



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ ВОРОНЕЖСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ

Направление подготовки 15.04.02 ~~Технологии~~ **Технологии** машины и
оборудование

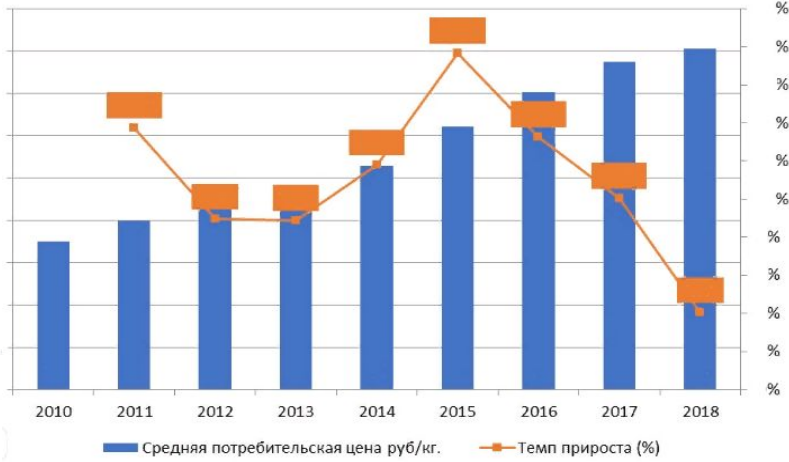
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПЕРЕКАЧИВАЕМОГО ЛЬДА И РАЗРАБОТКА ТЕХНИКИ ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент Овсянников
В.Ю

Обучающийся студент группы Мм-176 Лапшина Д.С.

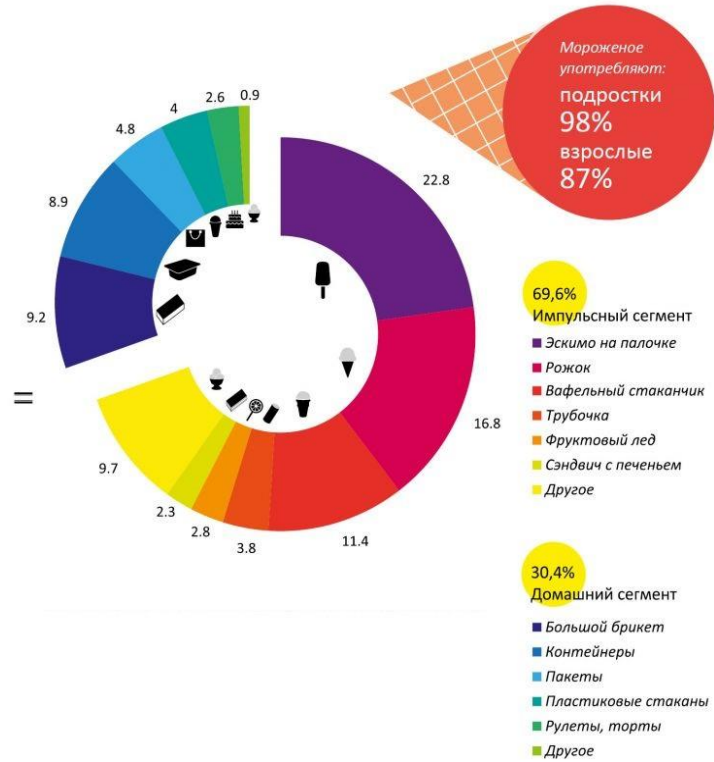
Воронеж -
2019

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ



Динамика средних потребительских цен за 1 кг мороженого

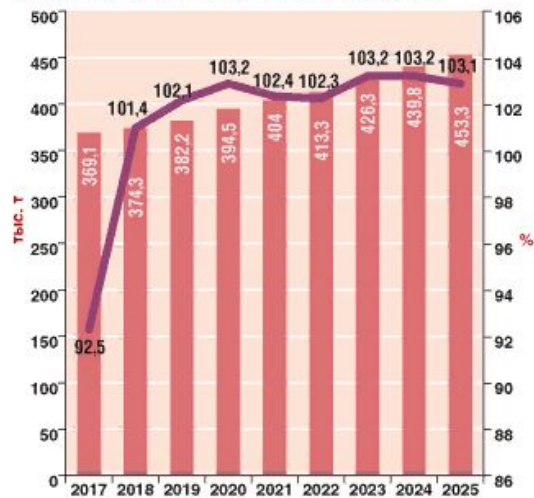
Структура рынка мороженого по сегментам, %



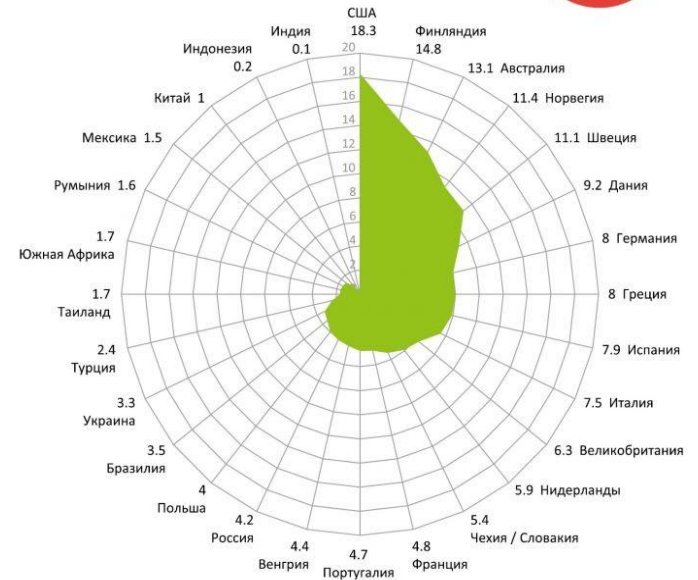
Мороженое употребляют: подростки 98% взрослые 87%

Россия 4,2 л/год

ПРОГНОЗ ОБЪЕМОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ МОРОЖЕНОГО в 2017–2025 годах, тыс. т



Объем видимого потребления в рамках базового сценария развития, тыс. т
в % к предыдущему году



Потребление мороженого в мире на человека, л/год

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

исследование процесса получения перекачиваемого льда и разработка техники для его осуществления

ЗАДАЧИ РАБОТЫ

1

Анализ способов и оборудования для получения перекачиваемого льда

2

Изучение основных свойств и характеристик перекачиваемого льда.

