

**ГРИГОРОВИЧ А.М., ГРИНЕВА Т.И.**

**Исследование аспектов безопасности применения техники веревочной страховки в практике лыжного туризма**

**Аннотация.** В статье представлены вопросы повышения уровня безопасности спортсменов занимающихся лыжным туризмом при прохождении препятствий требующих применения техники веревочной страховки

**Ключевые слова:** лыжный туризм; техника веревочной страховки; безопасность.

**Постановка проблемы.** В практике лыжного туризма широкое место занимают спортивные походы различных категорий сложности, совершаемые в горных районах. Лыжные спортивные походы могут совершаться как в районах Карпат, Уральских гор и района Кольского полуострова, традиционно относящихся к районам среднегорья, так и в районах, относящихся к высокогорным районам, например, активно посещаемые районы горного Алтая.

Отличительной особенностью таких походов является длительное холодное воздействие на спортсмена, что несомненно приводит к дополнительным энергозатратам, и как следствие повышенной утомляемости спортсменов. Необходимость в изоляции от холодного воздействия вынуждает спортсменов носить многослойную теплую одежду, что несомненно снижает возможность выполнения спортсменом технических действий требующих повышенной ловкости и концентрации. Еще одним фактором характеризующим лыжный туризм является его сезонность. В отличие от горных и пешеходных походов, совершаемых в этих районах, но в теплое время года, спортивные маршруты лыжного туризма совершаются в холодное время года, что связано с необходимостью наличия снежного покрова в районе прохождения маршрута, и делает затруднительной работу руками без теплых перчаток.

Прохождение маршрута зимнего спортивного похода по горному району, особенно спортивных походов высоких категорий сложности подразумевает применение техники страховки и в случае необходимости проведения спасательных работ силами группы широко используемой при прохождении горных и альпинистских маршрутов.

Перечислим факторы затрудняющие работу спортсмена участника лыжного похода применяющего страховочную технику прохождения горного препятствия, по сравнению со спортсменами, совершающими горный или пешеходный поход на аналогичном рельефе:

- меньший практический опыт работы требующей применения веревочного страховочного снаряжения;
- затрудненность работы незащищенными руками ввиду холодового воздействия низких температур обусловленными сроками проведения лыжного спортивного похода;
- наличие значительного слоя объемной теплоизолирующей одежды сковывающей движения, что приводит к неудобству в работе и необходимости большей концентрации внимания и усилий (по сравнению с теплым временем года), что в конечном итоге приведет к быстрой утомляемости спортсмена;
- как правило, более протяженный участок, требующий применения веревочной страховочной техники, обусловленный значительным снежным покровом с одновременным повышением риска срыва ввиду неустойчивости и скользкости снежного или ледового покрова

Вышеперечисленные факторы формируют общую картину особенностей применения веревочной страховочной техники в условиях лыжного похода в горном районе.

**Задача исследования.** В процессе подготовки рекомендаций, направленных на повышение безопасности прохождения маршрута в условиях зимнего спортивного похода следует определить граничные условия, диктуемые соображениями безаварийности работы при использовании техники

веревочной страховки, и необходимые условия, обеспечивающие безопасность выполнения технического приема.

**Результаты исследований.** В качестве основной расчетной формулы, при определении усилий возникающих в системах подобных спуску по закрепленной веревке с помощью фрикционно-спускового устройства применяется следующая формула [1]:

$$F = f \mu^{\Theta} \quad (1)$$

Где:  $F$  – вес спускающегося спортсмена,  $f$  - тормозное усилие, приходящееся на регулируемую руку,  $\mu$  – коэффициент трения пары веревка – фрикционное спусковое устройство (ФСУ),  $\Theta$  – суммарный угол охвата веревкой спускового устройства (в радианах. 1 рад = 57,3 градуса)

Для успешного применения данной расчетной формулы, необходимо определить коэффициент трения ( $\mu$ ) в паре веревка – фрикционно-спусковое устройство, граничное усилие, приходящееся на руку спортсмена позволяющее прекратить проскальзывание веревки в системе ( $f$ ), и как основной параметр допускающий варьирование в широких пределах необходимый суммарный угол охвата веревкой опоры ( $\Theta$ ).

