

**МАТЕРІАЛИ  
ДРУКУЮТЬСЯ  
УКРАЇНСЬКОЮ,  
РОСІЙСЬКОЮ,  
ПОЛЬСЬКОЮ,  
НІМЕЦЬКОЮ  
ТА  
АНГЛІЙСЬКОЮ  
МОВАМИ**

**ЗБІРНИК  
НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

**ПОЖЕЖНА  
БЕЗПЕКА**

ЛДУ БЖД, УкрНДІПБ  
МНС України

**№ 16, 2010**

**заснований у 2002  
році**

**РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

|                      |   |
|----------------------|---|
| канд. техн. наук     | <b>Ковалишин В.В.</b> – головний редактор           |
| канд. техн. наук     | <b>Антонов А.В.</b> – заступник головного редактора |
| д-р техн. наук       | <b>Семерак М.М.</b> – науковий редактор             |
| канд. фіз.-мат. наук | <b>Кузик А.Д.</b> – заступник наукового редактора   |
| д-р техн. наук       | <b>Гудим В.І.</b>                                   |
| д-р техн. наук       | <b>Гуліда Е.М.</b>                                  |
| д-р техн. наук       | <b>Гивлюд М.М.</b>                                  |
| д-р пед. наук        | <b>Жартовський В.М.</b>                             |
| канд. пед. наук      | <b>Козяр М.М.</b>                                   |
| д-р хім. наук        | <b>Коваль М.С.</b>                                  |
| д-р техн. наук       | <b>Михалічко Б.М.</b>                               |
| канд. техн. наук     | <b>Мичко А.А.</b>                                   |
| д-р техн. наук       | <b>Откідач М.Я.</b>                                 |
| д-р техн. наук       | <b>Пашковський П.С.</b>                             |
| д-р техн. наук       | <b>Рак Ю.П.</b>                                     |

|                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| д-р хім. наук      | <b>Сидорчук О.В.</b> |
| д-р фіз.-мат. наук | <b>Сушко В.О.</b>    |
| д-р фіз.-мат. наук | <b>Гацій Р.М.</b>    |
| канд. техн. наук   | <b>Юзевич В.М.</b>   |
|                    | <b>Юзьків Т.Б.</b>   |

**ISSN 2078-6662**

**ЗАСНОВНИК ТА ВИКОНАВЕЦЬ** Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (ЛДУ БЖД),

УкрНДІПБ МНС України

**ЗАРЕЄСТРОВАНО** Міністерством юстиції України 26. 06. 2008 р. Серія КВ №14342-3313ПР

**ВКЛЮЧЕНО ВАК ДО ПЕРЕЛІКУ ФАХОВИХ ВИДАНЬ В ГАЛУЗІ ТЕХНІЧНИХ НАУК,**

в яких можуть публікуватись результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора

і кандидата наук (*Постанова ВАК від 12 червня 2002 року № 1-05/6*)

**поштовий індекс** 94657

**РЕКОМЕНДОВАНО ДО ВИДАННЯ** рішенням Вченої ради ЛДУ БЖД (*Протокол № 5 від 6. 05. 2010 р.*)

**Літературний редактор** Падик Г.М.

**Редактор англійської мови** Іванів О.В.

**Технічний редактор** Сорочич М.П.

**Комп'ютерна верстка та відповідальний за друк** Хлевой О.В.

**АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:** ЛДУ БЖД, вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007

**Контактні телефони:** (032) 233-24-79, 233-14-97, тел/факс 233-00-88

**E-mail:** mail@ubgd.lviv.ua, ndr@ubgd.lviv.ua

Інформуємо Вас, що збірник наукових праць „Пожежна безпека” з 2006 року став передплатним виданням. Його поштовий індекс 94657, ціна одного примірника 62,58 грн; річна передплата – 125,16 грн.

