

УДК 637.133.1

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-3-116-120

Температурный режим генератора ледяной воды при получении пластинчатого льда

Сергей Александрович Шишлов¹, Андрей Александрович Демешко²,
Александр Николаевич Шишлов³, Наталья Александровна Чугаева⁴

^{1, 2, 3, 4} Приморская государственная сельскохозяйственная академия, Приморский край,
Уссурийск, Россия

^{1, 2, 3, 4} sergey_a_shishlov@mail.ru

Аннотация. Важной операцией в технологии первичной обработки молока является его охлаждение, которое производится различными техническими средствами. При охлаждении молока широкое распространение получили генераторы ледяной воды, стандартная конструкция которых содержит испаритель трубчатого типа. Основными недостатками такой конструкции считаются высокое потребление электрической энергии и значительное время, необходимое для образования льда. Для устранения недостатков, присущих существующим конструкциям генераторов ледяной воды, разработано техническое решение, новизна которого подтверждается патентом РФ на полезную модель. Предлагаемая конструкция генератора ледяной воды отличается наличием испарителей панельного типа, импульсным режимом работы, пластинчатой конфигурацией получаемого льда и может быть применена в технологии первичной обработки молока при его охлаждении. В статье представлены некоторые результаты исследований эффективности функционирования генератора ледяной воды предлагаемой конструкции с испарителями панельного типа и генератора ледяной воды стандартной конструкции с испарителями трубчатого типа в зависимости от температурного режима работы.

Ключевые слова: генератор ледяной воды, молоко, испаритель, компрессорно-конденсаторный агрегат, хладагент

Для цитирования: Шишлов С. А., Демешко А. А., Шишлов А. Н., Чугаева Н. А. Температурный режим генератора ледяной воды при получении пластинчатого льда // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 3 (59). С. 116–120.

Temperature mode of the ice water generator during the production of platelike ice

Sergey A. Shishlov¹, Andrey A. Demeshko², Aleksandr N. Shishlov³, Natalia A. Chugaeva⁴

^{1, 2, 3, 4} Primorskaya State Academy of Agriculture, Primorsky Krai, Ussuriisk, Russia

^{1, 2, 3, 4} sergey_a_shishlov@mail.ru

Abstract. An important operation in the technology of primary processing of milk is its cooling, which is produced by various technical means. When cooling milk, ice water generators are widely used, the standard design of which contains a tubular type evaporator. The main disadvantages of this design are considered to be the high consumption of electrical energy and the considerable time required for the formation of ice. To eliminate the shortcomings inherent in the existing designs of ice water generators, a technical solution has been developed, the novelty of which is confirmed by the patent of the Russian Federation for a utility model. The proposed design of the ice water generator is distinguished by the presence of panel-type evaporators, pulse mode of operation, plate configuration of the resulting ice and can be used in the technology of primary processing of milk when it is cooled. The article presents some results of studies of the efficiency of the ice water generator of the proposed design with panel-type evaporators and the ice water generator of the standard design with tube-type evaporators, depending on the temperature mode of operation.

Keywords: ice water generator, milk, evaporator, compressor-condensing unit, refrigerant

For citation: Shishlov S. A., Demeshko A. A., Shishlov A. N., Chugaeva N. A. Temperature mode of the ice water generator during the production of platelike ice. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik* = *Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 3 (59); 116–120.

Введение. В технологическом процессе производства молока важная роль принадлежит обеспечению его сохранности, связанному с охлаждением продукции [5, 1]. Для охлаждения молока находят применение ряд конструкций, таких как танки-охладители, проточные теплообменники, чиллеры, генераторы ледяной воды [3]. Процесс охлаждения молока – энергозатратная операция, занимающая определенное время. Поэтому одними из основных задач, которые необходимо решить при совершенствовании процесса охлаждения молока, являются снижение затрат энергии и сокращение времени охлаждения. Для решения поставленных задач нами разработана конструкция генератора ледяной воды с импульсным режимом работы, техническая новизна которой подтверждена патентом № 197873 [6, 4].

Цель работы – определение эффективных режимов работы генератора ледяной воды при получении пластинчатого льда для охлаждения молока.

Условия и методы исследования.