3

Исследование процесса льдообразования при охлаждении соленых вод.

4

Исследование процесса получения перекачиваемого льда.

5

Разработка конструкции льдогенератора перекачиваемого льда и методики инженерного расчета.

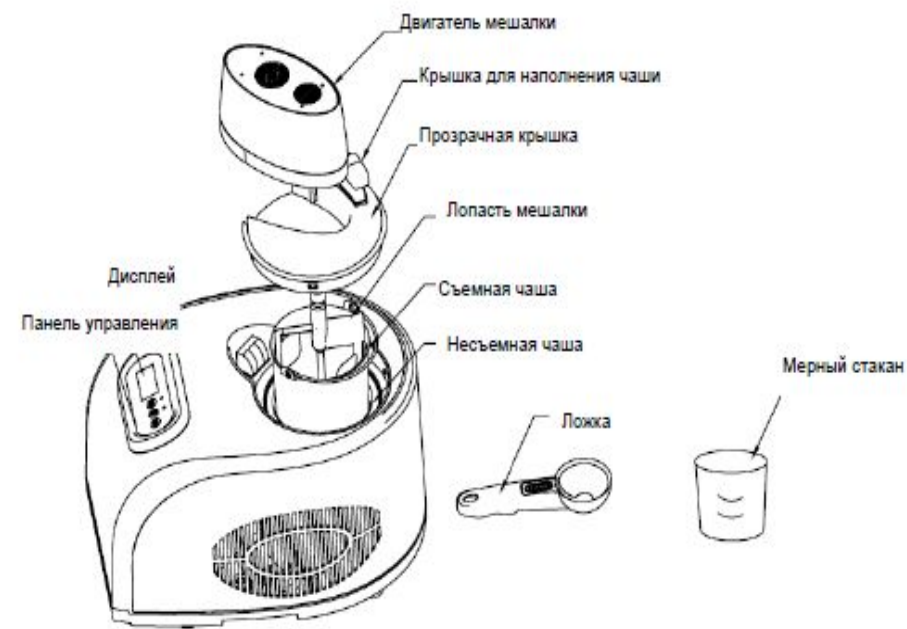
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА НА БАЗЕ ФРИЗЕРА «GASTRORAG» ICM-1518