В соответствии с требованиями ДСТУ EN 341:2006 Индивидуальное снаряжение для защиты от падения с высоты. Устройства для спуска (EN 341:1992, IDT) [2] максимальная нагрузка, необходимая для удержания массы, закрепленной на конце троса, выходящего из устройства, обеспечивающего спуск, должна быть на более 120 Н. Применительно к условиям рассматриваемой задачи это можно трактовать как ограничение усилия, приходящегося на регулируемую руку в 12 кг.

Определение фактического коэффициента трения применяемой при решении подобных задач альпинистской веревки представляет собой отдельную сложную задачу. В работе [3] приводятся следующие числовые значения данного параметра, которые можно взять в качестве основы для дальнейшего исследования (таблица 1):

**Коеффіцієнти трення спасательной веревки по стальному карабину**

| Вид веревки         | Коеффіцієнт трення |
|---------------------|--------------------|
| Синтетическая сухая | 0,08               |
| Пеньковая сухая     | 0,12               |

Однако на практике коэффициент сцепления может изменяться в достаточно широких пределах в силу того, что применяемая веревка может быть сухой, мокрой, загрязненной или обледенелой (что наиболее характерно для условий лыжного туризма). Значительное влияние на коэффициент трения веревки в ФСУ оказывает конкретный тип применяемого спускового устройства.

К примеру, в спусковых устройствах типа «восьмерка» значительное влияние на суммарный коэффициент трения оказывают геометрические размеры спускового устройства (возможно дополнительное трение веревки об веревку), в несколько меньшей степени коэффициент трения зависит от материала, из которого изготовлено ФСУ (сталь или алюминиевые сплавы), свое влияние оказывает степень изношенности как применяемой веревки, так и спускового устройства и т.д.

Отдельно следует рассматривать коэффициент трения в спусковых устройствах с подвижной поперечиной (типа «решетка», «карабинный блок-тормоз») в которых добавляется значительные усилия сдавливания веревки переключением, что значительно увеличивает суммарный коэффициент трения в применяемой спусковой системе

Физическое моделирование процесса спуска в различных условиях проводимое в рамках исследований данной задачи показало, что реальное значение коэффициента трения варьируется от  $\mu=0,06$  до  $\mu=0,3$ .

Определим средний условный вес спортсмена, осуществляющего спуск по веревке с помощью ФСУ:

- В случае спуска без рюкзака (с учетом значительного веса теплой одежды, надетой на спортсмена) в 80 кг.

- Вес спортсмена, осуществляющего спуск с рюкзаком в 110 кг (80 кг вес спортсмена в одежде + 30 кг вес рюкзака).
- Суммарный вес пострадавшего с сопровождающим в 160 кг (80 кг + 80 кг).

Имея все необходимые расчетные данные можно производить дальнейшие вычисления.

Для точного определения суммарного угла охвата веревкой ФСУ для остановки спуска преобразуем формулу (1) в формулу вида :

$$\Theta = \frac{1}{\mu} \ln \frac{F}{f} \quad (2)$$

Где:  $F$  – вес спускающегося спортсмена,  $f$  - тормозное усилие, приходящееся на регулируемую руку,  $\mu$  – коэффициент трения пары веревка – фрикционное спусковое устройство (ФСУ),  $\Theta$  – суммарный угол охвата веревкой спускового устройства (в радианах. 1 рад = 57,3 градуса)

Анализ формулы (1) наглядно показывает, что единственная переменная, которой спортсмен может варьировать во время спуска — это суммарный угол охвата веревкой фрикционно-тормозного устройства. Поскольку в данном расчетном случае все остальные факторы являются либо константой (сила трения пары веревка – ФСУ ( $\mu$ ), вес спортсмена ( $F$ )), либо граничное усилие, приходящееся на тормозящую руку участника, осуществляющего спуск по веревке( $f$ ) ограничено соответствующим нормативным документом [3], коэффициент трения остаётся постоянным для выбранной пары веревка-ФСУ.

