**ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАНИЙ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ**

**Расчетно-графическая работа «Статический расчет плоских ферм с применением ПЭВМ (равновесие произвольной плоской системы сил)»**

**Введение**

Расчёт плоской фермы сводится к определению опорных реакций и усилий в её стержнях. Опорные реакции можно найти обычными методами статики из 3-х уравнений равновесия, рассматривая ферму в целом как твёрдое тело.

При определении усилий в стержнях методом вырезания узлов мысленно вырезают узлы фермы, прикладывают к ним соответствующие внешние силы, реакции самих стержней и составляют уравнения равновесия сил, приложенных к каждому узлу: , . Условно предполагают, что все стержни растянуты, т.е. реакции стержней направлены от узлов. Если в результате вычислений получен ответ со знаком минус, то это значит, что соответствующий стержень сжат. Последовательность рассмотрения узлов обычно определяется условием: число неизвестных сил, приложенных к узлу, не должно превышать числа уравнений равновесия, т.е. двух.

Методом Риттера удобно пользоваться для определения усилий в отдельных стержнях фермы, в частности, для проверочных расчётов. Для определения усилия в каком-нибудь стержне ферму рассекают на две части сечением, проходящем через три стержня, в том числе и через тот, в котором определяется усилие. Одну из частей вместе с приложенными к ней силами мысленно отбрасывают, а её действие заменяют соответствующими силами, направляя их вдоль разрезанных стержней в сторону отброшенной части. Затем составляют уравнения моментов сил, действующих на рассматриваемую часть фермы, относительно точки пересечения двух рассечённых стержней, усилия в которых на данном этапе не определяются. Эта точка пересечения называется точкой Риттера. Если точка Риттера находится в бесконечности, т.е. стержни параллельны, то составляют уравнение суммы проекций сил, приложенных к рассматриваемой части фермы, на ось, перпендикулярную этим параллельным стержням.

**Решение типового варианта**

**Дано:** Схема фермы, все действующие нагрузки и размеры показаны на рис. 1п.

*Р*=10 кН, *F*=30 кН.

Определить опорные реакции и усилия в стержнях 1 – 4 методом вырезания узлов, 5 – 7 – методом сквозных сечений.



Рис. 1п

**Решение.** При определении опорных реакций ферма рассматривается как твёрдое тело. Опоры в узлах *А* и *В* мысленно отбрасываются и заменяются соответствующими реакциями: составляющие  в узле *А*,  в узле *В* (рис. 2п).



Рис. 2п

Составляются три уравнения равновесия:







Из первого уравнения *ХА=*5 кН, из третьего кН, из второго  кН; знак «–» показывает, что истинное направление  противоположно изображённому на рис. С2.2.

Проверка:



При определении усилий в стержнях 1 – 4 методом вырезания узлов сначала мысленно вырезается узел *D* (в нём сходятся два стержня, усилия в которых неизвестны), и изображаются все приложенные к нему силы и реакции (рис. 3п).



 Рис. 3п Рис. 4п

По геометрическим размерам фермы (рис. 5п) , следовательно, , . Уравнения равновесия имеют вид

   кН.

   кН.

Затем вырезается узел *А* (рис. 4п), здесь неизвестны усилия ;   

   кН.

   кН.

При определении усилий в стержнях 5 – 7 методом Риттера ферма рассекается по этим трём стержням на две части. Одна из частей вместе с приложенными к ней нагрузками мысленно отбрасывается, а её действие на оставшуюся часть заменяется усилиями , которые направлены вдоль соответствующих стержней в сторону отброшенной части (рис. 5п). Для определения  составляется уравнение моментов от сил, приложенных к оставшейся части фермы, относительно точки пересечения двух остальных разрезанных стержней (точка *L*).

   кН.



Рис. 5п

Для определения  составляется уравнение моментов относительно точки *N*.

   кН.

При определении  составляется уравнение моментов относительно точки *Е*.

   кН.

Результат  согласуется с леммой 2 о нулевых стержнях, что является дополнительной проверкой результатов счёта.

**Ответ**: **** кН;  кН;  кН; *S1 =* 4 кН; *S2 =* –10,77 кН; *S3 =* 13,1 кН; *S4 =* –12,61 кН; *S5 =* 12,19 кН; *S6 =* –23,58 кН; *S7 =* –12,61 кН. Знаки указывают, что сила  направлена противоположно показанному на рис. С2.2, стержни 2,4,6,7 – сжаты, 1,3,5 – растянуты.

