

УДК 614.818.9

Д. Г. БЕЛИЦКИЙ, А. В. ПИЧАХЧИ, А. Ю. КОЧЕРГИН

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ ШИПОВ ЛЕДОХОДОВ С ЛЕДЯНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Аннотация. Представлены данные по результатам экспериментальных исследований эффективности сцепления шипов ледоходов с ледяной поверхностью. Подробно описана изготовленная экспериментальная установка. Установка позволяет моделировать силовые параметры, возникающие при использовании рыболовного ящика в качестве базового элемента при спасении человека, провалившегося в промоине во льду. Приведены данные результатов двухфакторного эксперимента, выполненного в натуральных условиях, на открытом водоеме. Получено уравнение регрессии и построена поверхность отклика зависимости реализуемого тягового усилия (силы сцепления ледоходов со льдом) от массы вертикальной нагрузки и количества шипов.

Ключевые слова: ледоходы, шипы, эксперимент, спасение, лёд.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В зимний период как на водоемах, так и на дорогах, тротуарах образовывается ледяной слой. Перемещение по нему затруднено, вследствие повышенной скользкости повышается количество травм от падений. Отдельной опасности подвергаются любители подводной ловли (МЧС Донецкой народной республики фиксирует от 4 до 10 провалов людей под лед ежегодно). Актуальными являются вопросы обеспечения удобного перемещения по скользкой поверхности и эффективности способов спасения человека, провалившегося под лёд.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Для более удобного перемещения по скользкой обледеневшей поверхности необходимо увеличивать силы сцепления поверхности обуви со льдом. Коммунальные службы используют метод посыпки скользких дорог специальными реагентами и противоскользящими материалами (песок, шлак и т. д.). [1] Производители обуви разрабатывают специальные виды подошв [2]. Обыватели используют самодельные и серийно выпускаемые ледоходы, надеваемые на обувь [3].

В работе [4], выполненной под руководством профессора В. А. Пенчука изложен ряд технологий спасения человека, провалившегося в промоине во льду. Одна из них предлагает использовать в качестве базового элемента рыболовный ящик, дно которого оснащено шипами для повышения сцепления со льдом. К ящику крепится лебедка, с помощью которой рыбак-спасатель вытаскивает человека, провалившегося в прогалину во льду.

ЦЕЛЬ

Экспериментальным путем определить сцепное усилие, реализуемое в зависимости от количества шипов ледоходов и веса человека.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

На рисунке 1 представлены схема и фотография экспериментальной установки. На днище типового рыболовного ящика 1 (максимальная вертикальная нагрузка – 130 кг) закреплены серийно выпускаемые ледоходы 3 (менеджмент качества ИСО 9001-2015) с шипами, грузы 2 имитируют вес

© Д. Г. Белицкий, А. В. Пичахчи, А. Ю. Кочергин, 2019

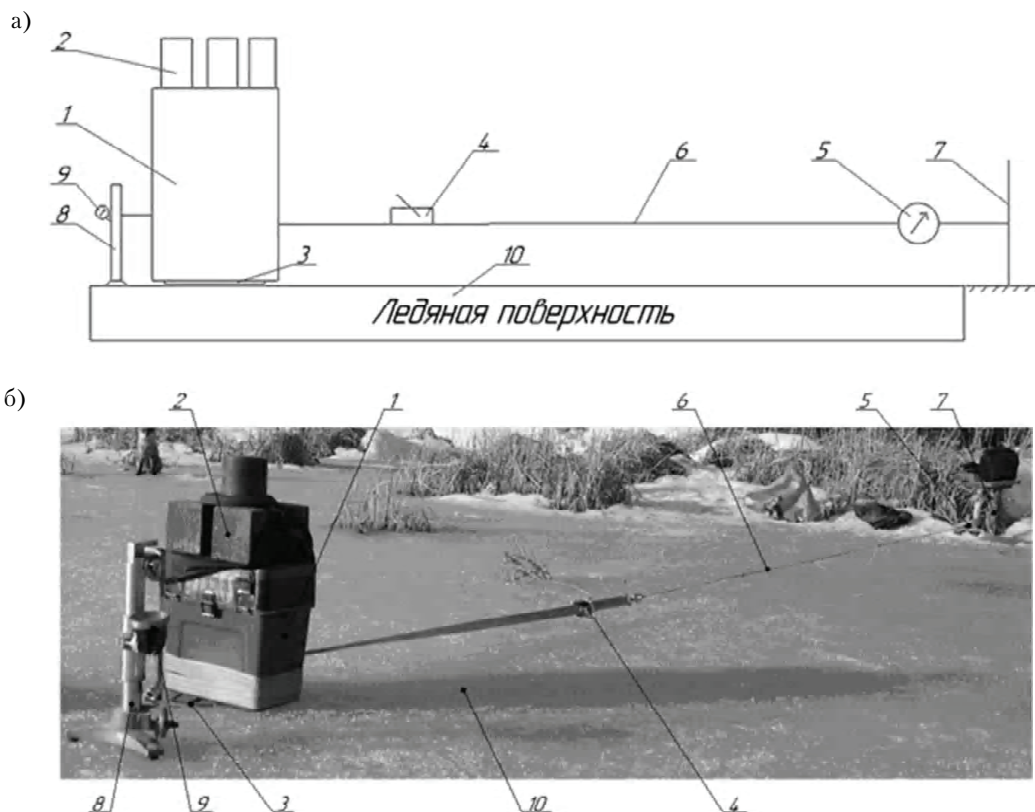


Рисунок 1 – Экспериментальная установка: а) схема; б) фотография.

