

УДК 664.8.047:637.52:641.568

**РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СУБЛИМАЦИОННОЙ СУШКИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЕСТЕСТВЕННОГО ХОЛОДА
В РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ)**

Антипов Алексей Васильевич*Кандидат технических наук, академик Международной Академии холода**г. Санкт-Петербург, Россия**Консультант, ООО «Холодильные Системы машиностроение»**г. Таганрог, Россия**e-mail: A225306@yandex.ru***Власенко Галина Павловна***Кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Национальный**исследовательский институт «Московский энергетический институт»**г. Москва, Россия, e-mail: vlasenkogp@yandex.ru***Дондоков Юрий Жигмитович***Кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Арктический ГАТУ, г. Якутск**Россия, e-mail: ooo-centaurus@mail.ru*

Аннотация. Предложена разработка сублимационной сушилки, использующей неисчерпаемый ресурс Арктики, естественный холод. Энергетическая эффективность оборудования при использовании естественного холода позволяет превзойти показатели лучшего зарубежного оборудования для длительного консервирования пищевых продуктов – вакуумной сублимационной сушилки.

Ключевые слова: сублимационная сушка, энергетическая эффективность, естественный холод.

**DEVELOPMENT OF EQUIPMENT FOR FREEZE DRYING USING NATURAL
COLD IN THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)**

Antipov Aleksey Vasilyevich*Candidate of technical sciences, academician of the International Academy**of Refrigeration, Saint-Petersburg, Russia**LLC "Refrigeration Systems Engineering", Taganrog, Russia**e-mail: A225306@yandex.ru*

Vlasenko Galina Pavlovna

Candidate of technical sciences, associate professor, National Research University

"Moscow Power Engineering Institute", Moscow, Russia

e-mail: vlasenkogp@yandex.ru

Dondokov Yuriy Zhigmitovich

Candidate of technical sciences, associate professor, Arctic State Agrotechnological

University, Yakutsk, Russia, e-mail: ooo-centaurus@mail.ru

Abstract. The development of a freeze dryer using the inexhaustible resource of the Arctic, natural cold, is proposed. The energy efficiency of the equipment when using natural cold makes it possible to surpass the performance of the best foreign equipment for long-term preservation of food products - vacuum freeze drying.

Keywords: freeze drying, energy efficiency, natural cold.

Введение. С 2019 года в Арктическом государственном агротехнологическом университете (АГАТУ), на кафедре «Технологические системы АПК» активно занялись исследованиями процесса сублимационной сушки при атмосферном давлении.

В 2020 г. Были опубликованы результаты разработки технологии получения чипсов из северной рыбы с использованием естественного холода Якутии. Работа была проведена совместно с МГУТУ, г. Москва и ВСГУТУ, г. Улан-Удэ. В этих университетах имеется техника: как вакуумной сублимационной сушки, так и атмосферной.

Якутия относится к числу тех немногих районов страны, которые изобилуют озерными водоемами и реками, которые заселены ценными промысловыми видами рыб (сибирский осетр, нельма, таймень, муксун, чир, пелядь и др.). По территории республики протекает свыше 700 тыс. рек, более 800 тыс. озер.

Перспективным направлением в Республике Саха (Якутия) является производство готовых блюд из рыбы длительного хранения. Такие продукты необходимы для того, чтобы снизить зависимость от летнего завоза и обеспечить снабжение других регионов страны северной рыбой.

Пищевые продукты длительного хранения с самым высоким качеством производятся методом сублимационной сушки. В Якутске действовало предприятие «Таба» по переработке сырья из оленя с помощью вакуумной сублимационной сушки (ВСС), технология (ВСС) хорошо известна, однако она далека от совершенства. Отечественной техники серийного производства нет, а импортное оборудование не использует один из главных ресурсов Арктики –

естественный холод. Поэтому нами принято решение создать свою сублимационную технику, не уступающую по своим показателям лучшим зарубежным образцам вакуумной техники, использующую энергетический ресурс Арктики - естественный холод.

Вакуумная сублимационная сушка появилась в России в 1924 году и с тех пор активно используется во всем мире. Например, сухой паек американского солдата включает в себя сублимированные продукты на 40 дней автономного существования. В то же время, в России нет массового производства сублимированных продуктов, в виду того, что техника и технология вакуумной сублимационной сушки очень дорога и сложна. Здесь можно отметить и то, что это холодильная технология, которая в принципе опирается на импортную технику.

Материалы и методы исследования. Естественно, при разработке новой техники, нам необходимо сопоставление с существующей зарубежной техникой, В качестве образца, для сравнения, мы выбрали известное оборудование китайской фирмы «Кемоло». В нашей стране есть несколько образцов сублимационных сушилок при атмосферном давлении: в ВСГУТУ, г. Улан-Удэ, и Национальном исследовательском университете «МЭИ», г. Москва.

Исследования сублимационной сушки при атмосферном давлении (АСС) показали, что оборудование АСС существенно дешевле, продукты получают такого же качества, как и на вакуумных сублимационных сушилках, но энергетические показатели таких сушилок, существенно хуже.

