

УДК 536.423

П.А. Барабаш, ст.научн.сотр, канд. техн. наук, А.Б. Голубев, ст.научн.сотр, канд. техн. наук, Я.Е. Трокоз, научн. сотр., В.В. Горин, ст. научн. сотр., канд. техн. наук
Національний технічний університет України «КПІ»

Разработка установки для опреснения воды методом вымораживания

В работе представлена установка, предназначенная для опреснения воды методом вымораживания с деформируемой льдогенерирующей поверхностью теплообмена.
установка, опреснение, льдогенератор, деформируемая поверхность теплообмена

П.О. Барабаш, О.Б. Голубев, Я.Е. Трокоз, В.В. Горин
Національний технічний університет України «КПІ»
розробка установки для опреснення води методом виморожування

В роботі наведена установка, яка призначена для опреснення води методом виморожування з деформуючою льдогенерирующею поверхнею теплообміну.
установка, опреснення, льдогенератор, поверхня теплообміну, що деформується

Дефицит чистой воды требует разработки эффективных и экономичных новых методов ее получения или совершенствования уже известных. Решение комплексной проблемы экономии энергетических ресурсов предприятий, имеющих холодильное оборудование, в сочетании с задачей получения чистой воды, может быть обеспечено за счет использования недорогих и эффективных установок для опреснения воды методом вымораживания.

Метод очистки воды вымораживанием основан на эффекте понижения температуры замерзания растворов по сравнению с чистой водой. При охлаждении растворов солей вначале образуются кристаллы льда, обедненные примесями. Проводя удаление кристаллов льда из раствора, с последующим их оттаиванием и повторным замораживанием, можно удалить большую часть солей. Установка, основанная на методе вымораживания, может быть реализована в следующих вариантах:

- при помощи холодильных машин с использованием теплопередающей поверхности;
- отбора тепла кипящими жидкостями (фреоном, углеводородами и т. д.) непосредственно в воде;
- отбором тепла, идущего на парообразование в условиях вакуума.

Однако, наличие на предприятиях пищевой промышленности традиционного холодильного оборудования является определяющим фактором в выборе варианта для реализации поставленной задачи при помощи холодильных машин с использованием теплопередающей поверхности.

Использование фреонов или углеводородов в качестве замораживающего агента, вводимого непосредственно в очищаемый раствор, предполагает использование вращающегося льдогенератора.

Разработанная установка УОВВ-100 предназначена для опреснения воды методом вымораживания с деформируемой льдогенерирующей поверхностью теплообмена. Производительность установки – 100 л/ч воды с содержанием солей

0,001...0,5 г/л (исходная \approx 0,5...30 г/л). Установка предназначена для применения в медицинской, пищевой и мясомолочной промышленности.

Основным элементом опреснительных установок такого вымораживающего типа является льдогенератор (ЛГ). От эффективности работы ЛГ зависит эффективность работы всей установки для опреснения воды методом вымораживания.

В настоящей работе представлены технические решения, необходимые для проектирования льдогенератора (ЛГ), в частности:

- выбор вида деформируемой поверхности и, в связи с этим, определение удельных характеристик по льдопроизводительности УОВВ-100, которые по своим значениям должны быть не хуже характеристик существующих льдогенераторов;

- определение геометрических размеров ЛГ УОВВ-100 в соответствии с полученной льдопроизводительностью для выбранного вида деформируемой поверхности;

- выбор способа осуществления деформации рабочей поверхности ЛГ УОВВ-100.

Описание вариантов изделия

В настоящее время известен ряд опреснительных установок, работающих на принципе вымораживания.

Очищаемая вода подается в льдогенератор, где она охлаждается хладагентом, подаваемым холодильной машиной. При замерзании воды, в условиях непрерывного перемешивания, образуются мелкие кристаллы льда, которые поступают на транспортер и в камеру таяния. Часть льда тает над сборником рассола, промывая лед от рассола. Основная часть пресного льда тает над сборником пресной воды, используя обдув льда воздухом, подаваемым вентилятором. В итоге из 1 м³ воды с содержанием солей 32 г/л получается около 0,2 м³ опресненной воды с содержанием солей 0,5 г/л.