„Пожежна безпека” видається з 2002 року у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності двічі на рік. Збірник внесено ВАК до переліку фахових видань у галузі технічних наук. У ньому публікуються статті, які є актуальними для працівників МНС і

стосуються безпеки життєдіяльності людини.

Передплатити названий збірник можна у будь-якому поштовому відділенні України.

З повагою

проректор з науково-дослідної роботи  
полковник служби цивільного захисту

**В.В. Ковалишин**

Здано в набір 4. 06. 2010. Підписано до друку 14. 06. 2010.

Формат 60x841/3. Папір офсетний. Ум. друк. арк. 13.

Гарнітура Times New Roman. Друк на різнографі.

Наклад: 200.

**Друк:** ЛДУ БЖД

вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007.

*А.М. Ковальчук, канд. наук з фіз. вих. і спорту, доцент, А.М. Петренко, Л.А. Кавецький  
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

## ОСОБЛИВОСТІ ДИНАМІЧНОГО СТРАХУВАННЯ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ

У статті подано призначення страховки, її види та специфічні властивості. Описано та графічно зображено поведінку мотузки при динамічних навантаженнях, які виникають внаслідок падіння рятувальника (потерпілого). Зокрема, розглянуто ланцюг страховки з єдиною проміжною точкою і з пристроєм гальмування, встановленими безпосередньо на один з гаків станції. Процес затримання умовно розділений на дві фази. Проведено аналіз довжини протравлення мотузки через гальмівний пристрій. Визначено чинники, які впливають на ефективність функціонування динамічної страховки.

*Ключові слова:* динамічна страховка, рятувальна мотузка, гальмівний пристрій, процес затримання, інерційна фаза, фаза протравлення, інерція тіла, пік навантаження, коефіцієнт гальмування.

Аварійно-рятувальні роботи, як правило, ведуться в обмежених і небезпечних умовах за відсутності джерела енергії. Тому для успішного виконання цих робіт необхідні такі інструменти і спорядження, які прості за конструкцією, надійні в роботі, багатофункціональні і при цьому не залежать від джерела енергії [1,4]. До їх числа належать спускові пристрої і рятувальна мотузка.

При виконанні рятувальних робіт на висоті основним небезпечним чинником є можливість падіння рятувальника (потерпілого). Безпечне виконання таких робіт значною мірою забезпечується вмілим використанням методів страховки.

Страховка – це комплекс колективних та індивідуальних дій рятувальників, спрямованих на забезпечення максимальної безпеки під час виконання робіт на висоті за допомогою: технічних прийомів, спеціальних пристроїв та страхувальних засобів. Принцип роботи страховки полягає у гасінні кінетичної енергії падаючого тіла завдяки тертю при протравленні мотузки через руки страхувальника, спеціальні гальмівні пристрої, поверхні будівель та споруд.

Розрізняють два види страховки: статичну та динамічну. Статична страховка – це така страховка, коли мотузка (в момент страхування при зриві) практично не ковзає і є заблокованою страхувальником. Довжина гальмування падаючого тіла при цьому дуже коротка і дорівнює моментному видовженню мотузки під дією динамічного удару. При статичних способах страховки в момент зриву елементи страхувального ланцюга зафіксовані, їх провисання відсутнє.