Методика исследований базировалась на требованиях к испытаниям холодильных установок, регламентируемых ГОСТ 25005-94 «Оборудование холодильное. Общие требования к назначению давления», ГОСТ 12.2.233-2012 «Системы холодильные холодопроизводительностью свыше 3,0 кВт» и ГОСТ Р 50803-95 «Резервуары-охладители молока. Общие технические требования».

Основными узлами генератора ледяной воды панельного типа с импульсным режимом работы [6], общий вид которого представлен на рисунке 1 а, являются компрессорно-конденсаторный агрегат (рисунок 1 б) и емкость с двумя панельными испарителями (каждый площадью 2 м²), в которой происходит охлаждение воды и последующая наморозка льда. В компрессорно-конденсаторном агрегате использован компрессор спиральный Invotech YM102E1S-100 с холодильным коэффициентом 2,04.



а)



б)

а) общий вид; б) компрессорно-конденсаторный агрегат
Рисунок 1 – Генератор ледяной воды

Результаты исследований. Опытным путем установлено, что в случае получения сплошного ледяного пласта его сложно отделить от поверхности испарителя. Это объясняется тем, что, чем больше площадь ледяного пласта, тем больше падение давления жидкости под ним в момент всплытия, при этом пласт находится в равновесном состоянии, не всплывая, что приводит к увеличению времени на его отделение от испарителя, и, в результате, снижается эффективность работы генератора. Для полного отделения ледяного пласта нижний испаритель намораживает лед в четырех равных зонах [4], не образуя сплошного ледяного пласта, при этом хладагент поступает в четыре равноудаленные друг от друга точки.

Для определения режимов, при которых производство пластинчатого льда в генераторе ледяной воды будет происходить с максимальной производительностью, необходимо учитывать такие факторы, как температура воды в емкости генератора, температура кипения хладагента, время цикла наморозки. Время цикла наморозки принято равным 360 с, поскольку экспериментально установлено, что за этот период не происходит замерзания толстого слоя льда и обеспечивается стабильная температура кипения хладагента в панельном испарителе.

В результате экспериментальных исследований получена зависимость массы льда, произведенного за один цикл наморозки, от температуры воды в емкости генератора (рис. 2).

Результаты исследований позволяют сделать вывод о практически линейной зависимости увеличения количества льда за один цикл наморозки при снижении температуры воды.

Повышение температуры воды способствует ускорению процесса отделения льда от поверхности испарителя, однако более высокая температура воды в верхних слоях, после отделения ледяного пласта, снижает количество полученного льда.

При понижении температуры воды полученный пласт льда не уменьшается в ее верхних слоях, но затрачивается больше времени для отделения льда от испарителя ввиду более низкой температуры кипения хладагента.

Графически результаты сравнительных исследований температуры воды в ем-

кости генератора в зависимости от температуры кипения хладагента для стандартного генератора ледяной воды с трубчатым испарителем [3] и для генератора ледяной воды предлагаемой конструкции с панельным испарителем [4] представлены на рисунке 3.

Анализ полученных данных показывает, что генератор ледяной воды предлагаемой конструкции позволяет поддерживать низкую температуру воды в емкости при более высоких температурах кипения хладагента по сравнению со стандартным генератором ледяной воды с трубчатым испарителем. Так, при температуре воды в емкости генератора 0,5 °С, температура кипения хладагента в генераторе с панельным испарителем составляет минус 19 °С, соответственно в стандартном генераторе ледяной воды с трубчатым испарителем температура кипения хладагента составляет минус 24 °С.

В интервале температуры воды в емкости генератора от 0,5 °С до 3,5 °С диапазон температуры кипения хладагента составляет в генераторе ледяной воды предлагаемой конструкции от – 19 °С до – 16 °С, в генераторе ледяной воды стандартной конструкции – от – 24 °С до – 18 °С, т. е. охлаждение воды в генераторе предлагаемой конструкции происходит в два раза меньшем диапазоне изменения температуры кипения хладагента, чем обеспечивается ее стабильность и, в результате, более высокая, по сравнению со стандартной конструкцией, производительность и эффективность работы компрессора.

Вывод. Результаты проведенных исследований показывают, что разработанная конструкция генератора ледяной воды с испарителем панельного типа позволяет более эффективно, в сравнении со стандартным генератором ледяной воды с трубчатым испарителем, производить охлаждение воды с последующей наморозкой пластинчатого льда за счет обеспечения стабильности температуры кипения хладагента при понижении температуры воды и возможности поддержания низкой температуры воды при более высокой температуре кипения хладагента.