Общий вид фризера

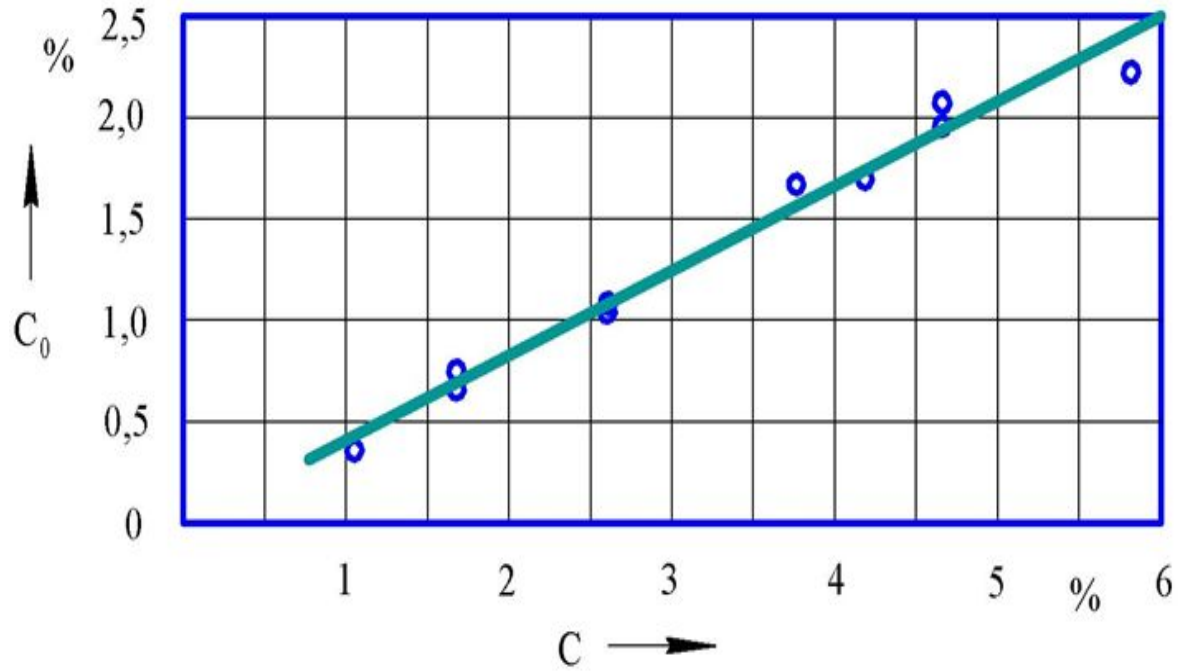


Составные части фризера

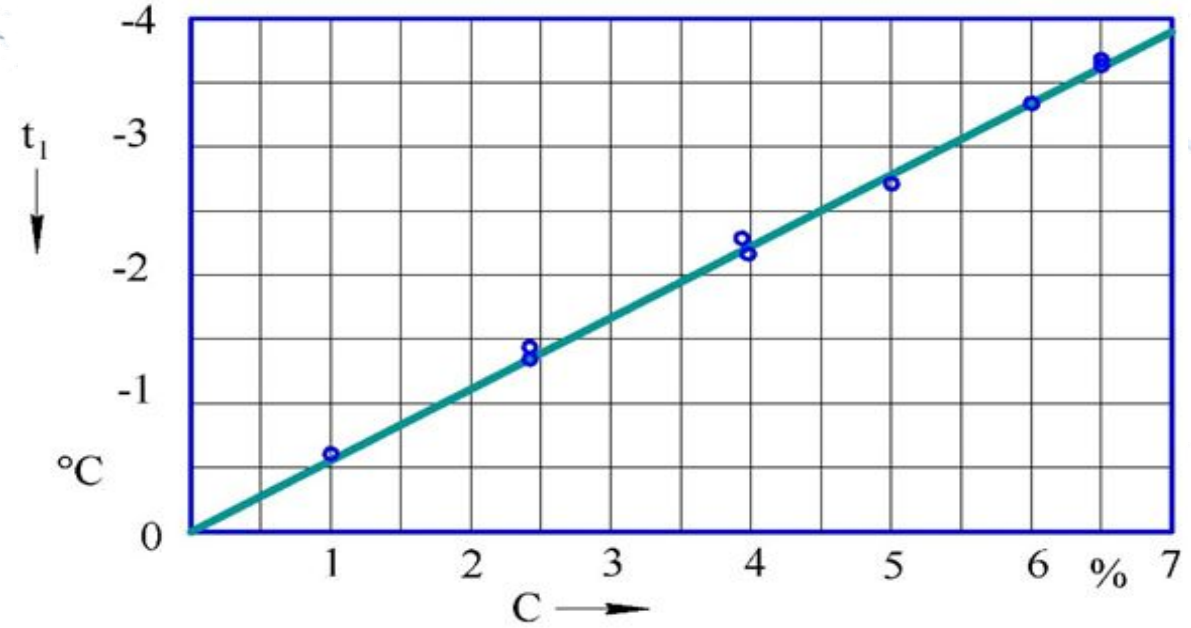


Фризер в разобранном виде

ИЗМЕНЕНИЕ СОЛЕННОСТИ И КРИОСКОПИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛЕННОЙ ВОДЫ

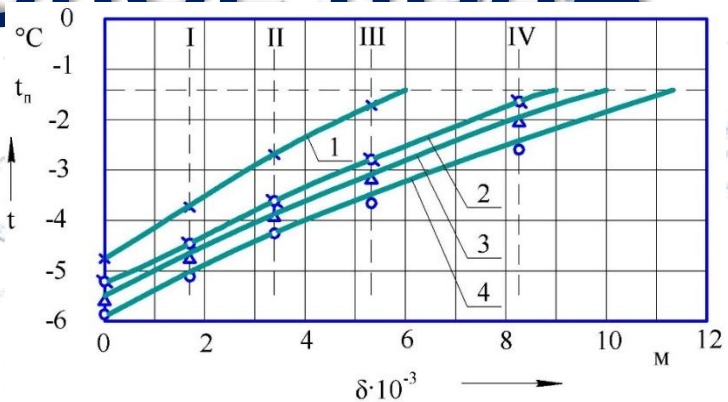


Зависимость солёности льда C_0 , % от начальной концентрации раствора C , % при температуре кипения хладагента минус 8...9 °С и условиях свободной конвекции

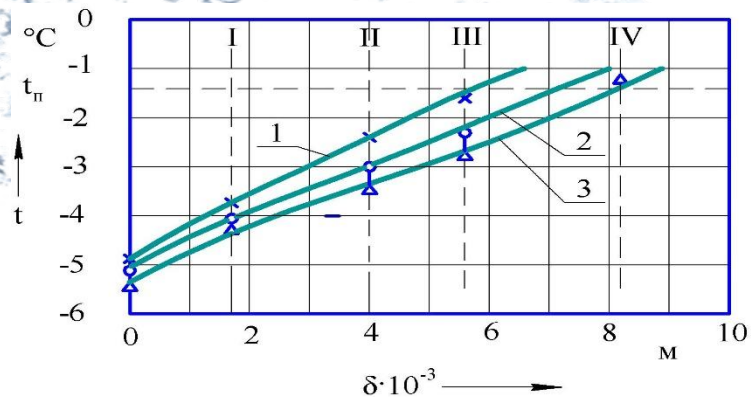


Зависимость температуры замерзания соленой воды t_1 , °С от ее концентрации C , %

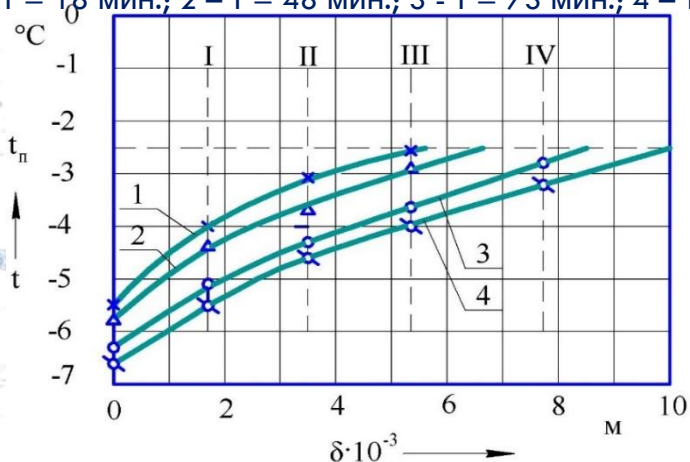
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР В СЛОЕ ПЬЛД



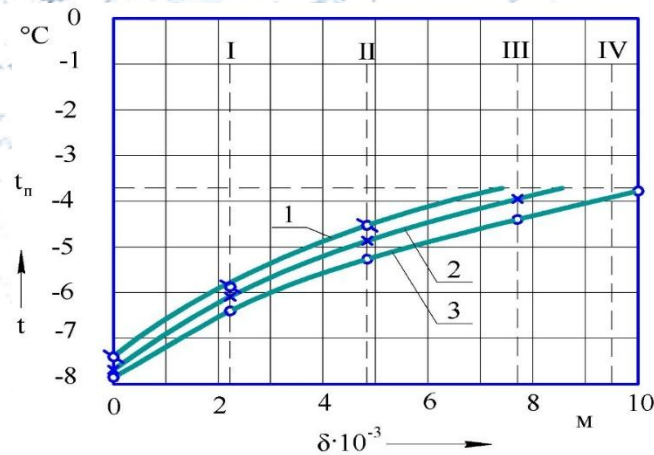
В процессе льдообразования при начальной концентрации раствора $C_p = 1,7\%$, начальной температуре раствора $t_p = 1,0\text{ °C}$ и продолжительности льдообразования:
 1 – $t = 18$ мин.; 2 – $t = 48$ мин.; 3 – $t = 73$ мин.; 4 – $t = 130$ мин.