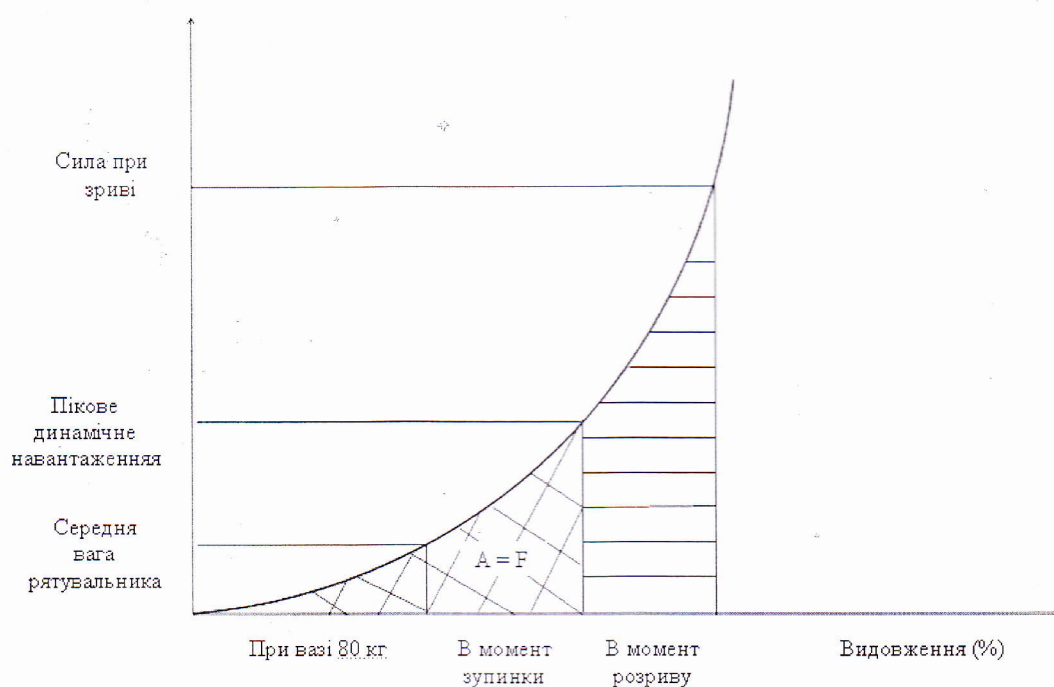
Динамічна страховка – це достатньо складний технічний прийом, що дозволяє при зриві рятувальника (потерпілого) зменшити дію цього ривка на мотузку та на всі елементи страхувального ланцюга, тим самим уникнути небезпечних наслідків падіння. Цей вид страховки полягає у м'якому гальмуванні падаючого тіла методом контрольованого протравлення певної довжини мотузки зі зростаючим поступовим блокуванням, аж до повного затримання. Динамічна страховка рятувальника (потерпілого) здійснюється за допомогою страхувальної мотузки за участю другого страхуючого рятувальника (при цьому обов'язковим є наявність гальмівного пристрою, через який пропущена страхувальна мотузка). При такій страховці енергія ривка гаситься гальмуванням завдяки регульованому (обмеженому) протравленню страхувальної мотузки через гальмівний (спусковий) пристрій страхуючим рятувальником. Динамічна страховка за своєю специфікою може бути верхньою знизу, верхньою зверху та нижньою.

Виконуючи рятувальні роботи рятувальник використовує різні способи переміщення по конструкціях та спорудах. При будь-якому способі підйому на споруду або спуску з неї, він

зобов'язаний застосувати один з двох видів страховки: індивідуальну страховку (самостраховку) або колективну страховку, яка забезпечується іншим рятувальником. Два види страховки можуть використовуватись як окремо, так і разом залежно від складності виконання роботи.

При падінні рятувальника (потерпілого), як і при спуску чи підйомі, статичні чи, відповідно, динамічні навантаження, які при цьому виникають, передаються кожній ланці, включеній у страховальний ланцюг в даний момент. З усіх елементів страховального ланцюга саме мотузка має найбільш змінні характеристики і специфічно поводить себе при динамічних навантаженнях [3,5].

На початку вільного падіння енергія тіла дорівнює  $GH$ . Щоб зупинити падіння, мотузка повинна виконати визначену роботу деформації  $A$ , що дорівнює енергії падіння  $E$ , тобто  $A=E$ . Це можна проілюструвати графіком, який показує подовження мотузки при визначеній силі (рис.1).