Основным элементом опреснительных установок такого вымораживающего типа является льдогенератор (ЛГ). От эффективности работы ЛГ зависит эффективность работы всей установки для опреснения воды методом вымораживания.

В табл. 1 для сравнения приведены краткие характеристики некоторых льдогенераторов и ЛГ в разрабатываемой УОВВ-100. По удельным характеристикам разрабатываемый льдогенератор превосходит характеристики аналогов.

Таблица 1 - Краткая характеристика некоторых льдогенераторов, работающих на фреоне-22 (аммиаке)

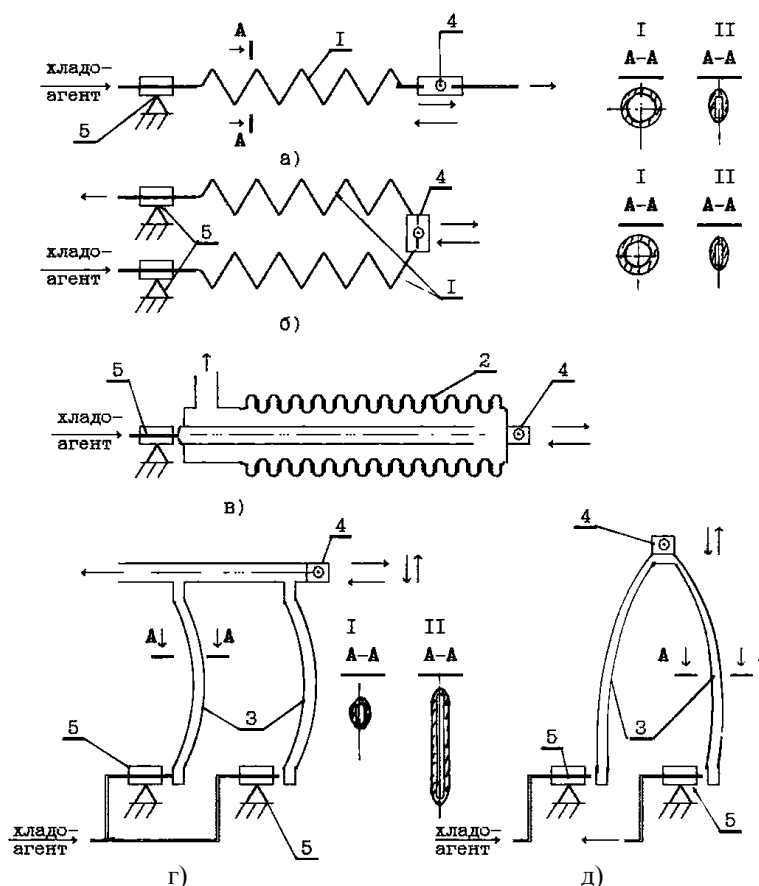
Характеристики	ИЛ-500	ИЛ-300 "Пингвин"	Л-200 "Амур"	Фил 50/100	ЛГ УОВ- 100
Производительность при темп. замораж. воды 28 °С и помещения 10...28°С, кг/ч	500-800	300-500	200-250	150-240	100
Темп-ра кипения хладагента, °С	-22...-40	-22...-25	-22...-25	-18...-40	-18...-40
Темп-ра льда из пресной воды, °С	- 4...-6	- 4 ...-6	- 4 ...-6	- 4 ...-8	0
Расход воды без рециркуляции, м ³ /ч	до 1,1	до 0,5	до 0,4	до 0,4	до 0,11
Рабочая поверхность льдогенератора, м ²	4,75	2,55	1,6	1,0	0,5
Съем льда с 1 м ² площади рабочей поверхности льдогенератора, кг/ч	168	137	156	240	240...260
Мощн. эл. двигателя устройства для отделения льда от рабочей поверхности, кВт	2,0	2,2	1,5	0,45	0,1
Масса, кг	1600	630	520	240	80
Способ съема льда	ножевой	ножевой	ножевой	ножевой, фрезерный	деформ. рабочей пов-сти

Разнообразие вариантов технического решения поставленной задачи обусловлено возможностью применения в разрабатываемом льдогенераторе УОВВ-100 различных видов льдогенирующих поверхностей, способов осуществления деформации поверхности и вариантов применения хладоносителя.

