

Расчет и конструирование приспособления для заготовки естественного льда из водоема

Егоров М.С.

*11-й университетский физмат-класс, МБОУ “Кобяйская СОШ
имени Е.Е. Эверстова”, с. Кобяй, Республики Саха (Якутия)*

*Руководитель: Иванова А.А. МБОУ “Кобяйская СОШ имени Е.Е.
Эверстова”, с. Кобяй, Республики Саха (Якутия)*

*Научный консультант: Местников А.Е, д.т.н., профессор, Северо-
Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г.
Якутск*

Введение

Актуальность. В сельской местности заготовка льда для питьевой воды является ежегодным и крайне необходимым занятием [1]. В нем участвуют взрослые и дети. Мальчики приобретают практические навыки нелегкого физического труда и новые знания в практическом применении физических законов в процессах заготовки льда, затем в школе осваивают простейшие методы математических расчетов на основе законов механики.

Совершенствование технологии заготовки льда, используя законы механики и методы моделирования физических процессов в домашних условиях, является одной из актуальных задач в развитии проектной деятельности в школе [2].

Цель: разработать технические решения для облегчения физического труда в заготовке естественного льда из водоема.

Задачи исследования:

1. Изучить технологию заготовки льда в условиях Якутии;
2. Изучить физические процессы в заготовке льда;
3. Физическое моделирование процессов в домашних условиях, определение плотности и коэффициента трения льда;

4. Создать модель и конструкцию приспособления для облегчения физического труда.

Предмет исследования: Технология заготовки естественного льда из водоема.

Гипотеза: показать эффективность использования полученных знаний по физике в научном обосновании предложенных технических решений в процессах заготовки льда.

Методы исследования.

На практике изучил методы, приемы и технические средства для колки (резки), выемки и транспортирования блоков льда. Процессы заготовки льда повторил в домашних условиях (физическое моделирование). Используя теоретические знания по механике решил [3] задачи транспортирования блока льда по горизонтальной поверхности расчищенного льда и его выемки (подъема) из водоема, что позволило выбрать материал полозьев санки и определить оптимальный угол наклона для выемки блока льда из водоема. Используя оборудование и принадлежности лаборатории физики [4-5] провел экспериментальные работы по определению коэффициента трения льда об дерево, лед и металл.

Результаты и обсуждение

Процессы заготовки льда условно можно разделить на 6 процессов, связанных с законами механики (рис. 1-2).

Одним из основных процессов является транспортировка блоков льда до берега, так как в это время года лед бывает тонким. Транспортировка льда является трудоемким процессом, требующим немалых усилий физического труда. Поэтому часто используются различные приспособления, облегчающие труд.

Первый распространенный способ заключается в том, что блоки льда передвигают по расчищенной поверхности льда

толканием пешней или волочением с помощью металлического захвата, веревки или багра. В этом случае предпочтительным вариантом является тянуть как сани или на санках.



Рисунок 1 - Основные процессы в заготовке льда



Рисунок 2 - Способы и приспособления для заготовки льда

Рассмотрим задачу, связанную с транспортировкой блока льда по поверхности льда и на полозьях из дерева и металла.

Задача 1. По горизонтальной ледяной дороге тянут за веревку (под углом 30°) блок льда (тело на полозьях из разных материалов) массой 50 кг. Коэффициенты трения скольжения приведены в таблице 1. Найти силу натяжения веревки. Движение равномерное, т.е. ускорение $a = 0 \text{ м/с}^2$.

Дано:

$$m = 50 \text{ кг},$$

$$\mu_1 = 0,028, \mu_2 = 0,035,$$

$$\mu_3 = 0,020, \mu_4 = 0,015,$$

$$a = 0 \text{ м/с}^2, \alpha = 30^\circ$$

$$F_1 - ? F_2 - ? F_3 - ? F_4 - ?$$

Значения коэффициента трения скольжения в зависимости от характера трущихся поверхностей для сухого трения приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Коэффициент трения скольжения [3]

Контактирующие поверхности	μ	
	покоя	скольжения, справочное
1. Лед по льду	-	0,028
2. Дерево по льду	-	0,035
3. Железо по льду	-	0,020
4. Сталь по льду (коньки)	0,02	0,015

На тело действуют силы:

- Сила тяжести $F_T = mg$, направленная вертикально вниз;

- Сила реакции опоры N , направленная перпендикулярно

плоскости;

- Сила трения скольжения $F_{тр} = \mu mg$, направлена

противоположно направлению движения;

- Сила тяги F приложена под углом α , движение равномерное, т.е. $a = 0$. Выполним рисунок, связав систему координат с дорогой (рис. 3).

