

УДК 622. 283. 5

*Литвинский Г.Г., д.т.н., проф., Мартыщенко Р.В., студ. гр. ГС-08, ДонГТУ,  
г. Алчевск, Украина*

## ИССЛЕДОВАНИЯ РЕШЁТЧАТОЙ ЗАТЯЖКИ ДЛЯ РАМНОЙ КРЕПИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

### **Актуальность исследуемой проблемы**

-Затяжка является важным грузонесущим и распределительным элементом шахтных крепей. Ее расход при проведении горных выработок весьма высок (до 500 м<sup>3</sup> на 1 км выработки), стоимость доходит до 40% от стоимости крепи, а на возведение затрачивается 25-30% затрат проходческого труда;

-надежность и безопасность горных выработок во многом предопределяются работоспособностью межрамных ограждений (затяжек);

-в данной работе рассмотрен механизм взаимодействия рамной крепи с породным массивом, приведен расчет несущей способности затяжки.

### **Анализ исследований и публикаций**

Наиболее полная классификация подразделяет ограждения по функциям на несущие, изолирующие и комбинированного назначения. В подготовительных выработках угольных шахт обычно используют несущие конструкции межрамных ограждений - затяжки, которые могут быть жесткими (железобетонные конструкции), полуэластичными (стальные, деревянные, полимерные затяжки) и эластичными (металлическая сетка, рулонная стеклоткань и др.).

### **Недостатки затяжек:**

-Большой расход металла, высокий уровень трудозатрат;

-Поперечные и продольные прутья одинакового диаметра;

-Недостаточная надежность соединения затяжек между собой.

### **Постановка задачи**

*Цель работы* - определение несущей способности решетчатой стальной затяжки, а также возможные варианты скрепления ее между собой. Соединение решетчатых затяжек является их слабым местом, поэтому при монтаже решетчатая затяжка из-за неправильной установки теряет свою несущую способность в 2-3 раза.

*Объект исследования* - решетчатая затяжка для рамной крепи.

*Предмет исследования* - элемент решетчатой затяжки (стренг).

*Задачи:*

- проведение лабораторных испытаний несущей способности элемента затяжки (стренга);

- изучение работы самого слабого элемента решетчатой затяжки – их соединения между собой, выбор и обоснование целесообразного варианта соединения затяжек.

В ходе эксперимента мы использовали прибор ГП-2 (ручной гидравлический пресс) для определения усилия на разрыв испытуемой проволоки, который был протарирован на точность показаний манометра (ошибка не более 5%).

### **Экспериментальные исследования**

Данный эксперимент осуществляется в несколько этапов:

#### **1. Испытание проволоки на разрыв**

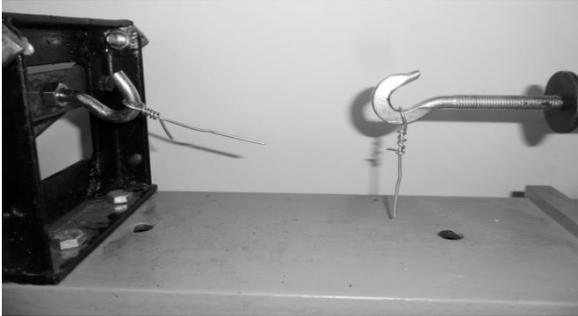
Для проведения этого испытания используются куски проволоки длиной 13-15 см. Проволока закреплялась с помощью петель на крючках, и посредством закручивания рукоятки, соединенной со штоком пресса, происходило ее натяжение вплоть до разрыва. При

этом усилии фиксировалось по манометру и вносилось в журнал проведения эксперимента. Для исключения случайной погрешности измерений эксперимент проводили 10 раз для каждого диаметра проволоки.

### 2. Испытание скрутки проволок с разным числом оборотов на разрыв

Для испытания использовали проволоки длиной 10 см, состоящие из двух равных частей. Один конец проволоки с помощью петель закрепляли на стенде, а второй конец соединяли между собой скручиванием. Количество скруток (витков) варьировалось от 0,5 до 5 витков

а)



б)

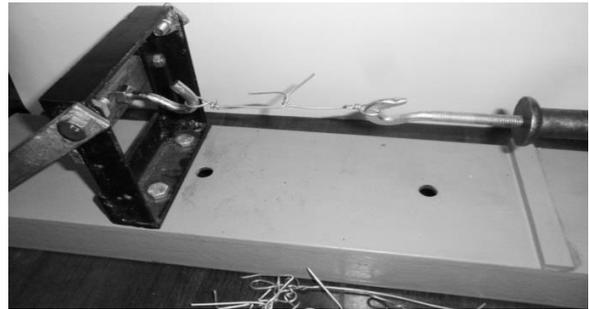


Рисунок 1- испытание проволоки на разрыв (а) и испытание проволоки на разрыв при их скрутке разным числом оборотов (б)

### 3. Испытание проволоки с зацепами при разных углах их загиба $\alpha$

При выполнении данного испытания применялись такие же проволоки  $d_1=0,8\text{мм}$ ;  $d_2=1,4\text{мм}$ ;  $d_3=2,4\text{мм}$ ;  $d_4=1,6\text{мм}$  длиной 10 см.