человека. Тянущее усилие создается малогабаритной лебедкой 4 (стяжное усилие – 2 т), один конец каната 6 (разрывная нагрузка – 130 кгс) прикреплен к ящику 1, а второй к неподвижной опоре 7. Тяговое усилие, которое ограничено силами сцепления шипов ледоходов 3 со льдом 10, фиксируется динамометром 7 (динамометр ДПУ 0,5/2 ГОСТ 13837-68).

Для определения момента сдвига ящика его перемещение фиксировалось прогибомером Максимова 9 (ПМ-3), закрепленным на штативе 8. Показания прогибомера и динамометра записывались на видео с синхронизацией по времени.

Экспериментальные исследования проводились в феврале 2019 года на открытом водоеме с толщиной льда 15 сантиметров при отрицательной температуре окружающей среды -5°C и влажности воздуха 52 %.

Эксперимент планировался как полный двухфакторный. Фактор X_1 – масса вертикального пригруза, фактор X_2 – количество шипов (таблица 1).

Таблица 1 – Кодирование факторов при проведении экспериментальных исследований

Интервал варьирования и уровень факторов	Масса грузов, м, кг	Количество шипов, n
Кодовое обозначение	X_1	X_2
Нулевой уровень $x_i = 0$	100	8
Интервал варьирования δ_i	20	4
Нижний уровень $x_i = -1$	80	4
Верхний уровень $x_i = +1$	120	12

Для получения уравнения регрессии эксперимент проводился по план-матрице центрального композиционного ортогонального плана второго порядка [5] (таблица 2). В качестве исследуемого параметра принят показатель тягового усилия динамометра Р в момент сдвига ящика (среднее арифметическое по каждому опыту).

Таблица 2 – План-матрица центрального композиционного ортогонального плана второго порядка

Опыт	x_0	x_1	x_2	$x_1^2-2/3$	$x_2^2-2/3$	$x_1 x_2$	P, кг
Планирование типа 2^2	+1	-1	-1	1/3	1/3	+1	43,333
	+1	+1	-1	1/3	1/3	-1	51,667
	+1	-1	+1	1/3	1/3	-1	60
	+1	+1	+1	1/3	1/3	+1	65
Звездные точки	+1	-1	0	1/3	-2/3	0	43,333
	+1	+1	0	1/3	-2/3	0	61,667
	+1	0	-1	-2/3	1/3	0	45
	+1	0	+1	-2/3	1/3	0	65
Нулевые точки	+1	0	0	-2/3	-2/3	0	51,667

Уравнение регрессии зависимости реализуемого тягового усилия (сила сцепления шипов ледоходов со льдом) от массы вертикального пригруза и количества шипов в натуральных величинах примет вид

$$P = 18,665 + 0,0006925m^2 + 0,1735625n^2 + 0,2088m + 0,34875n - 0,010425mn, \quad (1)$$

где P – тяговое усилие на динамометре, кг;
 m – масса грузов, кг;
 n – количество шипов.

На основании полученного уравнения регрессии (1) построена поверхность отклика (рис. 2).

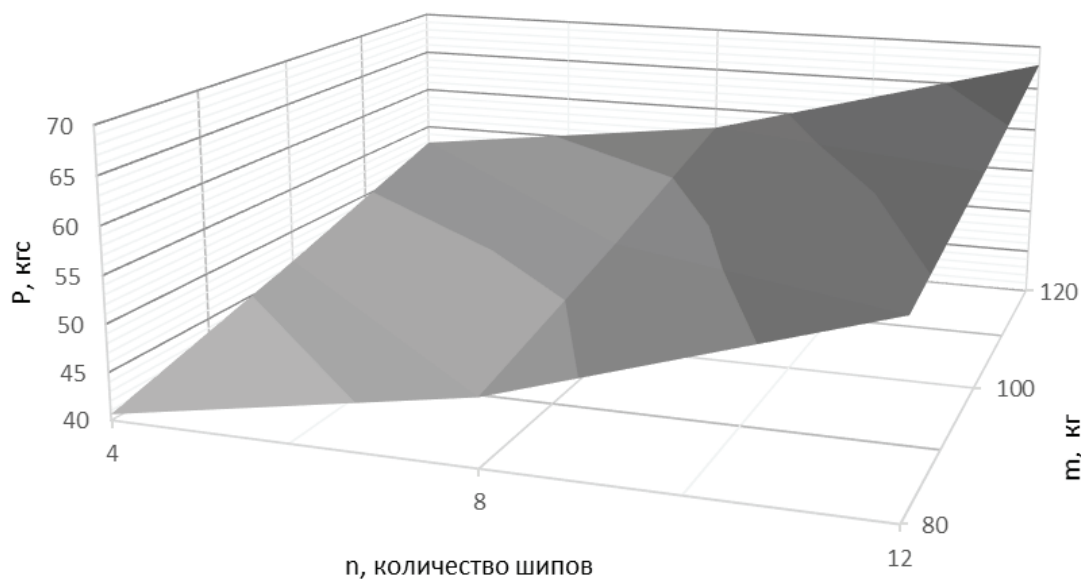


Рисунок 2 – Зависимость реализуемого тягового усилия (сила сцепления ледоходов со льдом) от массы вертикального пригруза и количества шипов.