Решение

Если тело движется равномерно, то силу трения $F_{тр}$ уравнивает проекция силы натяжения веревки на ось OX :

$$F_{тр} = F_x ; F_x = F \cdot \cos\alpha; F_{тр} = \mu mg.$$

$$\text{Тогда } F_1 = \mu mg / \cos\alpha; F_1 = 0,028 \cdot 50 \cdot 9,8 / 0,87 = 15,84 \text{ Н}$$

$$F_2 = 0,035 \cdot 50 \cdot 9,8 / 0,87 = 19,8 \text{ Н}$$

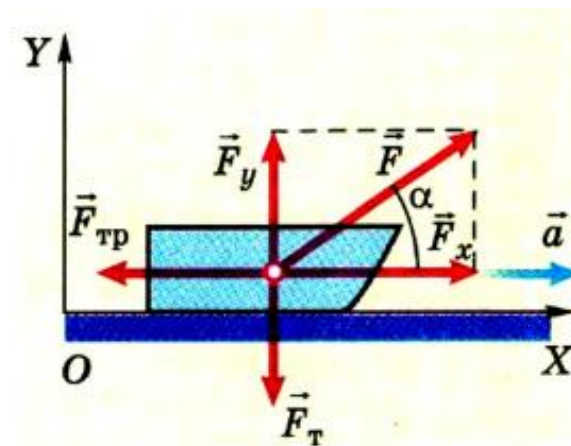


Рисунок 3 - Движение тела по горизонтальной поверхности

$$F_3 = 0,020 \cdot 50 \cdot 9,8 / 0,87 = 11,32 \text{ Н}$$

$$F_4 = 0,015 \cdot 50 \cdot 9,8 / 0,87 = 8,49 \text{ Н}$$

Нумерация сил для разных материалов взяты согласно таблицы 1.

Вывод: минимальным сопротивлением обладают полозья санки из стали, т.е. приспособление для транспортирования льда рекомендуется выполнить из стали или железа.

Рассмотрим расчетное обоснование способа выемки льда из воды.

Задача 2. Под каким углом легче вытащить лед из воды?

Дано:

$$m = 50 \text{ кг},$$

$$\mu = 0,028,$$

$$a = 0 \text{ м/с}^2,$$

$$\alpha = 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ,$$

F - ?

Движение тела по наклонной плоскости:

На тело действуют силы:

- Сила тяжести mg , направленная вертикально вниз;
- Сила реакции опоры N , направленная перпендикулярно плоскости;
- Сила трения скольжения $F_{\text{тр}}$, направлена противоположно скорости (вверх вдоль наклонной плоскости при соскальзывании тела).

Выполним рисунок, связав систему координат с наклонной плоскостью (рисунок 4).

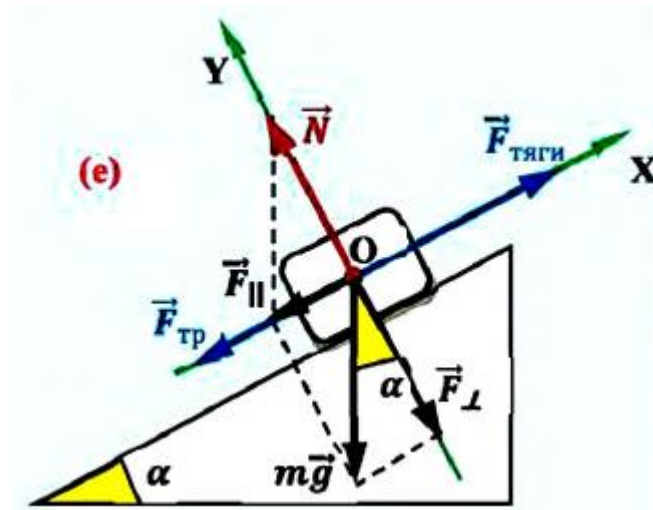


Рисунок 4 - Движение тела по наклонной поверхности

Решение.

Как показано на рисунке 3, сила тяжести, действующая на тело, движущееся равномерно под действием силы тяги по

наклонной плоскости, раскладывается на две составляющие силы: составляющую, параллельную поверхности F_{\parallel} и составляющую, перпендикулярную поверхности F_{\perp} . В этом случае модуль силы реакции опоры равен модулю составляющей F_{\perp} :

$$N = F_{\perp} = mg \cos \alpha,$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha,$$

$$F_{\parallel} = mg \sin \alpha.$$

Для решения уравнения движения по оси OX получим уравнение:

$$ma_x = F_{\text{тяги}} - F_{\text{тр}} - F_{\parallel}, \text{ но } a_x = 0, \text{ поэтому } F_{\text{тяги}} = F_{\text{тр}} + F_{\parallel}.$$

Расчетная формула будет такой:

$$F_{\text{тяги}} = \mu mg \cos \alpha + mg \sin \alpha = mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha).$$

$$F_{\text{тяги}} (15^\circ) = 50 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot (\sin 15^\circ + 0,028 \cdot \cos 15^\circ) = 140,1 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тяги}} (30^\circ) = 50 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot (\sin 30^\circ + 0,028 \cdot \cos 30^\circ) = 257,1 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тяги}} (45^\circ) = 50 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot (\sin 45^\circ + 0,028 \cdot \cos 45^\circ) = 356,2 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тяги}} (60^\circ) = 50 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot (\sin 60^\circ + 0,028 \cdot \cos 60^\circ) = 431,2 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тяги}} (75^\circ) = 50 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot (\sin 75^\circ + 0,028 \cdot \cos 75^\circ) = 477,1 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тяги}} (90^\circ) = 50 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot (\sin 90^\circ + 0,028 \cdot \cos 90^\circ) = 490,0 \text{ Н}$$

Результаты расчетов записываем в таблицу 2.

