

УДК 635.25

UDC 635.25

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

4.3.1. – Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences)

ХОЛОДИЛЬНАЯ КАМЕРА КАК МЕСТО ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ ЛУКА РЕПЧАТОГО

COLD STORAGE AS A PLACE FOR LONG-TERM ONION STORAGE

Михайлов Владимир Сергеевич

к-т. тех. наук, доцент

SPIN-код автора 2276-9717

РИНЦ Author ID = 1115621

e-mail: voh_a@mail.ru

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, кафедра ТСиЭвАПК, Приднестровье, Тирасполь

Mikhailov Vladimir Sergeevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

RSCI SPIN-code: 2276-9717

RSCI Author ID = 1115621

e-mail: voh_a@mail.ru

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University, Department of TSiEvAPK, Pridnestrovie, Tiraspol

Козлов Вячеслав Геннадиевич

д-р. техн. наук, профессор

SPIN-код автора 8181-2771

РИНЦ Author ID = 202094

e-mail: vya-kozlov@yandex.ru

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия

Kozlov Vyacheslav Gennadievich

Doctor of Technical Sciences, Professor

RSCI SPIN-code: 8181-2771

RSCI Author ID = 202094

e-mail: vya-kozlov@yandex.ru

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

Димогло Анатолий Владимирович

к-т. тех. наук, доцент

SPIN-код автора 8185-2814

РИНЦ Author ID = 1225213

e-mail: tolikxd@gmail.com

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, кафедра ТСиЭвАПК, Приднестровье, Тирасполь

Dimoglo Anatoly Vladimirovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

RSCI SPIN-code: 8185-2814

RSCI Author ID = 1225213

e-mail: tolikxd@gmail.com

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University, Department of TSiEvAPK, Pridnestrovie, Tiraspol

Козлова Елена Владимировна

к-т. тех. наук, доцент

SPIN-код автора 9356-2523

РИНЦ Author ID = 836693

e-mail: nasevl@mail.ru

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия

Kozlova Elena Vladimirovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

RSCI SPIN-code: 9356-2523

RSCI Author ID = 836693

e-mail: nasevl@mail.ru

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia

Татарчук Вадим Геннадьевич

аспирант

SPIN-код автора 8185-2884

РИНЦ Author ID = 1225283

e-mail: v77862511@gmail.com

Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, кафедра ТСиЭвАПК, Приднестровье, Тирасполь

Tatarchuk Vadim Gennadievich

graduate student

RSCI SPIN-code: 8185-2814

RSCI Author ID = 1225213

e-mail: v77862511@gmail.com

T.G. Shevchenko Pridnestrovian State University, Department of TSiEvAPK, Pridnestrovie, Tiraspol

Для полноценного и качественного длительного хранения репчатого лука в холодильных камерах необходимо поддерживать не только низкую температуру, но и относительную влажность воздуха. При этом установка сложных систем

For full-fledged and high-quality long-term storage of onions in refrigerating chambers, it is necessary to maintain not only a low temperature, but also relative humidity. At the same time, the installation of complex air conditioning and technological dehumidification

кондиционирования и технологического осушения воздуха на складах плодоовощных предприятий универсальных и малых холодильных установок по экономической целесообразности не всегда может быть осуществлена. В работе представлена реализованная на практике и показавшая экономический эффект система осушения воздуха при размещении постаментного воздухоохладителя в камере с целью улучшения вентилирования штабелей. Указаны преимущества и недостатки способа осушения при помощи охлаждающей системы холодильных камер и повторного нагрева воздуха в дополнительно обустроенных нагревателях на приборах охлаждения, а также возможные области применения этого способа. На примере камеры хранения продовольственного лука даны рекомендации по температуре хранения и относительной влажности воздуха. Проведена экономическая оценка от хранения лука репчатого, заложенного на хранение