ВЫВОД

Экспериментальные исследования подтвердили возможность использования рыболовного ящика в качестве базового элемента при спасении человека, провалившегося в промоину во льду. Сила сцепления ледоходов со льдом растет пропорционально количеству шипов и массе человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика испытаний противогололедных материалов [Текст] : отраслевой дорожный методический документ / Ю. Н. Розовой, В. И. Мазепова, Полосина-Никитина, И. А. Паткина и др. – Введ. 2016-06-03 / М-во трансп. Российской Федерации, Гос. служба дор. хоз-ва (Росавтодор). – М. : [б. и.], 2003. – 23 с.

2. Erica, Di Maio Researchers discover most winter boots are too slippery to walk safely on icy surfaces [Электронный ресурс] / Erica Di Maio // University Health Network, 2016. – Режим доступа : https://www.uhn.ca/corporate/News/PressReleases/Pages/researchers_discover_most_winter_boots_are_too_slippery_to_walk_safely_on_icy_surfaces.aspx.
3. Цветков, Сергей Защита от скольжения на льду. Мифы и реальность [Электронный ресурс] / Сергей Цветков // Гетсиз. – Режим доступа : <https://getsiz.ru/zashchita-ot-skolzheniya-na-ldu-mify-i-realnost.html>. – Назв. с экрана.
4. Попкович, В. С. Совершенствование технологий и средств механизации для спасения людей на воде в зимнее время [Текст] : магистерская диссертация / В. С. Попкович. – Макеевка : ГОУ ВПО «ДонНАСА», 2018. – 74 с.
5. Вавилова, Г. В. Математическая обработка результатов измерения [Текст] : учебно-метод. пособие / Г. В. Вавилова. – Томск : ТПУ, 2013. – 160 с.

Получено 01.04.2019

Д. Г. БЕЛИЦЬКИЙ, О. В. ПІЧАХЧИ, О. Ю. КОЧЕРГІН
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗЧЕПЛЕННЯ
ШИПІВ ЛЬОДОХОДІВ З КРИЖАНОЮ ПОВЕРХНЕЮ
ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Представлені дані за результатами експериментальних досліджень ефективності зчеплення шипів льодоходів з крижаною поверхнею. Детально описана виготовлена експериментальна установка. Установка дозволяє моделювати силові параметри, що виникають при використанні рибальського ящика як базового елемента при порятунку людини, яка провалилася у вимойні на льоду. Наведено дані результатів двофакторного експерименту, виконаного в натурних умовах на відкритому водоймищі. Отримано рівняння регресії і побудована поверхня відгуку залежності реалізованого тягового зусилля (сили зчеплення льодоходів з льодом) від маси вертикального навантаження і кількості шипів.

Ключові слова: льодоходи, шипи, експеримент, порятунок, лід.

DMYTRO BELYTSKYI, ALEXANDR PICHAKHCHI, ALEKSEY KOCHERGIN
EXPERIMENTAL STUDIES OF THE EFFECTIVENESS OF ADHESION OF ICE
SPIKES TO ICE

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The data on experimental studies of the effectiveness of adhesion of spikes of ice drifts with an ice surface are presented. The described experimental setup is described in detail. The installation allows you to simulate the power parameters that occur when using a fishing box as a basic element in the rescue of a person who has failed in a ravine in the ice. The data of the results of a two-factor experiment performed under natural conditions in an open water body are presented. The regression equation is obtained and the surface of the response of the dependence of the realized tractive effort (the force of adhesion of ice drifts to ice) on the mass of the vertical load and the number of spikes is constructed.

Key words: ice drifts, spikes, experiment, rescue, ice.

Белицкий Дмитрий Григорьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей, технологических машин и оборудования ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение эффективности разработки грунтов грейферными рабочими органами.

Пичахчи Александр Владимирович – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: грейферы.

Кочергин Алексей Юрьевич – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: грейферы.

Белицкий Дмитро Григорович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, технологічних машин і обладнання ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: підвищення ефективності розробки ґрунту грейферним робочим органом.

Пічахчи Олександр Володимирович – магістрант ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: грейфери.

Кочергін Олексій Юрійович – магістрант ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: грейфери.

Belytskyi Dmytro – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technical Exploitation and Service of Automobiles, Technological Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: increase of efficiency of ground development by clamshell working organ.

Pichakhchi Alexandr – master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: increase of efficiency of ground development by clamshell working organ. Scientific interests: clamshell.

Kochergin Aleksey – master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: clamshell.