Заранее были подготовлены проволоки с петлями, с помощью которых их закрепляли на крюках гидроцилиндра лабораторного стенда. Один конец крепили на направляющих крючках, а второй – соединяли между собой под различными углами загиба ( $\alpha=90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $180^\circ$ ).

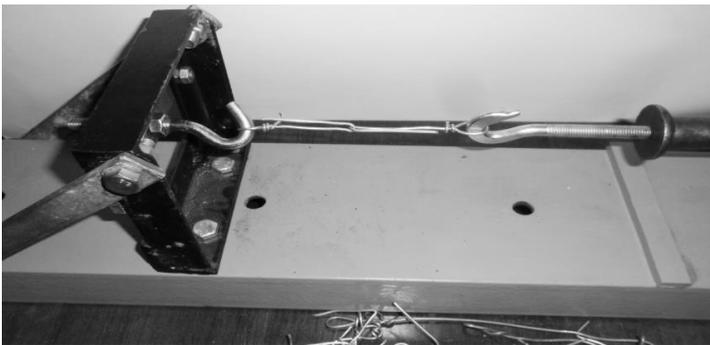


Рисунок 2 - Испытание проволоки при угле поворота зацепа  $\alpha=180^\circ$

На основании экспериментальных данных были построены и исследованы искомые закономерности:

- графики соотношения степени ослабления  $k_z = F/[F]$  соединяемых проволок в зависимости от числа скруток  $n_c$  проволоки разных диаметров (рис.3а);

- графики соотношения степени ослабления  $k_z = F/[F]$  соединяемых проволок в зависимости от относительного угла отгиба зацепа  $\alpha/180$  для проволок разных диаметров (рис.3б).

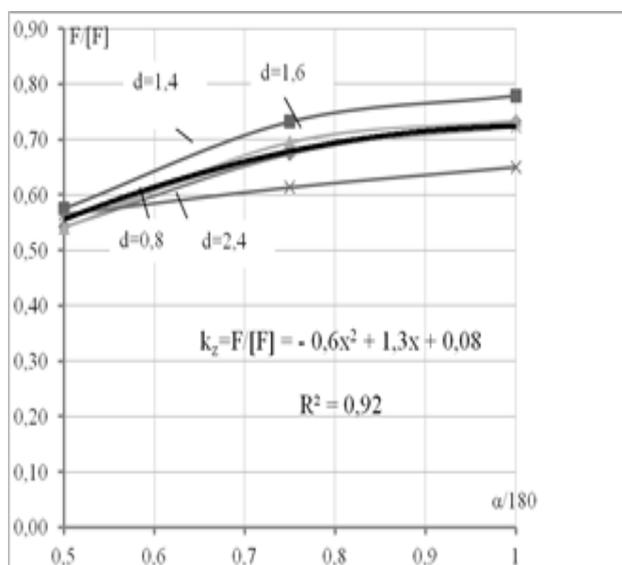
В результате обработки экспериментальных данных мы получили, что степень сохранения несущей способности решетчатых затяжек  $F/[F]$  при их соединении с помощью скруток с разным числом оборотов независимо от диаметра проволоки подчиняется зависимости:

$$k_z = F/[F] = -0,015x^2 + 0,12x + 0,3 \quad (1.1)$$

где  $x = n_c$  – число оборотов проволок в скрутках, от 0,5 до 5.

Достоверность полученной закономерности достаточно высока  $R^2 = 0,94$ .