Виды деформируемой льдогенирующей поверхности теплообмена

Применение деформируемой поверхности теплообмена для получения льда обусловлено использованием различий в механических свойствах теплообменной поверхности и ледяной корки для отделения льда от поверхности теплообмена.

На рис.1 приведены различные варианты применения деформируемых поверхностей для получения льда. На рис.1,а показана трубчатая пружина с жесткой заделкой одного ее конца (входного патрубка) и свободным другим концом (выходным патрубком), соединенным с механизмом, периодически перемещающим свободный конец пружины (сжимая и растягивая ее относительно ненагруженного состояния) вдоль оси пружины. Сечение трубчатой пружины может иметь форму круга, эллипса и др.



1 - трубчатая пружина; 2 - сильфон; 3 - щелевидный канал; 4 - место жесткого соединения с кривошипно-шатунным механизмом; 5 - место жесткого соединения с корпусом

Рисунок 1 – Виды деформируемых поверхностей

На рис.1б показана трубчатая пружинная поверхность П-образной формы (по оси пружины), состоящая из двух пружин, которые имеют жесткую заделку входного патрубка у I-ой пружины и выходного патрубка у II-ой, а соответственно выходной патрубок I-ой пружины и входной патрубок II-ой соединены перемычкой, которая соединена с механизмом, периодически перемещающим ее (сжимая и растягивая обе пружины относительно ненагруженного состояния) вдоль осей пружин.

На рис.1в показана сильфонная поверхность, которая со стороны входного и выходного патрубков имеет жесткую заделку, а другой конец ее соединен с механизмом, периодически перемещающим сильфон (сжимая и растягивая его относительно ненагруженного состояния) вдоль его продольной оси.

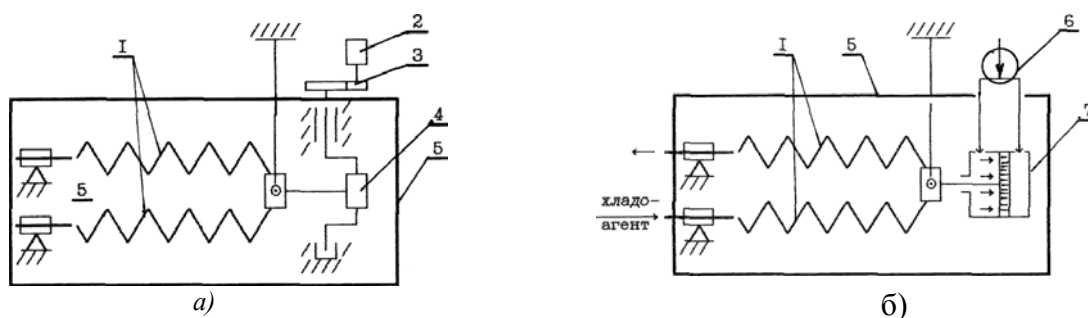
На рис.1г и рис.1д показаны варианты применения щелевых каналов в качестве льдогенерирующих поверхностей. Сечение каналов имеет эллипсовидную форму, причем длина большой оси эллипса может достигать до 20-ти и более диаметров малой оси.

Следует отметить, что во всех приведенных на рис.1 вариантах применения льдогенерирующих поверхностей, возможно осуществление деформации поверхности за счет периодического изменения рабочего давления теплоносителя (хладоагента). Так, при изменении давления теплоносителя, например его увеличении, как трубчатая пружина, так и изогнутый щелевой канал (рис.1 а,б,г,д) имеющие эллипсовидные сечения, стремятся распрямиться вследствие деформации их поперечных сечений, которые стремятся принять форму круга. По той же причине, за счет распрямления поверхности в продольном направлении, происходит деформация сильфонной поверхности (рис.1в).