Определим технические условия применения стандартного ФСУ типа «восьмерка» обеспечивающие максимальную безопасность в рассматриваемых условиях.

В практике соревнований, а также походной практике горного и пешеходного туризма, с целью убыстрения и облегчения спуска широко применяется заправка веревки в спусковое устройство без охватывания веревкой шейки ФСУ «по-спортивному» и регулирующая рука находится выше ФСУ. Суммарный угол охвата в данном варианте использования составляет в

зависимости от геометрических размеров ФСУ примерно 360 градусов (6,28 радиан). Применяя способ заправки веревки в спусковое устройство с захватом шейки ФСУ «по-стандартному» при аналогичном положении регулирующей руки получаем суммарный угол изгиба веревки в 540 градусов (9,42 радиан). Рассмотрим варианты заправки веревки ФСУ «по-спортивному» и «по-стандартному» при котором рука, контролирующая веревку, находится ниже ФСУ. Получаемые суммарные углы изгиба веревки составляют 540 градусов (вариант спуска «по-спортивному») и 720 градусов (12,56 радиан) при варианте спуска «по-стандартному».

Определив необходимые расчётные данные, применим формулу (1) при следующих расчетных условиях:

- усилие  $f = 12$  кг;
- коэффициент  $\mu = 0,1$ ;  $\mu = 0,15$ ;  $\mu = 0,2$ ;  $\mu = 0,25$ ;
- угол охвата  $\Theta = 6,28$  рад;  $\Theta = 9,42$  рад;  $\Theta = 12,56$  рад;

Полученные расчетные значения представим в таблице 2.

*Таблица 2*

**Расчетные теоретические значения парирования веса спускающегося при различных условиях применения ФСУ**

| Коэффициент трения пары «веревка – ФСУ» |              |             |              | Угол охвата веревкой ФСУ |
|---|--------------|-------------|--------------|--------------------------|
| $\mu = 0,1$                             | $\mu = 0,15$ | $\mu = 0,2$ | $\mu = 0,25$ |                          |
| 22,44 кг                                | 30,69 кг     | 41,97 кг    | 57,47 кг     | $\Theta = 6,28$ рад      |
| 30,69 кг                                | 49,08 кг     | 78,51 кг    | 125,55 кг    | $\Theta = 9,42$ рад      |
| 41,97 кг                                | 78,51 кг     | 146,82 кг   | 247,60 кг    | $\Theta = 12,56$ рад     |

Для получения точных значений необходимого суммарного угла охвата веревкой ФСУ применим формулу (2) при следующих расчетных условиях:

- усилие  $f = 12$  кг;
- коэффициент  $\mu = 0,1$ ;  $\mu = 0,15$ ;  $\mu = 0,2$ ;  $\mu = 0,25$ ;
- вес спускающегося спортсмена  $F = 80$ кг;  $F = 110$ кг;  $F = 160$ кг;

Полученные расчетные значения представим в таблице 3. Для удобства восприятия переведем полученные числовые значения угла охвата из радианной меры в градусы.

Таблица 3

**Расчетные значения необходимого суммарного угла охвата веревкой ФСУ при спуске при ограничении нагрузки на регулируемую руку спускающегося спортсмена**

| Коэффициент трения пары «веревка – ФСУ» |              |             |              | Вес спускающегося |
|---|--------------|-------------|--------------|-------------------|
| $\mu = 0,1$                             | $\mu = 0,15$ | $\mu = 0,2$ | $\mu = 0,25$ |                   |
| 1087                                    | 724          | 543         | 434          | 80 кг             |
| 1270                                    | 845          | 634         | 507          | 110 кг            |
| 1484                                    | 1002         | 742         | 594          | 160 кг            |