*Рис. 1. Видовження мотузки при визначеній силі*

Для забезпечення безпеки рятувальника, що піднімається (спускається) другим рятувальником – страховальником, обирається незалежна опора, до якої кріпиться гальмівна система (спусковий пристрій або вузол „UIAA”). Страховальна мотузка заправляється в налаштовану гальмівну систему. Один кінець страховальної мотузки кріпиться за допомогою вузла («провідник» або «вісімка») через карабін до страховальної системи, а другий – за опору (опори) і тримається страховальником у руках.

Для простоти, розглянемо ланцюг страховки з єдиною проміжною точкою і з пристроєм гальмування, встановленими безпосередньо на один з гаків станції. Ми обрали цю спрощену конфігурацію з метою показу основних аспектів динамічної страховки, без впливу побічних ефектів перевертання станції і підйому тіла страховальника. В динамічній страховці, для того щоб зупинити падіння, необхідно прикласти зусилля зі сторони страховальника (утримувати мотузку руками). Також сила ривка може бути зменшена завдяки протравленню мотузки через гальмівні страховальні пристрої. Процес затримання ми умовно розділили на дві фази.

Перша фаза. У цій фазі, яку ми назвали інерційною, гальмування відбувається при протравленні мотузки через страхувальний пристрій зі швидкістю падаючого тіла, яка є пропорційною до висоти падіння. Рука страхувальника, який тримає мотузку, набуває різкого прискорення, яке вплинувши на плече та частину тіла, викликає силу гальмування, що залежить від інерції тіла. Слід зазначити, що значну роль в цій фазі відіграє еластичність мотузки. Сила, що виникає збільшується спочатку в пристрої гальмування, який поводить себе як мультиплікатор сил, потім у карабіні точки страховки. Ця сила, збільшена вище описаними ефектами, через страхувальну мотузку діє на тіло, яке зірвалося, сповільнюючи падіння. Протягом цієї фази частина маси тіла страхувальника розпочинає рух, набуває прискорення і часто відбувається так, що вона рухається з тією ж або навіть з дещо більшою швидкістю, аніж швидкість падіння тіла, яке зірвалося.

Отже в цій фазі, важливішим є не спосіб страховки, а інерційні властивості руки страхувальника (пропорційні до залученої в рух маси) і ефективність гальма. Максимальна сила затримання мотузки рукою страхувальника становить 15-30 даН (декаНьютон – одиниця сили в міжнародній системі СІ, практично еквівалентний кілограму.  $1\text{ кг} = 9,81\text{ Н} = 0,981\text{ даН}$ ), а маса залучена в рух, приблизно 2-3 кг. Тривалість інерційної фази 0,2-0,3 сек. Навантаження на ланцюг страховки залежить також від швидкості реакції і початкової жорсткості м'язів руки страхувальника.

Друга фаза. Ми назвали її – фаза протравлення. Зі сторони, видно, що в цій фазі частини тіла здійснюють лише незначні переміщення. У цій фазі страхувальник утримує мотузку заблокованою в пристрої гальмування, або контролює її протравлення, прикладаючи до неї частину власної ваги.

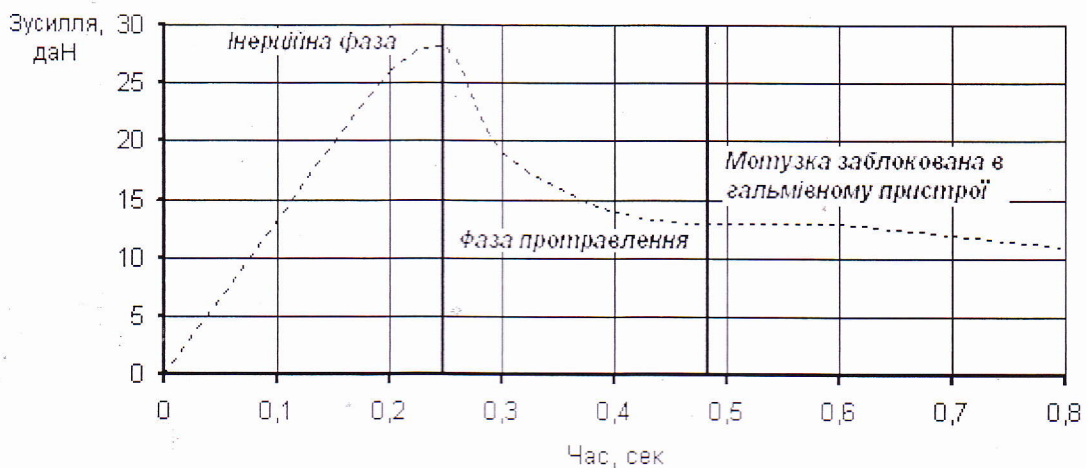
В цій фазі сила, яка діє на мотузку, не є інерційного типу і величини навантажень в ланцюзі страховки залежать тільки від сил, яких докладає страхувальник. Від поведінки страхувальника залежить також і величина протравлення мотузки через страхувальний пристрій до повної зупинки тіла, що зірвалося.