В процессе льдообразования при начальной концентрации раствора $C_p = 1,7\%$, начальной температуре раствора $t_p = 1,5\text{ °C}$ и продолжительности льдообразования:
 1 – $t = 40$ мин.; 2 – $t = 72$ мин.; 3 – $t = 105$ мин.

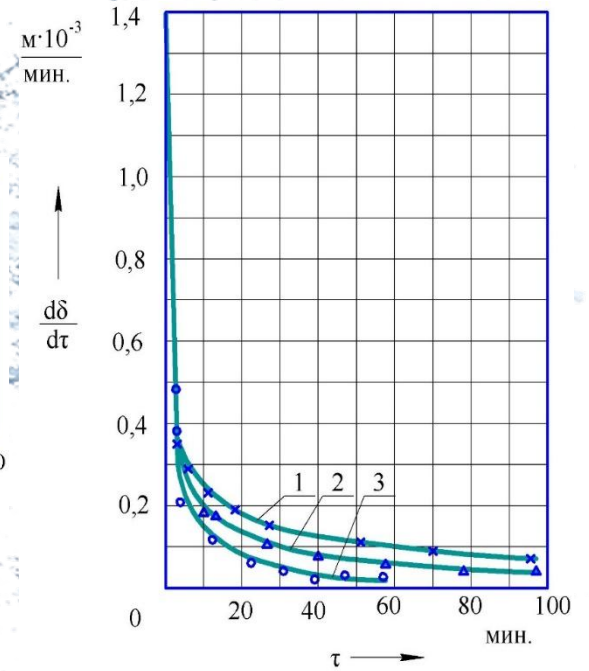
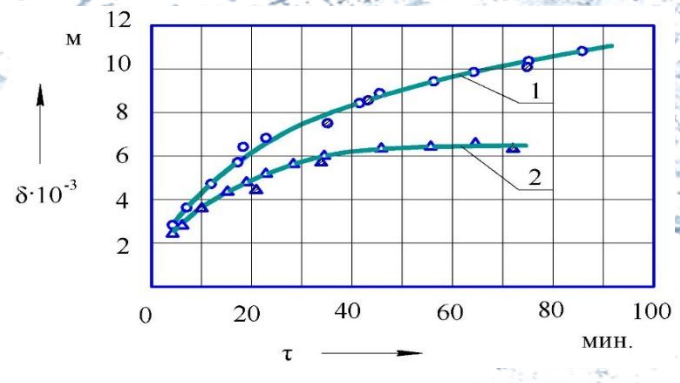
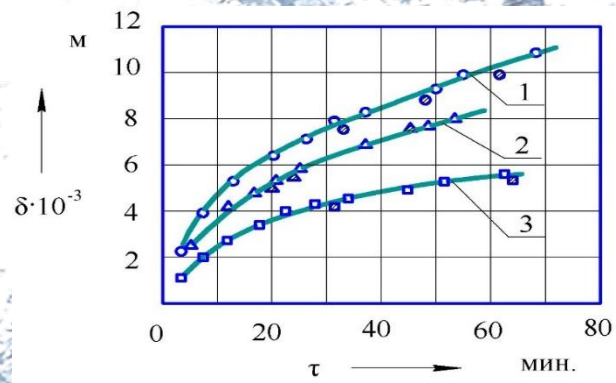
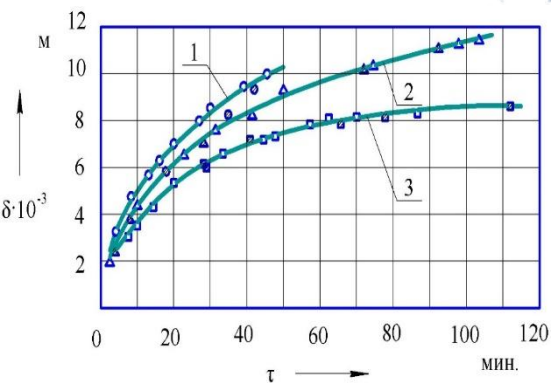


В процессе льдообразования при начальной концентрации раствора $C_p = 3,8\%$, начальной температуре раствора $t_p = -1,3\text{ °C}$ и продолжительности льдообразования:
 1 – $t = 14$ мин.; 2 – $t = 27$ мин.; 3 – $t = 40$ мин.; 4 – $t = 52$ мин.



В процессе льдообразования при начальной концентрации раствора $C_p = 5,8\%$, начальной температуре раствора $t_p = -2,0\text{ °C}$ и продолжительности льдообразования:
 1 – $t = 27$ мин.; 2 – $t = 46$ мин.; 3 – $t = 82$ мин.