Ключевые слова: ЛУК РЕПЧАТЫЙ, ХОЛОДИЛЬНАЯ КАМЕРА, УСЛОВИЯ ХРАНЕНИЯ, СИСТЕМА ОСУШЕНИЯ, ВЛАЖНОСТЬ, ТЕМПЕРАТУРА

systems in the warehouses of fruit and vegetable enterprises of universal and small refrigeration units may not always be economically feasible. The paper presents an air dehumidification system implemented in practice and showing economic effect when placing a pedestal air cooler in a chamber in order to improve ventilation of stacks. The advantages and disadvantages of the method of dehumidification using a cooling system of refrigerating chambers and reheating the air in additionally equipped heaters on cooling devices, as well as possible applications of this method, are indicated. Using the example of a food onion storage chamber, recommendations on storage temperature and relative humidity are given. An economic assessment of the storage of onions put into storage has been carried out

Keywords: ONION, REFRIGERATOR, STORAGE CONDITIONS, DEHUMIDIFICATION SYSTEM, HUMIDITY, TEMPERATURE

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-206-008>

Для бесперебойного снабжения населения плодоовощной продукцией в течение года, большое значение придается разработке более совершенных способов длительного ее хранения. В связи с этим в мире, а также в нашей стране ведется строительство специализированных хранилищ, в которых предусмотрено контейнерное хранение продукции с искусственным охлаждением и автоматическим поддержанием температуры. Однако не все плодоовощные предприятия имеют технологические линии подготовки сырья к закладке (сушке) [2, 4].

При хранении репчатый лук может выделять значительное количество влаги при сравнительно небольшой теплоте «дыхания», что будет способствовать ее повышению в процессе длительного хранения при отсутствии автоматизированной системы регулирования, однако и система приточно-вытяжной вентиляции камер может вносить дополнительное количество влаги в охлаждаемый объем [1].

<http://ej.kubagro.ru/2025/02/pdf/08.pdf>

Известна система осушения воздуха, позволяющая регулировать относительную его влажность в холодильных камерах. Внедрение такой системы не требует больших капитальных затрат, дефицитного оборудования и может быть осуществлено силами технических служб плодоовощных предприятий [5].

Многолетние наблюдения за работой системы осушения воздуха и сохранностью лука в камерах с разными охлаждающими системами свидетельствуют не только о надежности ее эксплуатации, но и позволяют разработать практические рекомендации по повышению эффективности использования холодильных емкостей плодоовощных предприятий.

В практике хранения репчатого лука получили распространение два способа: теплый ($20-22^{\circ}\text{C}$) и холодный ($-1 \div -3^{\circ}\text{C}$).

В отличие от большинства овощей, при хранении которых рекомендуется поддерживать большую относительную влажность воздуха (90-95%), репчатый лук лучше сохраняется при влажности воздуха 70-80%, так как при повышенной - луковицы быстро прорастают. Кроме того, при высокой влажности может произойти их отпотевание, что способствует развитию шейковой гнили.

Результаты измерений температуры и влажности воздуха в охлаждаемых камерах хранения репчатого лука, полученные нами при исследовании, показали, что при поддержании рекомендуемой температуры хранения ($-1 \div -3^{\circ}\text{C}$) относительная влажность воздуха практически всегда бывает на 15-20% больше благоприятной для его хранения. Следовательно, для обеспечения качественного и длительного хранения необходимо снижение относительной влажности воздуха в камерах, поэтому необходимо удалять влагу.

Известны два способа удаления влаги из воздуха: вымораживание с помощью твердых или жидких поглотителей. Второй способ является

более предпочтительным, так как используемое оборудование имеется во всех охлаждаемых овощехранилищах.

Для осушения воздуха вымораживанием влаги его охлаждают до температуры ниже точки росы. Из-за выпадения влаги или инея на охлаждающей поверхности уменьшается влагосодержание, а относительная влажность становится близкой к насыщению. Если после этого воздух нагреть до первоначальной температуры, то его относительная влажность станет меньше исходной [3].

Существуют варианты практического внедрения системы осушения воздуха в камерах с различными охлаждающими системами. На рисунке 1 представлена система осушения воздуха при размещении постаментного воздухоохладителя в камере (Карагашская овощебаза «Рустас»).