Варианты исполнительного механизма и применения хладоносителя

В качестве устройств, осуществляющих деформацию льдогенерирующей поверхности, возможно применение следующих:

- а) кривошипно-шатунный механизм (рис.2а);
- б) пневматический (рис.2б);
- г) гидравлический (рис.2б);
- в) устройство, осуществляющее изменение (пульсацию) давления хладоносителя.



1- трубчатая пружина; 2- привод (электродвигатель); 3- редуктор; 4- кривошипно-шатунный механизм; 5- корпус ЛГД; 6- золотник; 7- цилиндр с поршнем

Рисунок 2 – Варианты исполнительного механизма

Подвод холода к льдогенерирующей поверхности может осуществляться как испарением жидкого аммиака (фреона), так и циркуляцией рассола.

Описание и обоснование выбранной конструкции льдогенератора опреснительной установки

Из рассмотренных вариантов применения льдогенерирующих поверхностей, представленных на рис.1, был выбран вариант, показанный на рис.1б – трубчатая пружинная поверхность (поперечное сечение в форме круга) П-образной формы.

Основными преимуществами выбранного варианта по сравнению с другими являются:

- простота в изготовлении и низкая стоимость;
- наличие надежной методики расчета допустимой максимальной нагрузки на пружину и соответствующего ей максимального допустимого осевого перемещение пружины (круглого сечения);

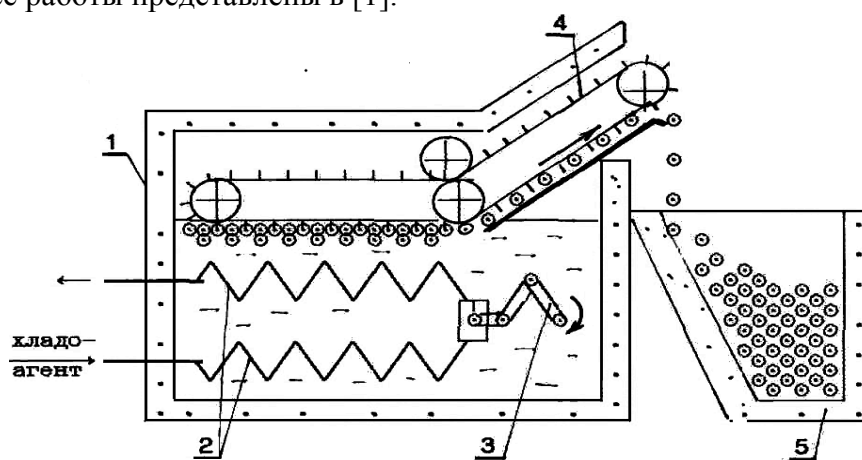
- отсутствует необходимость (по сравнению с вариантами рис.1а и г) в наличии узлов, обеспечивающих подвод хладагента к движущимся (отводящим или подводящим) патрубкам;

- по сравнению с сифонной поверхностью (вариант рис.1в) отсутствует опасность быстрого вмораживания льдогенерирующей поверхности в сплошной лед при нарушении оптимальной частоты деформаций. Предлагается использовать трубчатые змеевики из коррозионностойких материалов, применяемых при работе в таких средах как вода, рассолы, аммиак и т.д.

В качестве устройства, осуществляющего деформацию льдогенерирующей поверхности применяется кривошипно-шатунный механизм.

Для достижения максимальных значений удельной льдопроизводительности, при подводе холода к льдогенерирующей поверхности, выбран вариант испарения жидкого аммиака (фреона).

Принципиальная схема ЛГ установки (рис. 3), реализующая выбранный вариант и принцип ее работы представлены в [1].