КИНЕТИКА НАМОРАЖИВАЕМОГО СЛОЯ ЛЬДА



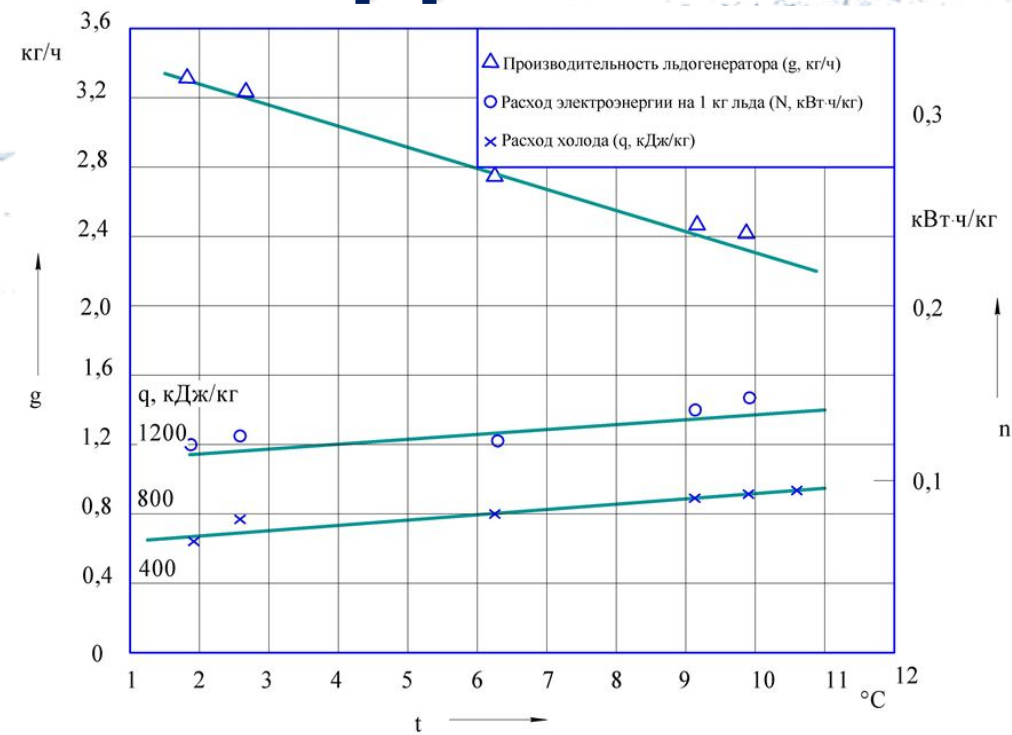
Зависимость толщины намораживаемого слоя льда от времени для раствора с концентрацией $C = 1,7\%$ и начальной температурой: 1 – $t_p = 0,2\text{ }^\circ\text{C}$; 2 – $t_p = 1,0\text{ }^\circ\text{C}$; 3 – $t_p = 2,2\text{ }^\circ\text{C}$.

Зависимость толщины намораживаемого слоя льда от времени для раствора с концентрацией $C = 3,8\%$ и начальной температурой: 1 – $t_p = -1,3\text{ }^\circ\text{C}$; 2 – $t_p = 0,2\text{ }^\circ\text{C}$; 3 – $t_p = 1,1\text{ }^\circ\text{C}$.

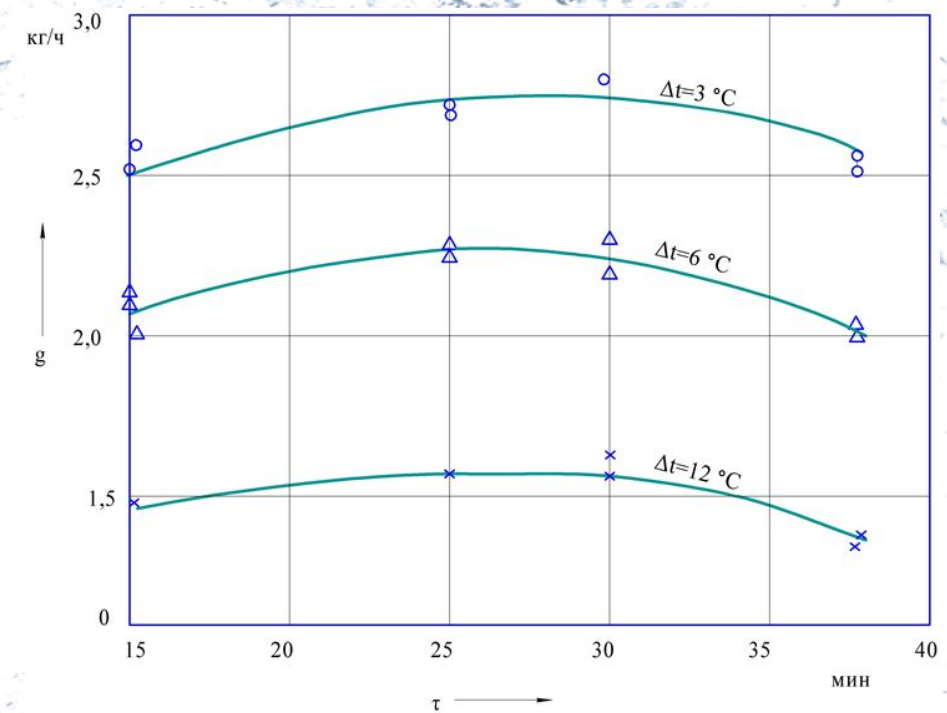
Зависимость толщины намораживаемого слоя льда от времени для раствора с концентрацией $C = 5,8\%$ и начальной температурой: 1 – $t_p = -2,0\text{ }^\circ\text{C}$; 2 – $t_p = -1,6\text{ }^\circ\text{C}$.

Изменение скорости затвердевания в зависимости от времени для раствора с постоянной начальной температурой $t_3 = 1,0\text{ }^\circ\text{C}$ и концентрацией соли: 1 – $C = 0\%$; 2 – $C = 1,7\%$; 3 – $C = 3,8\%$.

ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И УДЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ