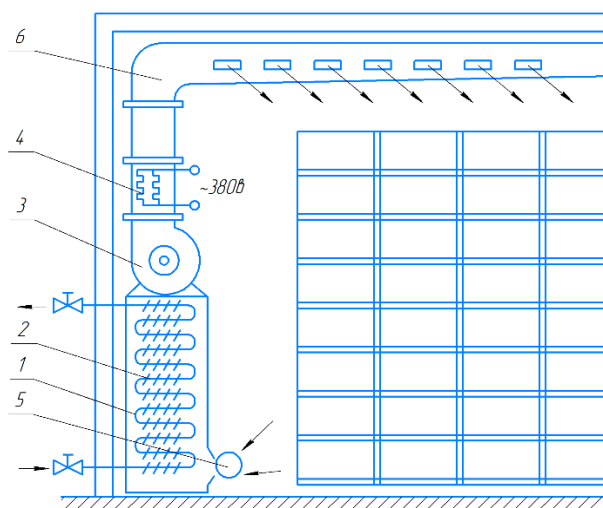


Рис. 1. Система осушения воздуха при размещении постаментного воздухоохладителя в камере: 1 – воздухоохладитель; 2 – охлаждающие батареи; 3 – вентилятор; 4 – трубчатые электронагреватели; 5 – датчик реле температуры; 6 – воздуховод подачи воздуха в камеру

Принцип работы системы следующий. При осушении воздуха вымораживанием влага выпадает в виде инея на охлаждающих поверхностях приборов охлаждения 2 (охлаждающие батареи). По мере нарастания снеговой шубы уменьшаются холодопроизводительность охлаждающих приборов и их осушающая способность. Удаляется иней с

охлаждающих поверхностей при оттаивании, и поэтому от частоты оттаивания зависит их осушающая способность.

Для определения фактической осушающей способности охлаждающих приборов и необходимой частоты их оттаивания установлена интенсивность выпадения инея на 1 м² площади охлаждающих поверхностей в единицу времени [1].

Определение производилось в холодильной камере Карагашской овощебазы, оснащенной постаметным воздухоохладителем с поверхностью охлаждения 155 м² и пристенной оребренной батареей с поверхностью 141 м².

На диаграмме (рис. 2) представлена зависимость количества выпадающего инея от продолжительности работы охлаждающих поверхностей после оттаивания.

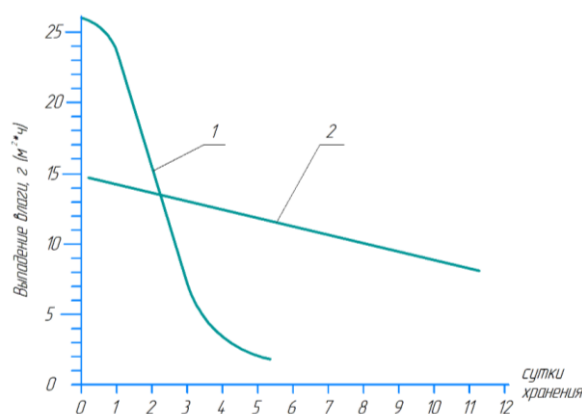


Рис. 2. График изменения интенсивности выпадения влаги на охлаждающих поверхностях: 1 – воздухоохладителя; 2 – пристенной батареи

Как видно из диаграммы, осушающая способность воздухоохладителя резко уменьшается на третьи сутки после оттаивания.

Согласно полученным результатам, рекомендуется оттаивать снеговую шубу пристенных батарей не реже одного раза в неделю, воздухоохладителей – через каждые два-три дня.

При этом, на хранение рекомендуется закладывать репчатый лук с влажностью покровных чешуй 14-16%, что обеспечивает хорошую

сохранность за счет интенсивного влагообмена внутренних сочных тканей с внешней средой. Однако, перед хранением луковицы рекомендуется прогревать до 40-45°C, при этом уничтожается мицелий шейковой гнили, а ткани не повреждаются. Исследованиями установлено, что после прогрева потери лука от шейковой гнили заметно ниже, чем при хранении лука, не прошедшего такую подготовку.

При хранении репчатого лука навалым способом с активным вентилированием, просушивание может быть осуществлено после его загрузки на хранение подачей воздуха соответствующих параметров в насыпной слой.

При его хранении в таре (ящиках, контейнерах) влажность воздуха в насыпи продукта выше, чем вокруг ящика или контейнера. Так, например, в холодильной камере с автоматическим поддержанием относительной влажности воздуха $75 \pm 5\%$ в центре контейнера вместимостью 80 кг лука она близка к насыщению. При хранении лука в ящиках влажность воздуха в насыпи несколько ниже, чем в контейнере, но тоже высокая, судя по внешнему виду луковиц, взятых из центра ящика.

