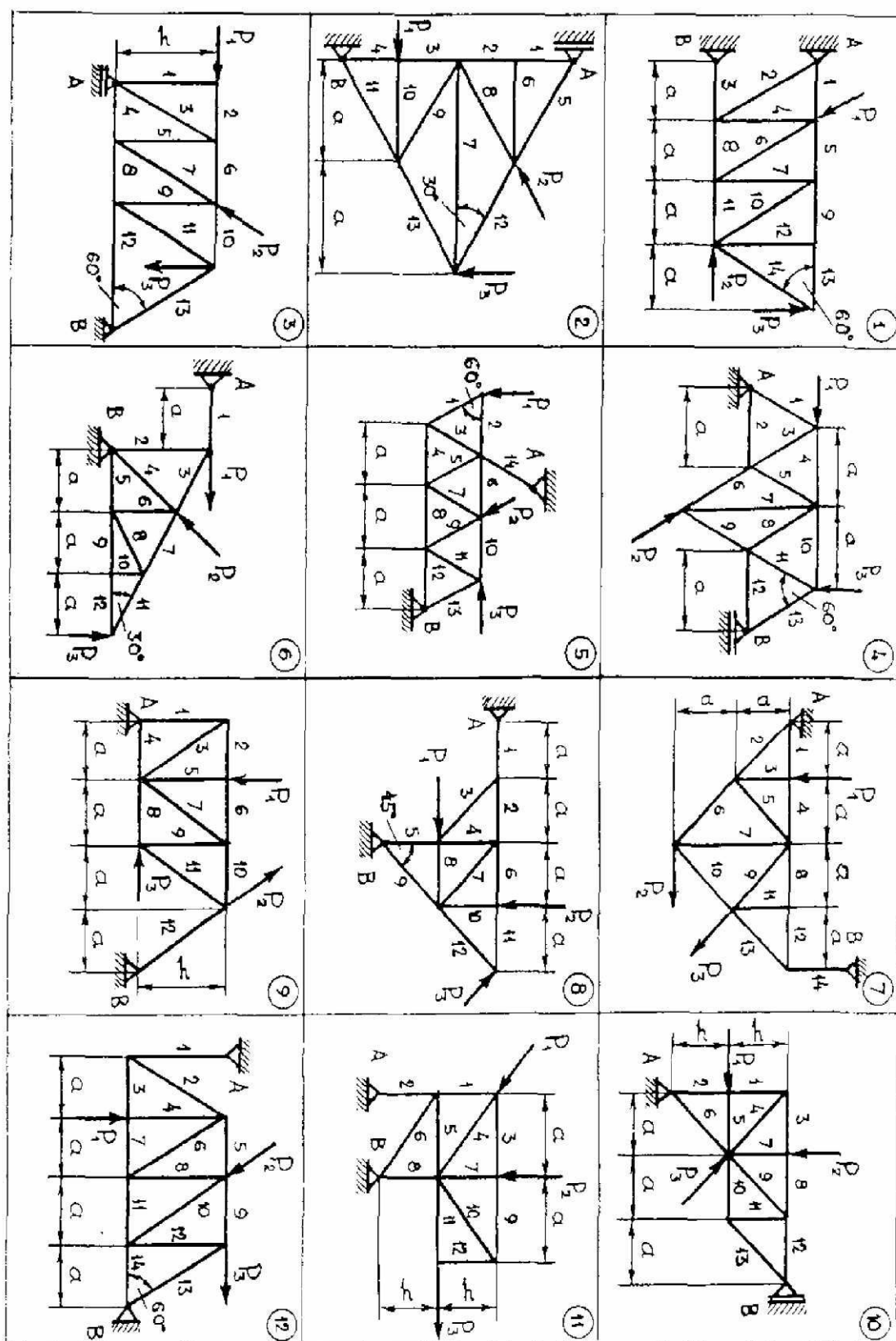


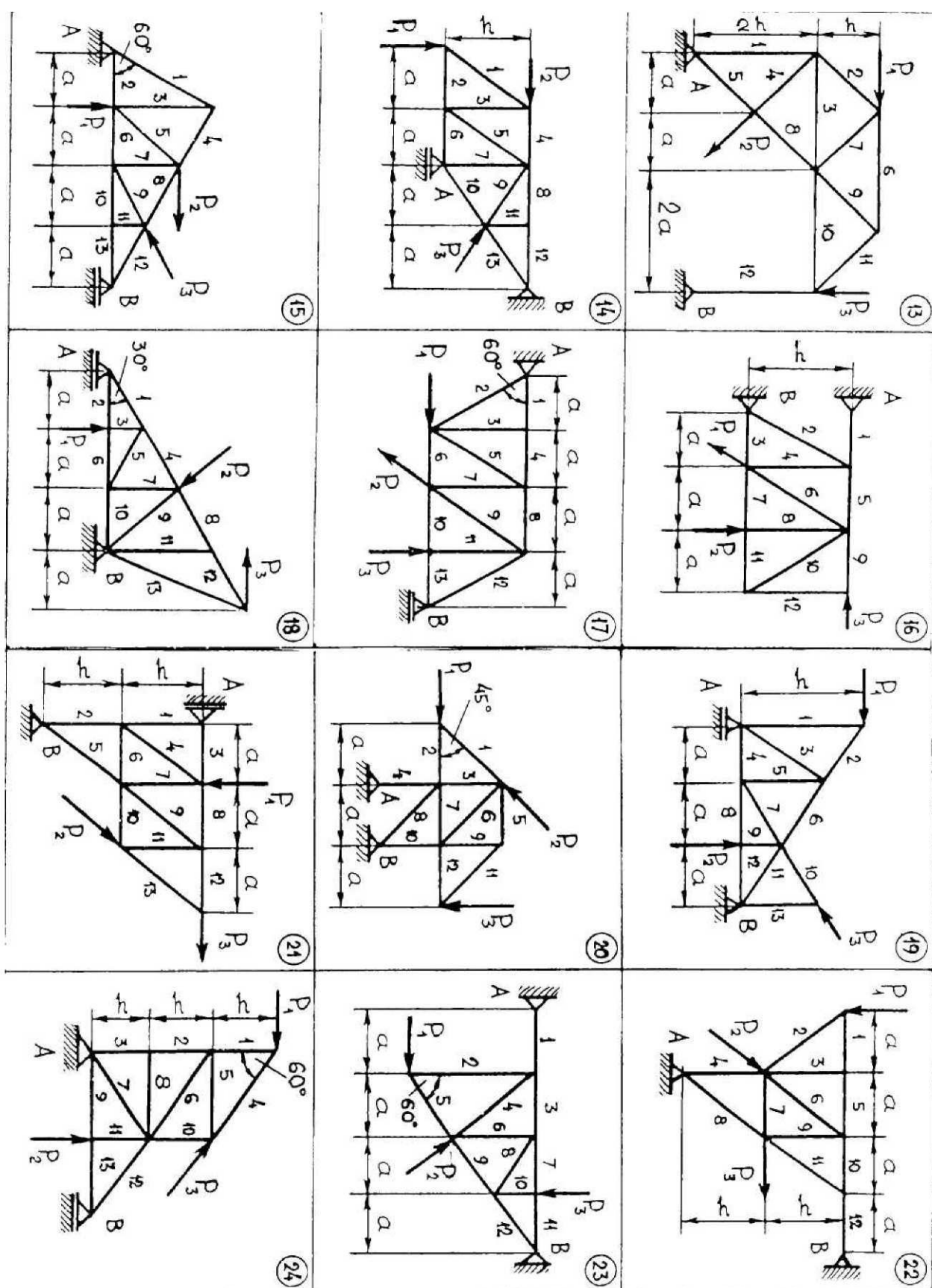
Таблица №1

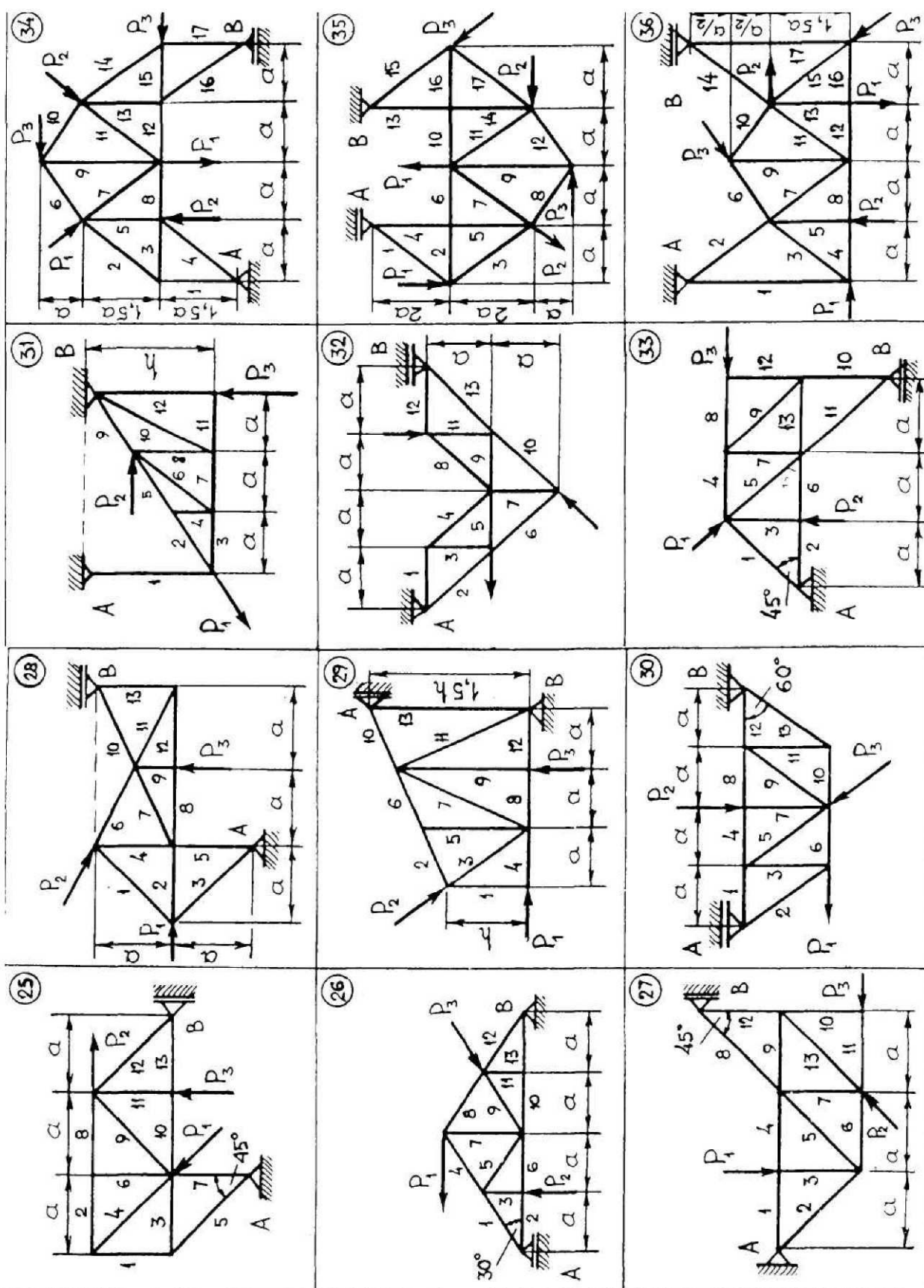
Исходные данные для расчётов

Номер строки	P₁, кН	P₂, кН	P₃, кН	a, м	h, м	Номера стержней
0	8	1	10	2	1,5	1,5,12
1	6	3	8	2,5	1	2,8,11
2	4	5	6	3	5,5	3,5,10
3	2	7	4	3,5	5	1,3,8
4	1	9	2	4	4,5	2,5,10
5	3	10	9	4,5	4	3,8,11
6	5	8	7	5	3,5	1,10,12
7	7	6	5	5,5	3	2,5,11
8	9	4	3	1,5	2	3,11,12
9	10	2	1	1	2,5	1,8,10

Схемы стержневых ферм







ЛИТЕРАТУРА.

1. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. Учебник для техн. ВУЗов. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1989.
2. Писаренко Г. С. и др. Сопротивление материалов. – Киев: Высшая школа, 1963.