**Выводы.** Анализируя полученные данные, приведённые в таблице 2 и таблице 3, можно сделать ряд выводов:

- анализ расчетной формулы (1) показывает, что на достижение необходимого результата в одинаковой мере оказывают влияние два наиболее значимых параметра: коэффициент трения пары веревка – ФСУ( $\mu$ ), и суммарный угол охвата веревкой ФСУ ( $\Theta$ )
- коэффициент трения в условиях моделируемой задачи остается постоянным, в связи с чем единственным значимым фактором обуславливающим безопасность выполнения исследуемой проблемы является суммарный угол охвата веревкой фрикционно-спускового устройства ( $\Theta$ );
- способ запасовки веревки «по-стандартному» обеспечивает применение меньших усилий на регулируемую руку по сравнению с запасовкой веревки в ФСУ «по-спортивному»;
- положение регулирующей руки ниже ФСУ также обеспечивает большее тормозное усилие по сравнению со способом спуска с расположением регулирующей руки выше ФСУ;

На основании полученных выводов можно сформулировать ряд рекомендаций, направленных на повышение безопасности прохождения

технических препятствий требующих применения техники веревочной страховки, связанных с уменьшением уровня необходимых физических усилий со стороны спускающегося:

- в любых условиях спуска предпочтительнее использовать способ запасовки веревки в ФСУ с захватом шейки спускового устройства «по-стандартному»;
- в случае осуществления спуска с рюкзаком необходимо использовать способ запасовки ФСУ «по-стандартному» с обязательным расположением регулирующей руки ниже ФСУ;
- в случае необходимости осуществления спуска с пострадавшим последняя рекомендация должна носить императивный характер, и неукоснительно выполняться.

**Перспективы дальнейших исследований.** Принимая во внимание специфику подготовки спортсменов занимающихся лыжным туризмом, и уровень теоретической подготовки и практической наработки техник веревочной страховки, по сравнению со спортсменами, занимающимися горным и пешеходным туризмом, а также условий выполнения страховки (низкие температуры), рекомендации по применению более сложных страховочных техник (например, техника страховки через карабинный «блок-тормоз» и т.п.) нам представляются сомнительными.

Перспективным путем дальнейших исследований представляется более точное определение фактического коэффициента трения ( $\mu$ ) в реальных условиях применения ФСУ, что позволит уточнить граничные условия применения ФСУ различных конструкций, для более полной и точной оценки реальных усилий возникающих в процессе использования ФСУ различных типов.

В случае успешного выполнения данных исследований, и получения всего комплекса необходимых данных возможна выработка более точных и конкретных рекомендаций направленных на повышение уровня безопасности

при совершении лыжных спортивных маршрутов совершаемых горных районах.

**Список использованной литературы.**

1. Механика в техническом университете. Том 1. В. И. Дронт, В. В. Дубинин, М. М. Ильин и др.; Под общ. ред. К. С. Колесникова «Курс теоретической механики: Учебник для вузов» Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005 год, 736 стр.

2. Харисов Г. Х., Калайдов А. Н., Неровных А. Н., Фирсов А. В. Сборник заданий для практических занятий по дисциплине «Организация и ведение аварийно-спасательных работ»: Учеб. -метод. пособие. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. - 51 с.

3. ДСТУ EN 341:2006 Индивидуальное снаряжение для защиты от падения с высоты. Устройства для спуска (EN 341:1992, IDT)

**Сведения про авторов:**

Григорович Антон Михайлович – старший преподаватель кафедры автомобилей и транспортной инфраструктуры, Национальный аэрокосмический университет «Харьковский авиационный институт» им. Н.Е. Жуковского (г. Харьков).

Гринева Татьяна Ивановна – кандидат наук по физическому воспитанию и спорту, доцент кафедры зимних видов спорта, велоспорта и туризма, Харьковская государственная академия физической культуры (г. Харьков).