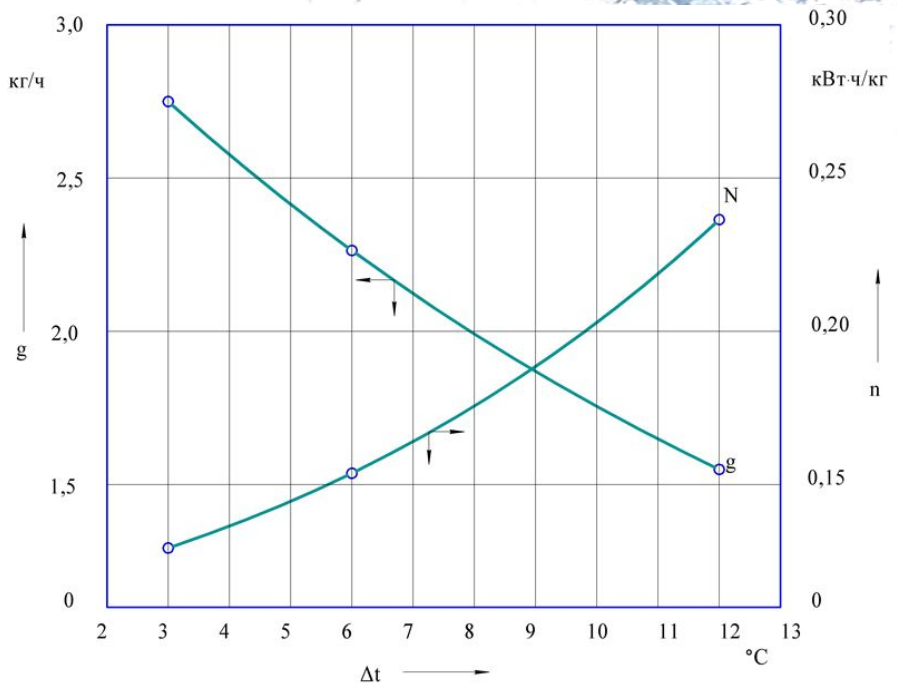


Зависимость производительности g , кг/ч, удельных затрат энергии n , кВт·ч/кг и расхода холода q , кДж/кг от начальной температуры охлаждаемого раствора t , °C при скорости вращения мешалки равной 10 мин^{-1}

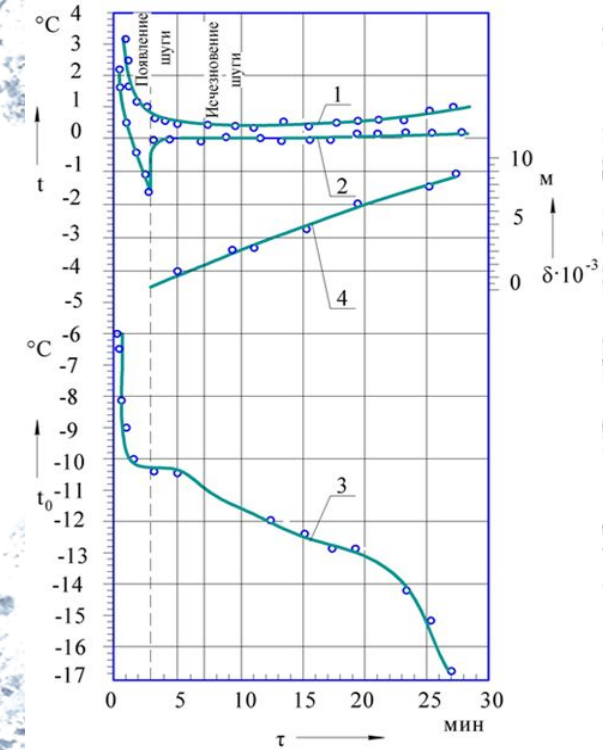


Зависимость производительности g , кг/ч от продолжительности цикла τ , мин. и увеличения температуры воздуха, охлаждаемого конденсатор при начальной температуре раствора $8 \text{ }^\circ\text{C}$, концентрации соли $3,8 \text{ \%}$ и скорости вращения мешалки равной 10 мин^{-1}

ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И УДЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ



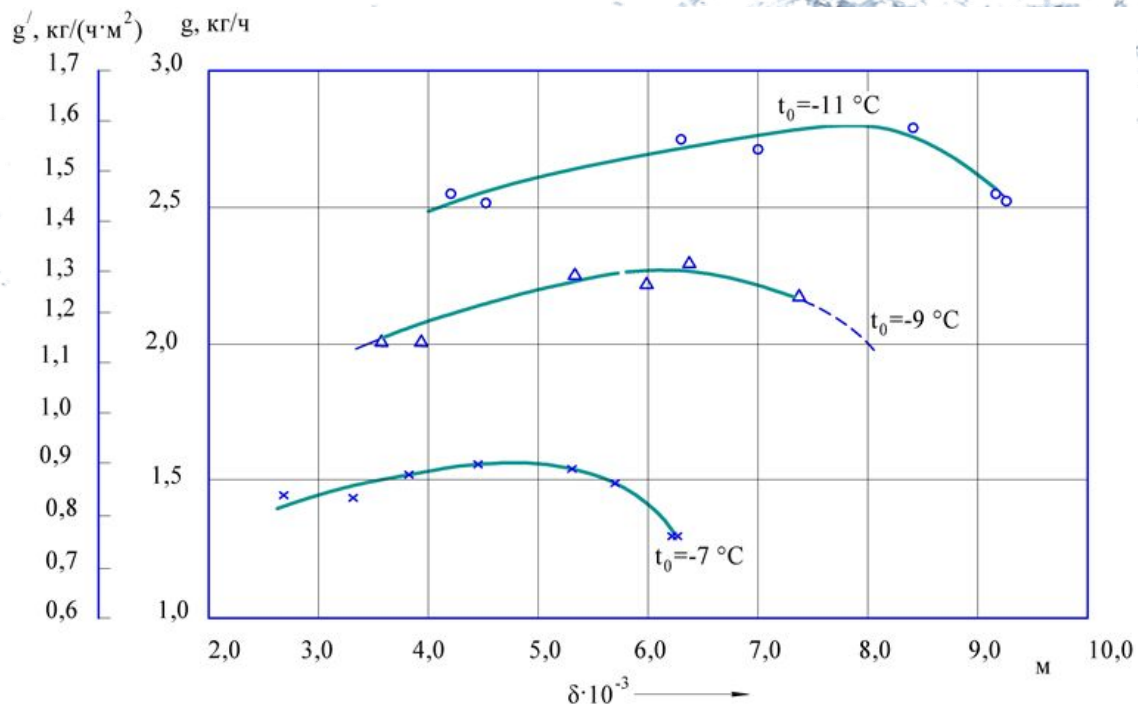
Зависимость производительности g , кг/ч и удельных затрат энергии n , кВт·ч/кг от увеличения температуры воздуха Δt , охлаждаемого конденсатор при начальной температуре раствора 8 °С, концентрации соли 3,8 % и скорости вращения мешалки 10 мин⁻¹