При тарном хранении репчатого лука в ящиках или контейнерах обдуваемых воздухом ($t^\circ = -1,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ и влажностью воздуха $75 \pm 5\%$), хорошо сохраняется внешний слой толщиной 0,1 м, а во внутреннем слое у луковиц появляются перо и корневая мочка.

Лук, просушенный до влажности покровных чешуй 14-16%, после загрузки в контейнеры может увлажняться, и эффективность просушивания значительно снижается.

На рисунке 3 изображен один из вариантов реконструкции одноканального воздухораспределения с целью улучшения вентилирования штабелей.

В холодильных камерах, оснащённых подвесными воздухоохладителями – фанкойлами, кратность циркуляции воздуха

обычно составляет не менее 18-20 объемов в 1 ч, и поэтому в штабелях из ящиков или контейнеров создаются достаточно благоприятные для хранения лука условия [5].

Для оценки технологической эффективности осушения воздуха в течение нескольких лет исследовались температурно-влажностные условия и сохраняемость лука в камерах с различными охлаждающими системами. Проводились многократные измерения температуры и влажности воздуха в камерах, штабелях и контейнерах с репчатым луком.

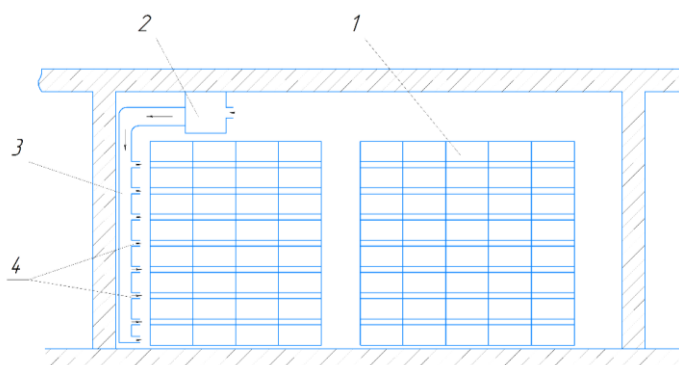


Рис. 3. Схема реконструкции системы одноканального воздухооборота в камерах контейнерного хранения: 1 – контейнеры с продукцией; 2 – магистральный воздуховод; 3 – спуск с щелевыми соплами; 4 – щелевые сопла подачи воздуха в межконтейнерное пространство.

Среднемесячные значения температуры относительной влажности воздуха в однотипных холодильных камерах хранения репчатого лука с воздушной системой охлаждения приведены в таблице 1.

Таблица 1. Среднемесячные значения температуры относительной влажности воздуха с воздушной системой охлаждения

Условия хранения репчатого лука	Месяцы							
	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май
Без осушения воздуха								
Среднемесячная температура	1,6	0,1	0,1	0	2,2	0,8	0,2	-
Среднемесячная влажность %	91	90	91	92	92	92	91	-
С осушением воздуха								
Среднемесячная температура	-0,6	-1,1	-1,3	-1,2	-1,4	-1,5	-1,1	-1,2
Среднемесячная влажность %	77	78	80	78	76	75	80	78

В холодильной камере без осушения воздуха температура поддерживалась регулированием подачи хладагента вручную, а с осушением воздуха работа трубчатых электронагревателей подогрева воздуха регулировалась терморегулятором STC-3008.

При загрузке репчатого лука в камеры без осушения и с осушением определялось его товарное качество. По окончании хранения устанавливалась фактическая величина убыли массы, а также товарное качество продукции.

Из-за довольно значительного снижения качества репчатого лука в камерах без осушения воздуха, хранение заканчивалось обычно в апреле. В камерах с осушением воздуха лук хранился до июня включительно.