Сравнение показателей вакуумной и проектируемой атмосферной сублимационных сушилок приведено в таблице 1.

Таблица 1

Сравнение показателей вакуумной и проектируемой атмосферной сублимационных сушилок

Наименование сушилки	Приведенная стоимость оборудования	Приведенные энергетические затраты	Толщина слоя	Время сушки
ВСС FD-50	35750 руб/кг 3,	3,96 руб./кг	~10 мм	18 час
Проектируемая АСС с использованием естественного холода	6451 руб. кг/	3,73 руб/кг	~2...5 мм	30 час

Поэтому в НИУ «МЭИ» последние годы проводятся активные работы по совершенствованию энергетических показателей установок АСС. Аспирант МЭИ, Аляутдинов А.Р., запатентовал сушилку[1] где используется теплота сбива

перегрева холодильного агента при сублимационной сушке и теплота конденсации при досушивании продукта, которая позволяет сушить продукт с затратами 6,5 кВт.ч/ кг, против обычных 8,5 кВт.ч/кг.

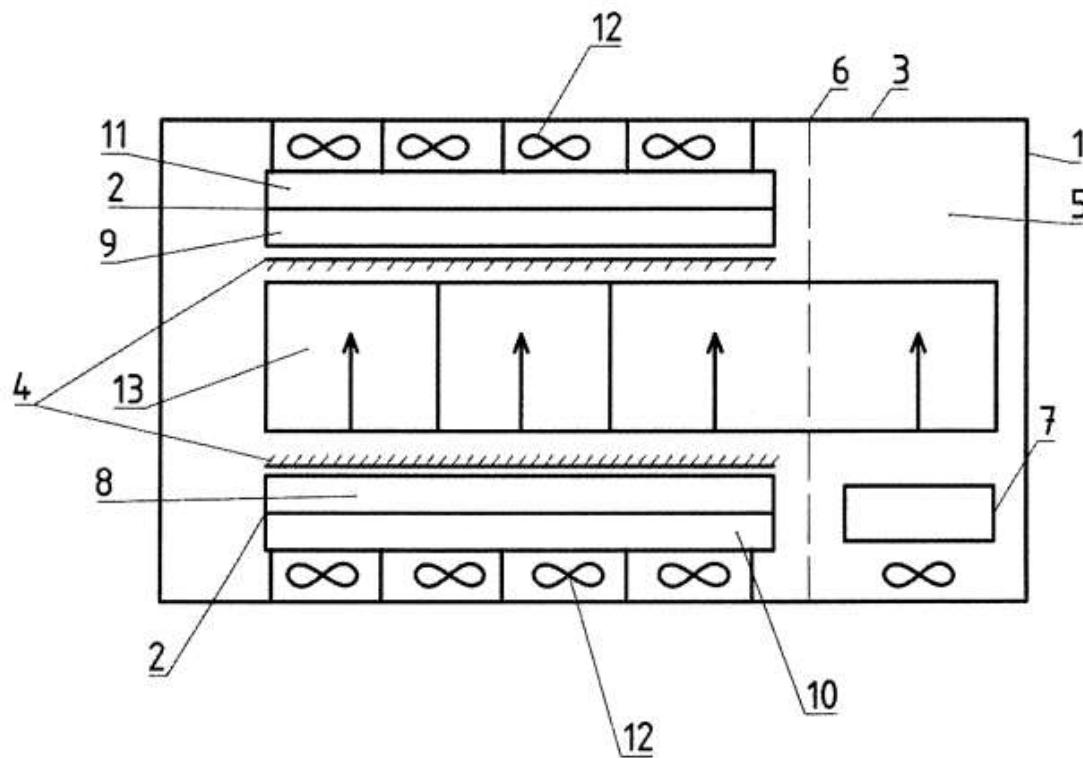


Рис.1. Устройство для сушки

Сущность изобретения поясняется на рис.1, где показана структурная схема устройства для сушки, вид сверху. Устройство для сушки содержит сублимационную камеру 1 и два блока подготовки воздуха 2, объединенные в замкнутую систему для циркуляции воздуха при помощи теплоизолированного кожуха 3, и отделенные друг от друга с помощью жалюзи 4 для отсечения блоков подготовки воздуха 2 во время оттайки камеру досушивания 5 с воздухопроницаемыми перегородками 6 и расположенным в ней конденсатором 7 теплового насоса. В каждом блоке подготовки воздуха 2 расположены воздухонагреватели 8 и 9, низкотемпературные испарители 10 и 11, вентиляторы 12. Блок для размещения продукта 13 расположен в сублимационной камере 1 между жалюзи 4.

Результаты и обсуждение. Несмотря на значительное сокращение энергетических затрат (24%), этот результат все равно, намного превышает стандартные показатели энергетических затрат на вакуумной установке FD-100 фирмы «Кемоло». 3,96 кВт.час/кг. В ФГБОУ ВО Арктический ГАТУ принято

решение создать свою собственную установку с использованием запатентованного российского решения - получение холода холодильной машиной методом фрикулинга, т.е. без работы компрессора [2].