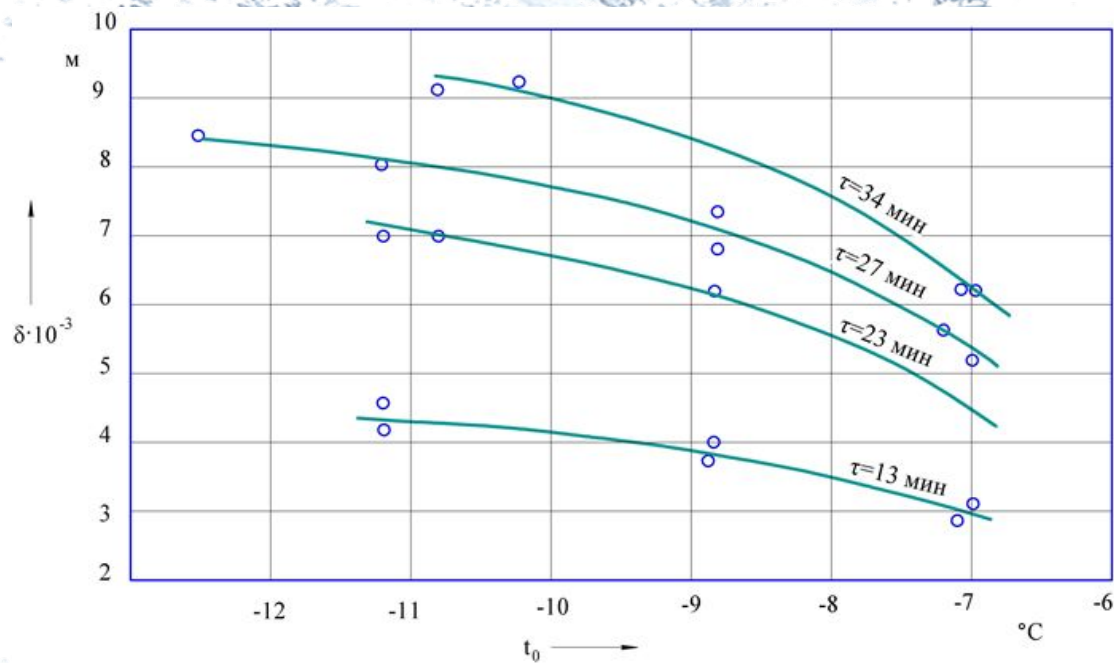
Зависимость температуры раствора t , °С толщины слоя льда δ , м и температуры кипения хладагента от времени намораживания льда τ , мин.:

- 1–температура воды в верхней части цилиндра; 2–температура раствора в нижней части цилиндра; 3–температура кипения хладагента; 4–толщина

ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОТ РЕЖИМОВ РАБОТЫ

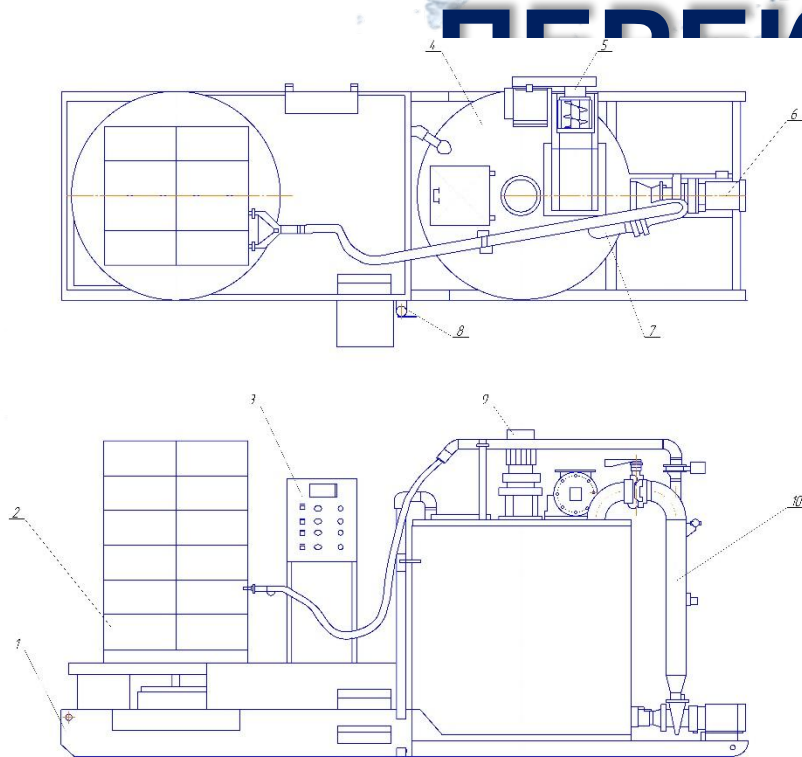


Зависимость удельных производительностей g и g' от толщины льда δ , м и температуры кипения t_0 , °C при начальной температуре раствора 12 °C без перемешивания



Зависимость толщины льда δ , м от температуры кипения хладагента t_0 , °C и продолжительности намораживания льда τ при температуре поступающего раствора 12 °C без перемешивания

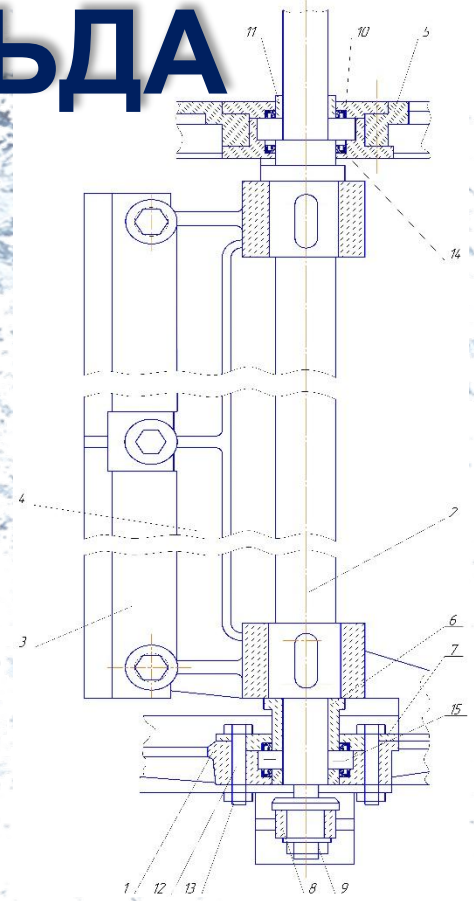
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЛЬДОГЕНЕРАТОРА ПЕРЕКАЧИВАЕМОГО ЛЬДА