Тепер перейдемо до аналізу довжини протравлення мотузки через гальмівний пристрій. Для розуміння цього аспекту виявляються зручними деякі енергетичні розгляди. В ідеалі, після досягнення граничної величини, зусилля протравлення мотузки повинне зберігатися постійним. Елементарний енергетичний розрахунок показує, що при цьому величина протравлення обернено-пропорційна зусиллям гальмування. Насправді, сила гальмування мотузки не залишається постійною, а після піка напруги, в основному, зменшується (хоча теоретично може збільшуватися, що залежить від поведінки страхувальника).

Таким чином, можна стверджувати, що довжина мотузки, яка пройшла через гальмівний пристрій, зазвичай залежить від середньої величини сили, прикладеної страхувальником протягом другої фази утримання, тобто чим менша прикладається сила, тим більше протравлення мотузки в гальмівному пристрої, і навпаки.

Результати вище проведеного енергетичного розрахунку протравлення мотузки через гальмівний пристрій графічно зображено на рис. 2.

Як видно з графіка, максимальне навантаження на верхній гак станції досягнуто через 0,25 секунди. Слід зазначити, що протравлення мотузки продовжується і після досягнення пікового навантаження. Таким чином, підтверджується, що пік навантаження розвивається в період першої фази, в якій зусилля гальмування залежить від інерції тіла страхувальника. З цього випливає, що пікове навантаження не залежить від довжини протравлення мотузки.



**Рис. 2.** Графік зміни сил утримання мотузки рукою страхувальника відносно часу

Ефективність гальмування залежить як від сили утримання мотузки рукою страхувальника, так і від ефективності обраного гальмівного пристрою. Це означає, що один і той же результат можна отримати слабо пригальмовуючи проходження мотузки через ефективний гальмівний пристрій. Оскільки сила рук обмежена, краще мати більш ефективний пристрій, щоб м'яко зупинити падіння, якщо потрібна незначна сила гальмування, ніж мало ефективний пристрій, який не дозволить затримати можливі сильні зриви.

Для дослідження процесу страховки, в якості гальмівних страхувальних пристроїв, ми використали – спусковий пристрій „вісімка” та карабінний вузол „UIAA”. Ці два пристрої характеризуються спільною властивістю: вони ведуть себе як мультиплікатори сил, збільшуючи тим самим силу руки страхувальника, який зупиняє падіння. Ефективність гальмування характеризується коефіцієнтом гальмування, який визначається відношенням сил до і після гальмівного пристрою. Коефіцієнт вище згаданих гальмівних пристроїв наведено в табл. 1.