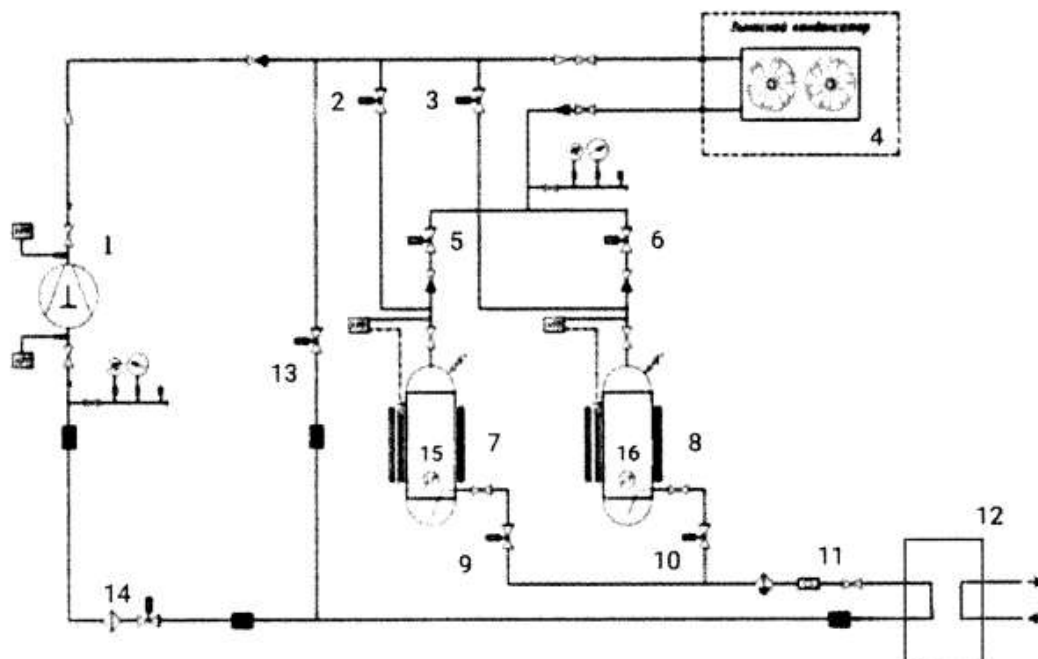


Рис.2. Терморевверсивный фрикулинг

Устройство, представленное на рис.2, работает следующим образом. При понижении температуры окружающей среды ниже заданной температуры кипения в испарителе, компрессор 1 выключается. Открывается байпасный клапан 13. Как уже было описано выше, в ресивере 7 поддерживается давление конденсации, жидкий хладагент под давлением через дроссельный вентиль направляется в испаритель 12, кипит, и его пары поступают в конденсатор 4, где происходит его конденсация. В это время ресивер 8 соединен с линией всасывания, реле давления и ТЭН отключен, соответственно давление в нем соответствует давлению в конденсаторе, а жидкий хладагент собирается в ресивер. По достижению нижнего уровня жидкого фреона в ресивере 7 соленоидный клапан 11 на испаритель закрывается, нагреватель на ресивере выключается, а соленоидный клапан 2 на линии входа в конденсатор открывается, выравнивая давление в ресивере и конденсаторе. В этот момент соленоидный клапан 6 на линии входа в ресивер 8 закрыт, нагреватель включается, давление повышается до давления конденсации, и жидкий хладагент направляется в испаритель. После достижения нижнего уровня жидкого хладагента срабатывает реле уровня 15 и ресиверы переключаются. Нагреватель ресивера 7 выключается, байпасный клапан 2 открывается, и давление в ресивере 7 и конденсаторе 4

выравнивается. Жидкий хладагент из конденсатора 4 собирается в ресивер 7. В это время реле давления на ресивере 8 включает нагреватель, и жидкий хладагент под давлением устремляется через дроссельный вентиль в испаритель, цикл замыкается. При наступлении теплого периода все байпасные клапаны и соленоидный клапан на одной ресиверной станции отключаются. Вторая ресиверная станция работает в обычном режиме вместе с компрессором.

Заключение. Такое решение позволяет сублимировать продукты при температуре окружающей среды ниже -20 °С. Такая температура в Якутске возможна в течение 5 месяцев, с энергетическими затратами 3,73 кВт.ч/кг, что лучше, чем обезвоживание в вакуумной сублимационной сушилке. Естественно, при температуре выше -20 °С придется использовать и компрессор. Таким образом, среднегодовые энергетические затраты на сублимационную сушку рыбы составят 5,24 кВт.ч/кг, что существенно приближает нас к показателям вакуумной сублимационной сушки. Однако имеется и стимул для дальнейшего совершенствования нового отечественного оборудования.

Список литературы

1. Патент: Власенко Г.П., Аляутдинов А.Р., Антипов А.В. Устройство для сушки // Патент России № 2729309. 2020. Бюл. № 22.
2. Патент: Затирахин А.Д., Пранцуз О.С., Антипов А.В., Платонов А.М.. Термореверсивный фрикулинг.// Патент России № 203806, 2021 г. Бюл.№12

© Антипов А.В., Власенко Г. П., Дондоков Ю. Ж., 2022