**Варианты типовых расчетов**

К заданию даётся 10 рисунков и таблица, содержащая дополнительные к тексту задачи условия. Студент во всех задачах выбирает номер рисунка по последней цифре номера своей зачётной книжки, а номер условия в таблице – по предпоследней.Например, если номер зачётной книжки оканчивается числом 57, то берутся рис.7 и условие №5 из таблицы для каждой из задач. Рисунки даны без соблюдения масштаба, на них все линии, параллельные строкам, считаются горизонтальными, а перпендикулярные строкам – вертикальными.

Задание выполняется на листах формата А4. Вначале выполняется чертёж (можно карандашом) и записывается, что в задаче дано и что требуется определить (текст задачи не переписывается). Чертёж выполняется с учётом условий решаемого варианта задачи и должен быть аккуратным и наглядным;на нём все углы, действующие силы и их расположение на чертеже должны соответствовать этим условиям.

Плоская ферма, расположенная в вертикальной плоскости, закреплена в точках *А* и *В*, причём в одной из них шарнирно-неподвижно, а в другой опирается на подвижный шарнир (рис. 0 – 9). К ферме приложена наклонная сила , для которой модуль и угол  указаны в таблице, горизонтальная сила  и вертикальная ; в расчётах принять *Q* = 5 кН, *Р* = 20 кН, *a*=3 м. Определить опорные реакции в точках *А* и *В*, усилия в стержнях 1, 2, 3, 4 методом вырезания узлов, а в стержнях 5, 6, 7 – методом сквозных сечений (Риттера).

Таблица

Предпоследняя цифра шифра зачётной книжки

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер условия | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| *F*, кН | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|  | 30 | 45 | 60 | 30 | 45 | 60 | 30 | 45 | 60 | 30 |







№ рисунка по последней цифре шифра зачётной книжки

**Инструкция к пользованию программой для расчета фермы на ПЭВМ**

1. В папке «РАСЧЕТ НА ПЭВМ» дважды щелкнуть на «ferm06».
2. В выпавшем окошке с рисунком фермы из 10 панелей ввести данные по своему варианту (для визуального контроля после каждого ввода (или после последнего) щелкнуть мышкой на рисунке):

*число панелей (**) –* для данных ферм равно 4;

*длина панелей (**)* – задаётся одинаковая длина для каждой из панелей фермы;

*ввод высот узлов нижнего пояса (**)* – все значения «0»;

*ввод высот стоек (**)* – задать пять значений высот вертикальных стержней слева направо;

*раскосы* – задать направления наклона раскосов, нажимая на них на рисунке;

*опоры* – задать номер узла, закреплённого шарнирно-неподвижно () и шарнирно-подвижно () (нумерация узлов фермы по нижнему поясу слева направо от 1 до 5, по верхнему поясу слева направо от 6 до 10);

*число нагрузок (Np)* – 3;

*угол В* – в данных вариантах 900 (реакция опорного стержня направлена вертикально);

*нагрузки* – указать номер узла (n), к которому приложена сила, величину силы (Р), и угол с положительным направлением оси *х* (откладывать против часовой стрелки; если брать значение со знаком «-», угол будет отложен по часовой стрелке).

Получить ответ, нажимая на «**Solve**».

1. В файле «FERMA (текстовый документ)» находятся исходные данные для рассчитываемой фермы и результаты счета. Эти данные распечатать и приложить к РГР.
2. В файле «Truss (JPEG – рисунок)» сохраняется рисунок рассчитываемой фермы.

**Примечание**: программу для проверки полученных результатов можно скачать на сайте <http://vuz.exponenta.ru/> **([Download](http://vuz.exponenta.ru/PDF/dnld.html%22%20%5Ct%20%22content%22%20%5Co%20%22%D0%A1%D0%BA%D0%B0%D1%87%D0%B0%D1%82%D1%8C%21) Образование  Расчет плоской статически определимой балочной фермы),** нажав на «[exe, Delphi](http://vuz.exponenta.ru/PDF/book/soprmat/ferm.html)».

Скачанный файл «ferm06» перебросить в память компьютера. При запуске при появлении окошка information «Нет файла tm.kod!» нажать «Ok».

Далее ввод данных аналогично изложенному выше.