3. Степин П.А. Сопротивление материалов. Учебник для немашиностроит. спец. вузов. - 8-е изд. - М.: Высшая школа, 1988.
4. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов. - М.: Высш. школа, 1986.
5. Куприянов Д.Ф., Метальников Г,Ф. Техническая механика. Учебник для немашиностроительных техникумов. - 3-е изд., перераб. - М.: Высшая школа, 1975.
6. Мовдин М.С. и др. Основы технической механики - Л.: Судостроение, 1969.
7. Беляев И.Я. Сборник задач по сопротивлению материалов - 2-е изд. перераб. и доп. - М., Л. Гос. издательство технико-теоретической литературы, 1951.
8. Винокуров А.М. Сборник задач по сопротивлению материалов.- М.; Высшая школа, 1990.
9. Иванов Н.И. Сборник задач по сопротивлению материалов. – М.: Гос. издательство технико-теоретической литературы, 1957.
10. Уманский А.А. Сборник заданий по сопротивлению материалов.- 2-е изд. перераб. и доп. - М.; Наука, 1964,
11. Писаренко Г.С. и др. Справочник по сопротивлению материалов. - 2-е изд. перераб. и доп. - Киев: Наукова думка-, 1988.
12. Акимов-Перетц Д.Д. Расчет тонкостенных сосудов на прочность. Учебно-методическое пособие под ред. доц. Лашенко М.Н. Л.; ЛТИ им. Ленсовета, 1968.
13. Афонин О, Д. Лабораторный практикум "Особенности расчета типовых элементов химического оборудования". Учебное пособие под ред. проф. Мильченко А.М. - Д.; ЛТИ им. Ленсовета, 1983.