Полученные экспериментальные данные позволяют задавать различную производительность генератора ледяной воды под разные производственные задачи, обеспечивая максимальную эффективность его работы.

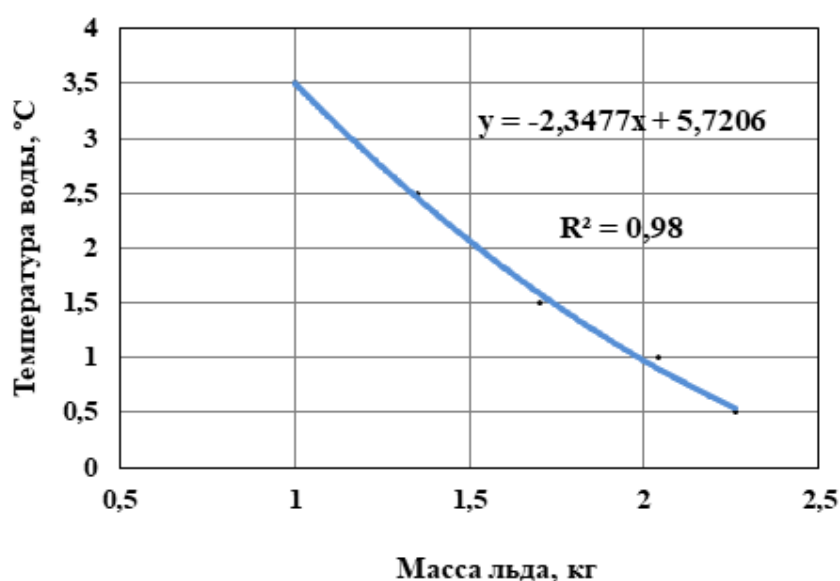


Рисунок 2 – Зависимость массы льда, полученного за один цикл наморозки, от температуры воды в емкости генератора

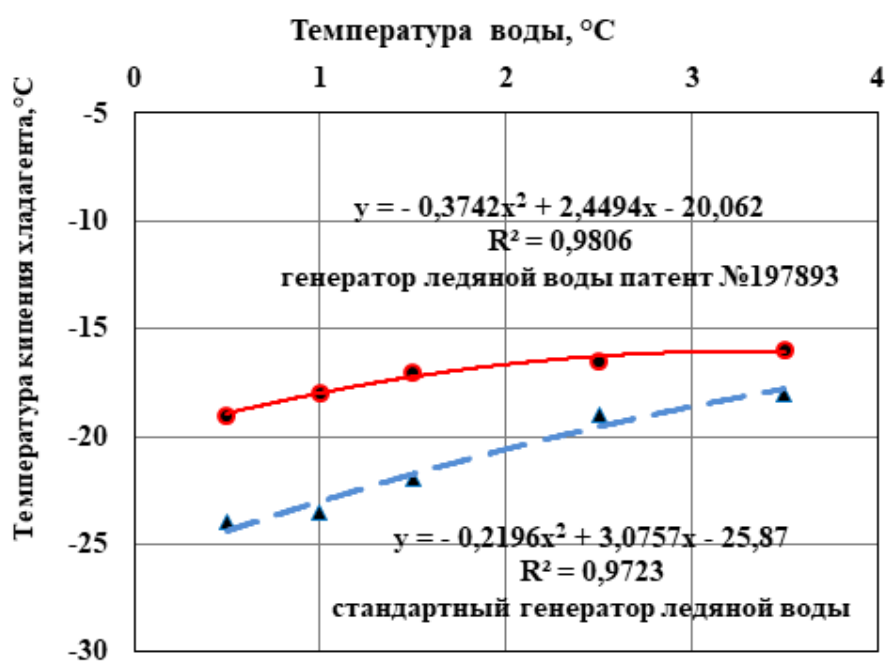


Рисунок 3 – Зависимость температуры воды в емкости генератора от температуры кипения хладагента в испарителях стандартного генератора ледяной воды и генератора ледяной воды предлагаемой конструкции

Список литературы

1. Демешко, А. А. Молоко: факторы, влияющие на его сохранность / А. А. Демешко, С. А. Шишлов, А. Н. Шишлов // Материалы XX межвузовской научн.-практ. конф. – Уссурийск, 2020. – С.14–21.
2. Демешко, А. А. Обзор конструкций испарителей в системах охлаждения жидкостей / А. А. Демешко, С. А. Шишлов, А. Н. Шишлов // Материалы XIX межвузовской научн.-практ. конф. – Уссурийск, 2019. – С. 12–18.
3. Степанова, Л. И. Справочник технолога молочного производства / Л. И. Степанова. – Санкт-Петербург : ГИОРД, 1999. – Т. 1. – 384 с.