Таблица 2 - Результаты расчета силы тяги

α	15°	30°	45°	60°	75°	90°
$F_{\text{тяги}}, \text{ Н}$	140,1	257,1	356,2	431,2	477,1	490,0

Вывод: чем меньше угол наклона, тем легче вытащить лед. Рекомендуемый угол наклона блока льда составляет $15-30^\circ$, в зависимости от толщины льда.

Эксперимент 1. Определение плотности кубика льда неправильной формы.

Исходные материалы и принадлежности: образцы льда неправильной формы, мерная мензурка, электронные весы, нить.

Методы исследования: определить массу кубика льда взвешиванием и его объем методом вытеснения воды в мерной мензурке, расчет значения плотности по результатам прямых измерений массы и объема [2-5].

Результат: $907 \pm 6 \text{ кг/м}^3$.

Эксперимент 2. Определение коэффициента трения скольжения.

Исходные материалы и принадлежности: образцы льда 10x10x10 см, весы лабораторные, электронная линейка с нониусом, динамометр - пружинные весы, калькулятор.



Рисунок 5 - Проведение экспериментов

Методы исследования: определить силу тяги при равномерном движении льда, расчет коэффициента трения скольжения льда об разные материалы.

Результаты: масса образца составляет $490 \pm 10 \text{ г}$.

Таблица 3 - Результаты расчета и экспериментов

Параметр	Лед- дерево	Лед-лед	Лед-металл
$F_{\text{тяги}}$, Н, расчет	0,171	0,137	0,098
$F_{\text{тяги}}$, Н, эксперимент	0,214	0,149	0,112
μ , табличные [3]	0,035	0,028	0,020
μ , экспериментально- расчетные	0,044	0,031	0,023

Выводы:

- экспериментально-расчетные показатели коэффициента скольжения оказались завышенными в сравнении с табличными данными, что, вероятно, зависит от качества проведения эксперимента и точности динамометра. Относительная погрешность измерений составила 15-20 %.

Конструирование приспособления - санки на металлических полозьях.

Модель санки на полозьях выполнен из толстой проволоки по схеме (рис. 6).

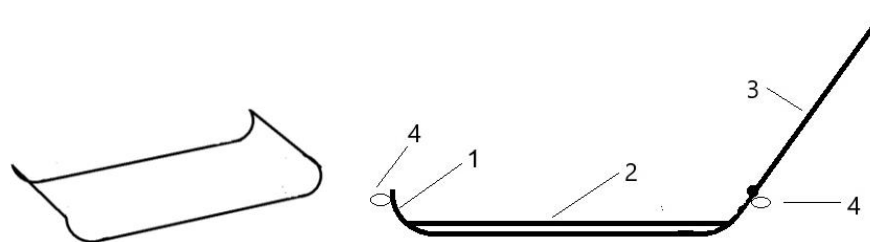


Рисунок 6 - модель и конструкция санки на полозьях: 1 - полозья трубчатые металлические, 2 - поддон, 3 - толкатель, 4 - крючки для крепления веревки

Заключение. Расчетно-экспериментальным путем обоснованы новые технические решения для облегчения труда при заготовке естественного льда из водоема, заключающиеся в следующем:

- повышение устойчивости санки с грузом снижением центра тяжести груза за счет размещения поддона (сидения) непосредственно на трубчатые полозья;

- повышение эффективности выемки льда из водоема и его транспортировки на санках с толкателем дополнительной установкой крючков на уровне торцов профиля полозьев для крепления буксировочной веревки, позволяющей тянуть санки под любым углом для облегчения физического труда.

Список использованной литературы

1. Бобков В.А. Производство и применение льда. М.: Изд-во “Пищевая промышленность”, 1977. 234 с.
2. Егоров МА. Заготовка льда / М. А. Егоров, Р. И. Уйгурова. // Юный ученый. 2017. № 1.1 (10.1). С. 22-23.
3. Учебник. Физика. 7 класс: учебник для общеобразовательных учреждений / Н.С.Пурышева, Н.Е.Важеевская, М.: Дрофа, 2015.
4. Обучонок // Интернет ресурс.
<https://obuchonok.ru/klass/proekt/10>
5. Физика вокруг нас <http://physics03.narod.ru>