Льдогенератор перекачиваемого льда:
 1 – каркас; 2 – стеллаж накопительный;
 3 – пульт управления; 4 – испаритель;
 5 – шнековый нагнетатель льда;
 6 – привод насоса льдоводяной смеси;
 7 – трубопровод подачи льдоводяной смеси;
 8 – патрубок подачи воды на орошение;
 9 – привод ножевого механизма;
 10 – трубопровод рециркуляции



Испаритель: 1 – фланец; 2 – цилиндр
 наружный;
 3 – цилиндр внутренний; 4 – трубка;
 5 – штуцер подачи хладагента;
 6 – штуцер отвода паров хладагента;
 7 – рама опорная; 8 – поплавок;
 9 – держатель терморезистора



Ножевое устройство для срезания слоя льда:
 1 – опора нижняя; 2 – опора верхняя; 3 – вал вертикальный;
 4 – нож; 5 – опора ножа; 6 – втулка опорная; 7 – крышка
 накладная;
 8 – втулка концевика; 9 – гайка; 10 – крышка;
 11 – втулка упорная; 12 – болт; 13 – гайка;
 14 – манжета; 15 – подшипник

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИНЖЕНЕРНОГО РАСЧЕТА

ЛЬДОГЕНЕРАТОРА

ПЕРЕКАЧИВАЕМОГО ЛЬДА

Продолжительность замораживания определяется по формуле Флэнк:

(1)

По необходимой производительности рассчитываем геометрические размеры ледогенератора:

(2)

$$\tau_z = \frac{10^3 \cdot q_z \cdot \rho_{np} \cdot \delta_{np}}{t_{kp} - t_0} \left(\frac{1}{\alpha_0} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{0,5 \cdot \delta_{np}}{\lambda_{np.z}} + \frac{1}{\lambda_l} \right)$$

Угловая скорость вращения вала, рад/с

$$\Pi = V \cdot \rho_l \cdot \omega,$$

$$\omega = \pi n / 30,$$

(3)

Объем намораживаемого льда, м³:

$$V = S_k \cdot H,$$

(4)

Площадь поперечного сечения намораживаемого льда, м²:

$$S_k = 2 \cdot \pi \cdot D \cdot h$$

(5)

Тогда

$$V = 2 \cdot \pi \cdot D \cdot H \cdot h$$

(6)

Для определения геометрических размеров ледогенератора выразим произведение D·H

$$\frac{\Pi}{2 \cdot \pi \cdot \rho_l \cdot \omega \cdot h}$$

$$D \cdot H =$$

(7)

Объем намораживаемого льда на стенках морозильного барабана разработанного ледогенератора V_ф, м³.

$$V_{\phi} = 2 \cdot \pi \cdot D_{\phi} \cdot H_{\phi} \cdot h,$$

(8)

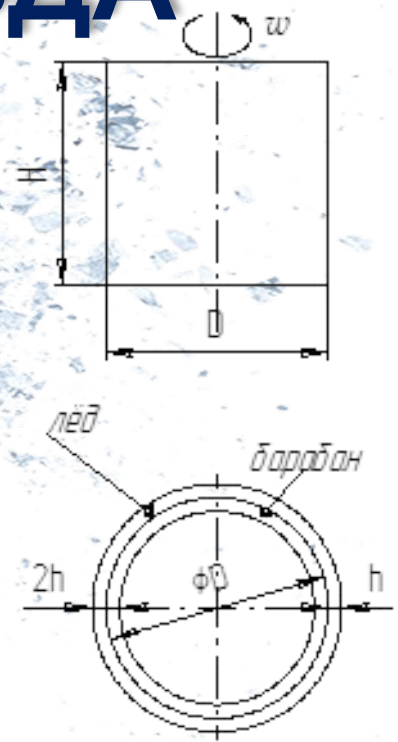


Схема намораживания льда

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Проанализированы способы и оборудование для получения перекачиваемого льда. Наиболее распространенным оборудованием для производства льда являются льдогенераторы. Для его получения актуальными остаются теплообменные аппараты с различными способами охлаждения поверхности теплообмена и конструктивным исполнением устройств для перемешивания и срезания вымороженного льда, которые отличаются высокой энергоэффективностью, производительностью, а также просты в конструкции.

Изучены основные свойства и характеристики перекачиваемого льда: плотность, теплопроводность, принципы и характер формирования льда и т.д.

Исследован процесс льдообразования при охлаждении соленых вод. Установлено, что при постоянной концентрации раствора увеличение его начальной температуры приводит к уменьшению толщины затвердевшего слоя, а также при постоянной начальной температуре раствора увеличение концентрации приводит к уменьшению толщины затвердевшего слоя и снижению скорости замораживания.

Исследован процесс получения перекачиваемого льда. Анализ работы холодильного агрегата показал, что экспериментальная установка работала при средних температурах кипения $t_0 = -11,6 \text{ }^\circ\text{C}$ и конденсации $t_k = 29 \text{ }^\circ\text{C}$ в период создания перекачиваемого льда, что также можно считать нормальным. Подогрев паров на всасывании составил около $5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Разработана методика инженерного расчета льдогенератора перекачиваемого льда. Максимальная производительность разработанного льдогенератора обеспечивает большой запас по производительности. Возможность менять угловую скорость вала с ножом, тем самым изменяя время намораживания и закаливания льда, позволяет в широком диапазоне менять производительность.

Спасибо за внимание!

Спасибо за внимание!

Спасибо за внимание!