1- бак; 2- поверхность теплообмена; 3- кривошипно-шатунный механизм;
4- транспортер; 5- бункер-накопитель

Рисунок 3 – Схема ЛГ УОВВ-100

Следует отметить, что в ЛГ УОВВ-100 процесс льдообразования более интенсивный по сравнению с известными в настоящее время ЛГ – аппаратами, в которых лед с теплообменной поверхности срезается ножами, фрезами или удаляется в результате оттаивания пристенного слоя. Это объясняется тем, что в известных в настоящее время ЛГ аппаратах теплопередача осуществляется либо через постоянно нарастающий слой льда, имеющего довольно низкий коэффициент теплопроводности – 2,2 Вт/(м·град) (аппараты с периодическим удалением льда), либо через малоизменяющийся, но достаточно толстый $\delta > 0,5$ мм (по сравнению с толщиной намораживаемого льда в зазоре между коркой льда и деформируемой поверхностью в ЛГ) слой льда (аппараты со срезанием льда).

В разработанном ЛГ УОВВ ледяной слой постоянно растрескивается, вода через образовавшиеся трещины подсасывается непосредственно к поверхности теплообмена, где превращается в лед, отдавая теплоту кристаллизации частью поверхности теплообмена, а частью охлажденному до минусовой температуры льду, отслоившемуся от змеевика. Кроме того, затраты энергии на срезание льда существенно выше затрат энергии на деформацию льдообразующей поверхности.

Выводы:

1. Конструкция ЛГ учитывает технические новшества, совокупность применения которых дает новый технико-экономический эффект.

2. Затрати енергії на деформацію льдообразуючої поверхності суттєво нижче затрат енергії на срезання льда.

3. Проведені випробування доказали работоспособність пропонованої конструкції льдогенератора і дозволили визначити орієнтовне значення частоти деформацій ($\omega = 20 \text{ min}^{-1}$) для отримання максимальної удельної продуктивності льдогенератора $g = 260 \text{ кг/м}^2\text{ч}$.

Список літератури

1. Барабаш П. А., Голубев А. Б., Трокоз Я. Е., Горин В.В. // Установка для опреснения воды методом вымораживания с деформируемой льдогенерирующей поверхностью теплообмена.// - Зб. тез IX-ї Міжнародної науково-практичної конференції "Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки". – Кіровоград. – 2013. – С. 223-225.

Petr Barabash, Aleksey Golubev, Yaroslav Trokoz, Vadim Gorin

National technical University of Ukraine «KPI»

Development of the installation for water desalination method of freezing

This work presents a plant intended for desalination method of freezing with deformable ice generating heat exchange surface.

Developed by installing YOBB-100 is intended for desalination method of freezing with deformable льдогенерирующей surface heat transfer. Plant capacity - 100 l/h water with salt content 0,001...0,5 g/l (initial ≈ 0.5 to 30 g/l). Installations are intended use in medical, food, meat and dairy industries.

The main element of desalination plants such freezing type is ice (LH). The efficiency of the LH depends on the efficiency of operation of the plant for desalination method of freezing.

Design LH takes into account technical innovations, a set of applications which gives a new technical and economic effect.

Energy cost deformation льдообразуючої surface significantly lower the energy cost cutting ice.

Tests proved the capacity of the proposed design ice machine and allowed to determine the approximate value of the frequency of deformations ($\omega = 20 \text{ min}^{-1}$) to obtain the maximum specific performance ice machine $g = 260 \text{ кг/м}^2\text{ч}$.

installation, desalination, ice machine, deformed surface of heat exchange

Одержано 26.10.13

УДК 629.3.017

В.В. Біліченко, проф., д-р техн. наук, О.Л. Добровольський, доц., канд. техн. наук

Вінницький національний технічний університет

Перспективи використання активного рульового керування

В статті висвітлено основні проблеми стійкості та керованості легкових автомобілів, а також підвищення параметрів ходової частини за рахунок встановлення систем активного керування. Запропоновано для покращення експлуатаційних властивостей автомобіля в рульове керування ввести додатковий коливальний контур за допомогою якого зменшується крен автомобіля при його русі на повороті. Поєднання запропонованого пристрою з стандартними засобами активної безпеки дозволить обійти обмеження які існують в сучасних системах активної безпеки.

активне рульове керування, рульовий механізм крен автомобіля, активна безпека