4. Шишлов, С. А. Использование генератора ледяной воды для мгновенного охлаждения молока / С. А. Шишлов, А. А. Демешко, А. Н. Шишлов, Н. А. Чугаева // Дальневосточный аграрный вестник. – 2020. – №4 (56). – С. 146–149.

5. ГОСТ 31449-2013. Молоко коровье сырое. Технические условия. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 6 с.

6. Пат. 197873. Российская Федерация, МПК B67D 7/80, F25C 1/12. Устройство для получения ледяной воды / А. А. Демешко. – № 2020100747 ; заявл. 09.01.2020 ; опубл. 03.06.2020. Бюл. №16. – 7 с.

References

1. Demeshko, A. A., Shishlov, S. A., Shishlov, A. N. Moloko: faktory, vliyayushchie na ego sokhrannost' (Milk: factors affecting its safety), Materialy XX mezhvuzovskoy nauch.-prakt. konf., Ussuriysk, 2020, PP.14–21.

2. Demeshko, A. A., Shishlov, S. A., Shishlov, A. N. Obzor konstruktivnykh ispariteley v sistemakh okhlazhdeniya zhidkostey (Overview of Evaporator Design in Liquid Cooling Systems), Materialy XIX mezhvuzovskoy nauch.-prakt. konf., Ussuriysk, 2019, PP. 12–18.

3. Stepanova, L. I. Spravochnik tekhnologa molochnogo proizvodstva (Dairy Technologist's Handbook), Sankt-Peterburg, GIOR, 1999, T. 1, 384 p.

4. Shishlov, S. A., Demeshko, A. A., Shishlov, A. N., Chugaeva, N. A. Ispol'zovanie generatora ledyanoy vody dlya mgnovennogo okhlazhdeniya moloka (Using an ice water generator for instant milk cooling), Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik, 2020, No 4 (56), PP. 146–149.

5. GOST 31449-2013. Moloko korov'e syroe. Tekhnicheskie usloviya. (State standard 31449-2013. Raw cow's milk. Technical conditions), Moskva, Standartinform, 2018, 6 p.

6. Pat. 197873. Rossiyskaya Federatsiya (Russian Federation), MPK B67D 7/80, F25C 1/12. Ustroystvo dlya polucheniya ledyanoy vody (Device for producing ice water), A.A. Demeshko, No 2020100747, zayavl. 09.01.2020, opubl. 03.06.2020. Byul. No 16, 7 p.

© Шишлов С. А., Демешко А. А., Шишлов А. Н., Чугаева Н. А., 2021

Статья поступила в редакцию 16.03.2021; одобрена после рецензирования 20.04.2021; принята к публикации 04.08.2021.

The article was submitted 16.03.2021; approved after reviewing 20.04.2021; accepted for publication 04.08.2021.

Информация об авторах

Шишлов Сергей Александрович, доктор технических наук, профессор, Приморская государственная сельскохозяйственная академия, e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru;

Демешко Андрей Александрович, аспирант, Приморская государственная сельскохозяйственная академия, e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru;

Шишлов Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент, Приморская государственная сельскохозяйственная академия, e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru;

Чугаева Наталья Александровна, кандидат биологических наук, доцент, Приморская государственная сельскохозяйственная академия, e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru.

Information about authors

Sergey A. Shishlov, Doctor of Technical Sciences, Professor; Primorskaya State Academy of Agriculture; e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru;

Andrey A. Demeshko, Postgraduate Student; Primorskaya State Academy of Agriculture; e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru;

Aleksandr N. Shishlov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Primorskaya State Academy of Agriculture; e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru;

Natalia A. Chugaeva, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor; Primorskaya State Academy of Agriculture; e-mail: sergey_a_shishlov@mail.ru.