Результаты хранения репчатого лука в холодильных камерах без осушения воздуха и с осушением представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты хранения репчатого лука в холодильных камерах с осушением и без осушения воздуха

Условия хранения репчатого лука	Качество лука	В начале хранения		По окончании хранения		Убыль массы	
		масса, т	%	масса, т	%	масса, т	%
Без осушения воздуха	стандартный	110,00	86,3	98,6	79,8	-	-
	нестандартный	11,1	8,6	6,4	5,2	-	-
	загнивший	6,4	5,1	18,5	15,0	-	-
	всего	127,5	100,0	123,5	100,0	4,0	3,1
С осушением воздуха	стандартный	125,0	88,3	122,0	88,5	-	-
	нестандартный	10,3	7,3	5,1	3,7	-	-
	загнивший	6,2	4,4	10,8	7,8	-	-
	всего	141,5	100,0	137,9	100,0	3,6	2,5

Анализ экономической эффективности хранения репчатого лука с осушением воздуха был выполнен на основе результатов сравнения сохраняемости репчатого лука в однотипных камерах с искусственным охлаждением, различающихся только в том, что в одной из них была смонтирована система осушения воздуха.

При расчете экономической эффективности учитывалась затраты на внедрение системы осушения воздуха, т.е. на дополнительное оборудование и материалы, а также на монтаж и эксплуатацию этой системы.

К дополнительным эксплуатационным расходам по системе осушения воздуха относятся затраты на электроэнергию и холод в процессе хранения.

Экономическая эффективность внедрения системы осушения воздуха устанавливается по данным товароведческого анализа лука. Результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3. Экономическая эффективность внедрения системы осушения воздуха

Условия хранения	Качество лука	Цена за 1 т, тыс. руб.	Количество и стоимость лука при поступлении на хранение			Количество и стоимость лука при реализации		
			кол-во	стоимость		кол-во	стоимость	
				т	тыс. руб		руб/т в средн.	т
Без осушения воздуха	стандартный	44	110,0	4840	-	98,6	4338,4	-
	нестандартный	26,4	11,1	293	-	6,4	169	-
	загнивший	2,5	6,4	16	-	18,5	46,2	-
	всего	-	127,5	5149	40380	123,5	4553,6	36100
С осушением воздуха	стандартный	44	125,0	5500	-	122,0	5368	-
	нестандартный	26,4	10,3	271,9	-	5,1	134,6	-
	загнивший	2,5	6,2	15,5	-	10,8	27	-
	всего	-	141,5	5787,4	40900	137,9	5529,6	40100

Экономический эффект от хранения с осушением воздуха лука репчатого урожая ряда лет по результатам расчета составил от 13000 до 25000 руб. на 1 т заложенного на хранение лука репчатого.

Литература

1. Желиба, Ю. А. Проектирование систем осушения воздуха холодильных камер / Ю. А. Желиба, Ю. С. Римашевский, Т. А. Желиба // Вестник Международной академии холода. – 2014. – № 4. – С. 32-37.
2. Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г. Повышение эффективности системы охлаждения плодоовощехранилищ. // Вестник Международной академии холода. 2013. № 4.
3. Закатова, Г.Н. Высококачественные овощи: выращивание, заготовка, хранение / Г. Н. Закатова, В. С. Колодязная. - Ленинград: Лениздат, 1986. - 142
4. Коробкина З.В. Прогрессивные методы хранения плодов и овощей. - К.: Урожай, 1989. - 168 с.
5. Селезнев В.Н., Фоменко В.М. Сохраняемость качества лука в холодильной камере с осушением воздуха. // Холодильная техника. 1976. № 7. с. 34-37.

References

1. Zheliba, Yu. A. Proektirovanie sistem osusheniya vozduha holodil'nyh kamer / Yu. A. Zheliba, Yu. S. Rimashevskij, T. A. Zheliba // Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda. – 2014. – № 4. – S. 32-37.
2. Zhihareva N.V., Hmel'nyuk M.G. Povyshenie effektivnosti sistemy ohlazhdeniya plodoovoshchekhranilishch. // Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda. 2013. № 4.

3. Zakatova, G.N. Vysokokachestvennye ovoshchi: vyrashchivanie, zagotovka, hranenie / G. N. Zakatova, V. S. Kolodyaznaya. - Leningrad: Lenizdat, 1986. - 142
4. Korobkina Z.V. Progressivnye metody hraneniya plodov i ovoshchej. - K.: Urozhaj, 1989. - 168 s.
5. Seleznev V.N., Fomenko V.M. Sohranyaemost' kachestva luka v holodil'noj kamere s osusheniem vozduha. // Holodil'naya tekhnika. 1976. № 7. s. 34-37.