а)



б)

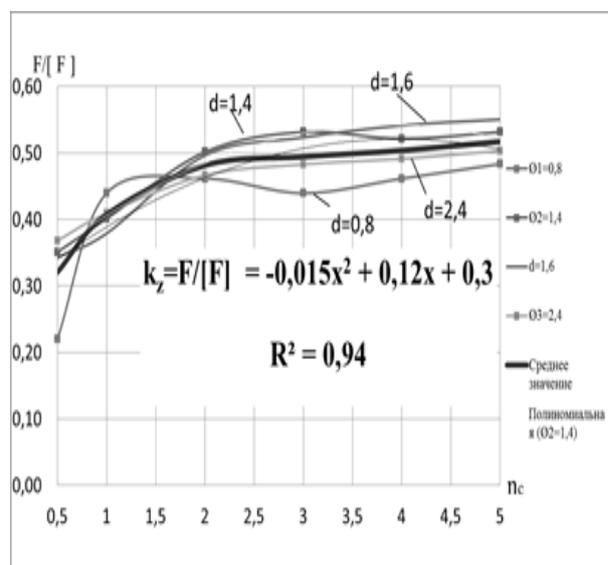


Рисунок 3 – График соотношения  $k_z = F/[F]$  в зависимости от числа скруток  $n_c$  проволоки разных диаметров (а) и график соотношения  $k_z = F/[F]$  в зависимости от относительного угла  $\alpha/180$ (б)

Графики свидетельствуют о том, что, независимо от числа скруток, степень сохранения несущей способности решетчатых затяжек не превышает  $k_z = F/[F] < 0,5$ . Следовательно, можно сделать вывод на основании проведенных экспериментальных исследований, что соединение продольных прутков решетчатой затяжки с помощью скруток неэффективно, поскольку их несущая способность используется не более, чем на половину. Остальной расход металла (более 50%) оказывается потраченным напрасно.

Второй способ соединения продольных прутков решетчатой затяжки с помощью зацепов оказался более эффективным. По мере увеличения угла отгиба зацепа от  $90^\circ$  до  $180^\circ$ , степень сохранения несущей способности решетчатых затяжек доходит до  $k_z = F/[F] < 0,7$  на каждую продольную проволоку. Закономерность выражается формулой, полученной в результате обработки всех экспериментальных данных для 3 дискретных относительных углов загиба 0,5; 0,75; 1:

$$k_z = F/[F] = -0,6x^2 + 1,3x + 0,08 \quad (1.2)$$

где  $x = \alpha / 180^\circ$  – относительный угол загиба зацепа,  $0,5 < \alpha / 180 < 1$ .

Тем не менее, при таком соединении продольных прутков решетчатой затяжки сохраняется не более чем 70-80% ее несущей способности. Поэтому надо разработать усиление узла стыка затяжек.

Рассмотрев расчётную схему работы зацепа в затяжке, мы произвели некоторые математические операции и в конечном итоге получили формулу:

$$k_z = \frac{F}{[F]} = \frac{0,4}{1-f} \quad (1.3)$$

где  $[F]$ – разрывное усилие проволоки.

Таким образом, получили теоретическую зависимость для оценки несущей способности зацепа относительно разрывного усилия проволоки в решетчатой затяжке. Оказалось, как это и подтверждается экспериментом, полученное соотношение не зависит от диаметра и материала проволоки, а только от коэффициента трения металла по металлу  $f = 0,5$  и от угла зацепа  $90 < \alpha < 180^0$

Следовательно окончательная формула имеет вид:

$$k_z = \frac{F}{[F]} = \frac{0,4}{1-f \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \quad (1.4)$$

Максимальное значение несущей способности зацепа с учетом значения коэффициента трения металла по металлу  $f = 0,5$  будет, согласно формулы (1.4) после подстановки значения  $\alpha = 180^0$ , равно:

$$k_z = \frac{0,4}{1-0,5 \cdot \sin\left(\frac{180}{2}\right)} = \frac{0,4}{0,5} = 0,8 \quad (1.5)$$

Это значение близко совпадает с экспериментальными данными. При  $\alpha = 90^0$ , когда зацеп имеет прямой угол, его несущая способность относительно прочности проволоки на разрыв будет минимальна и составляет  $k_z = 0,55$ , что также совпадает с экспериментальными данными.

### ВЫВОДЫ

В ходе эксперимента был проведен ряд лабораторных испытаний шахтной решетчатой затяжки. Главным недостатком существующих затяжек является соединение их между собой. Исходя из полученных данных и построенных графиков можно сделать вывод, что несущая способность затяжек в месте их соединения на 30-40% ниже несущей способности самой затяжки. Экспериментальные данные хорошо подтверждаются теоретической формулой (1.4), полученной из аналитических исследований.

*В результате проведенных исследований было установлено:*

- 1) решетчатая затяжка не является равнопрочной конструкцией, что приводит к неоправданному перерасходу материала на 30-40%;
- 2) потеря несущей способности затяжки в некоторых случаях достигает до 50%;
- 3) коэффициент потери несущей способности зацепов на стыках затяжек  $k_z$  не зависит от диаметра и материала проволоки, а только от приведенного коэффициента трения  $f$  и от угла зацепа  $90 < \alpha < 180^0$
- 4) для решетчатых затяжек необходима разработка новых узлов стыковых соединений.