

# **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  $30^\circ$ ) 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	$\mu$	
	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  $\alpha$ , 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  $OX$ :

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

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

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

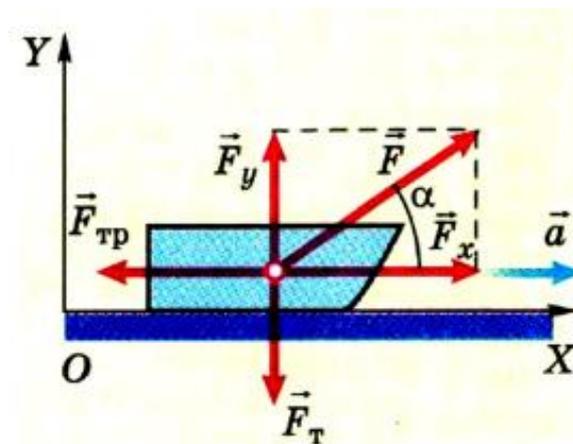


Рисунок 3 - Движение тела по горизонтальной поверхности

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

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

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).

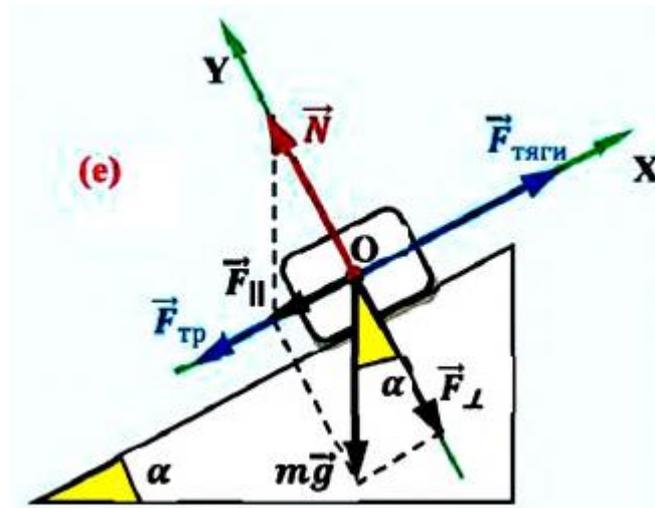


Рисунок 4 - Движение тела по наклонной поверхности

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**

$\alpha$	$15^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$75^\circ$	$90^\circ$
$F_{\text{тяги}}, \text{ Н}$	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
$\mu$ , табличные [3]	0,035	0,028	0,020
$\mu$ , 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).

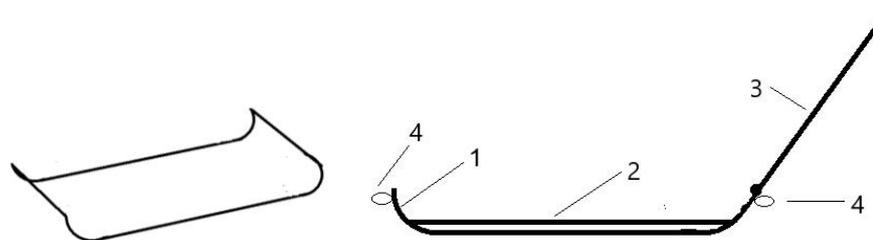


Рисунок 6 - модель и конструкция санки на полозьях: 1 - полозья трубчатые металлические, 2 - поддон, 3 - толкатель, 4 - крючки для крепления веревки

**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>