**Таблиця 1**

*Характеристики гальмівних пристроїв за коефіцієнтом гальмування*

| Гальмівний пристрій | Коефіцієнт гальмування $k = F_a / F_m$ |
|---------------------|--|
| „Вісімка”           | 2-3                                    |
| Вузол „UIAA”        | 8-12                                   |

З таблиці видно, що для пристрою „вісімка” значення коефіцієнта гальмування становить від 2 до 3 (це означає, що при зриві тіла вагою 80 кг = 78,5 даН, для повного затримання мотузки, пропущеної через цей пристрій, страхувальнику необхідно прикласти зусилля 39,2 – 26,2 даН), а для карабінного вузла „UIAA” – від 8 до 12, що є значно ефективніше в практичній роботі.

**Висновки:**

1. Незалежно від зусилля гальмування і обраного типу страхувального пристрою, неможливо зупинити падіння рукою без протравлення мотузки, крім випадків, коли є сильне тертя мотузки об поверхні рельєфу, карабінів проміжних точок, і т.д. Тому для запобігання опіку рук, необхідно використовувати рукавиці або краги.
2. Гальмівні пристрої з високим коефіцієнтом гальмування зменшують ризик опіків частин рук страхувальника та втрати контролю над мотузкою.
3. Механізм зупинки падіння, визначається, в основному, шляхом поєднання дій страхувальника та технічних характеристик гальмівних пристроїв.

4. При виконанні страховки, за однакових умов, із використанням карабінного вузла „ШІАА” у порівнянні зі спусковим пристроєм „вісімка”, необхідність прикладання зусиль страховальника зменшується в 4 рази, тим самим збільшуючи безпеку процесу страхування в цілому.

#### Список літератури

1. Кузнецов В.С. Учебное пособие по освоению навыков выполнения высотно-верхолазных работ в безопасном пространстве с применением специальной оснастки и страховочных средств. – Симферополь: Таврия, 2005. – 384 с.
2. Антонович И.И. Альпинизм / Пособие - Киев: Вища школа, 1981. – 344 с.
3. Хубер Г. Альпинизм сегодня – Москва: Физкультура и спорт, 1980. – 263 с.
4. Стоянович О.Є, Шкарабура Н.Г. Пособие по пожарно-строевой подготовке. – Черкассы, 2001. – 346 с.
5. Хилл П., Джонстон С. Навыки альпинизма: Курс тренировок. - М.: ФАИР-ПРЕСС. – 2005. – 192 с.

*А.Н. Ковальчук, канд. наук по физ. восп. и спорту, доцент, А.М. Петренко, Л.А. Кавецкий (Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности)*

#### ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИЧЕСКОГО СТРАХОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

В статье рассмотрено назначение страховки, ее разновидности и специфические свойства. Описано и графически изображено поведение веревки при динамических нагрузках, которые возникают вследствие падения спасателя (потерпевшего). Рассмотрена цепочка страховки с единственной промежуточной точкой и с устройством торможения, установленным непосредственно на один из гаков станции. Процесс задержания условно разделен на две фазы. Проведен анализ длины протравливания веревки сквозь устройство торможения. Определены факторы, которые влияют на эффективность функционирования динамической страховки.

**Ключевые слова:** динамическая страховка, спасательная веревка, тормозное устройство, процес удержания, инерционная фаза, фаза протравливания, инерция тела, пик напряжения, коэффициент торможения.

*A.M. Kovalchuk, Candidate of Science (Physical education and Sport), associate professor, A.M. Petrenko, L.A. Kavetskiy (Lviv State University of Life Safety)*

#### THE PECULIARITIES OF THE DYNAMICAL INSURANCE DURING THE REALIZATION OF RESCUE WORKS

The article deals with the appointment of insurance, its types and specific properties. Described and graphically depicted the behavior of the rope to dynamic loads that arise as a result of falling victim rescue. In particular, the chain of insurance with a single intermediate point and the braking device, installed directly on a station with hooks. The process of detention conventionally divided into two phases. The analysis of the length of rope through the decelerator. Factors, that affect the operational efficiency of dynamic insurance.

**Key words:** dynamic insurance vest, rescue rope, brake device, process of holding, inertia phase, phase of etching, body inertia, peak of pressure, coefficient of braking