

УДК 621.565.3: 635–156

## Проектирование систем осушения воздуха холодильных камер

Канд. техн. наук Ю. А. ЖЕЛИБА  
nio\_holod@ukr.net

Одесская национальная академия пищевых технологий,  
65039, Украина, г. Одесса, ул. Канатная, 112

Ю. С. РИМАСHEВСКИЙ  
mipora@list.ru

Научно инженерное объединение «Холод»  
65089, Украина, г. Одесса, ул. Тенистая, 9/11

Т. А. ЖЕЛИБА  
Yuriy@nio-holod.com.ua  
Одесский национальный политехнический университет  
65044, Украина, г. Одесса, пр. Шевченко, 1

Для качественного длительного хранения некоторых видов сырья и пищевых продуктов необходимо поддерживать низкую относительную влажность воздуха в камерах. При этом универсальные и малые холодильные склады по экономической целесообразности не могут оборудоваться сложными системами кондиционирования и технологического осушения воздуха. В работе проведено сопоставление различных способов обеспечения нормируемой относительной влажности воздуха в камерах хранения пищевых продуктов. Указаны преимущества и недостатки способа осушения при помощи охлаждающей системы холодильных камер и повторного нагрева воздуха в дополнительно обустроенных нагревателях на камерных приборах охлаждения, а также возможные области применения этого способа. На примере камеры хранения продовольственного лука разработана и продемонстрирована методика инженерного расчета мощности и времени работы нагревателей систем осушения воздуха для обеспечения нормируемой относительной влажности. В работе также сопоставлено использование электрических нагревателей и нагревателей с использованием промежуточного хладоносителя, который утилизирует вторичные энергоресурсы, а также проведена оценка организации внесения дополнительного теплопритока в холодильную камеру.

**Ключевые слова:** относительная влажность воздуха, камера хранения пищевых продуктов, осушение воздуха.

## Design of systems of drainage of air of refrigerators

Ph. D. Yu. A. ZHELIBA  
nio\_holod@ukr.net

Odessa National Academy of Food Technologies, 65082 Odessa, Ukraine

Yu. S. RIMASHEVSKIY  
mipora@list.ru

Scientifically engineering combining «Cold», 65089 Odessa, Ukraine

T. A. ZHELIBA  
Yuriy@nio-holod.com.ua  
Odessa national polytechnic university, 65044 Odessa, Ukraine

A low relative humidity in the long term refrigerated food stores is required to preserve the quality of some food products. Universal and small cool stores could not be equipped with the complex air conditioning and de-humidification systems, due to financial feasibility. A comparative analysis of existing methods to control relative humidity in refrigerated food stores is performed. Advantages and disadvantages of a de-humidification method based on air cooling, followed by air re-heating (in heaters mounted on air coolers), as well as the possible application areas of this method are discussed. Application of electric heaters and heaters with a coolant, heated by recycled heat are compared; additional heat load introduced to the cooling system is estimated. An engineering method, for refrigeration system capacity and air heating unit operation time calculations is presented. Relative humidity control in refrigerated onion bulk storage was used as an example to demonstrate the method.

**Keywords:** relative air humidity, cold storage room, dehumidification.

### Введение

К поддержанию относительной влажности воздуха ( $\phi_{\text{кам}}$ ) холодильных камер различного технологического назначения, например, длительного хранения чеснока, лука, созревания сыра, предъявляются жесткие требо-

вания: ее значение допускается от 70% до 80% [1, 2]. При этом на большинстве действующих холодильников нормируемая  $\phi_{\text{кам}}$  не обеспечивается, что приводит к потерям продукции и ее товарного вида. Причинами этого, например, применительно к хранению лука, являет-

ся отсутствие технологических линий подготовки сырья к закладке (сушке). Также при хранении лук выделяет значительное количество влаги при сравнительно небольшой теплоте «дыхания», что определяет повышение  $\phi_{\text{кам}}$  воздуха камер в процессе длительного хранения при отсутствии «стоков» влаги, а системы приточно-вытяжной вентиляции камер способны вносить дополнительное количество влаги в охлаждаемый объем. Поэтому в специализированных по технологическому назначению камерах для обеспечения качественного хранения сырья необходимо предусматривать непрерывное осушение воздуха, которое может быть реализовано следующими способами: полной заменой воздуха помещения (технологически несовершенный и ненадежный способ); с помощью систем технологического кондиционирования; удалением из воздуха избытка влаги (осушением). Второй способ требует мощной, хорошо автоматизированной системы совместного технологического кондиционирования и вентиляции с возможностью рециркуляции, нагрева и охлаждения приточного воздуха. Его технология хорошо разработана, но такие системы инвестиционно емкие, срок окупаемости капложений на их оборудование длительный, и поэтому они практически недоступны фермерским хозяйствам и небольшим холодильникам. В рамках данной публикации такая технология не рассматривается. Осушение воздуха возможно с помощью абсорбционных установок и с помощью осушающей способности приборов охлаждения. В работах [3–5] приведены аргументы в пользу абсорбционной системы осушения воздуха с применением крепкого раствора хлористого лития. К сожалению, несмотря на детально разработанную технологию, эти системы имеют много технологических недостатков и не нашли широкого применения на практике во всем мире.

В работе [6] приводятся преимущества технологии осушения воздуха без использования его повторного нагрева. Однако, авторы не учли режим работы камер хранения при отсутствии внешних теплопритоков. К тому же ими установлены жесткие требования одновременно к площади поверхности приборов охлаждения и к расходу воздуха, выполнить которые, имея в своем распоряжении лишь серийные воздухоохладители, практически невозможно. Такие системы не имеют должного уровня надежности для практического применения. В работе [7] приведены результаты испытаний системы осушения воздуха с повторным его нагревом для поддержания  $\phi_{\text{кам}}$  84–92% в камере хранения сыров, которые подтверждают, что такие системы могут быть доведены до технического и технологического совершенства.

Анализ информационных источников и накопленный опыт проектирования производственных холодильников позволяют сделать вывод, что так называемая система «повторного нагрева» для осушения воздуха в холодильных складах применима для следующих условий: небольшой объем камер (не более 1000 тонн); определяющим фактором выбора являются капитальные, а не эксплуатационные расходы. Отмеченные условия хозяйствования характерны для малых и средних предприятий, фермерских хозяйств, располагающих незначительным инвестиционными возможностями и не предполагающих длительного (свыше 10 лет) жизненного цикла технологического назначения холодильного объекта. Понятно, что с энерге-

тической точки зрения такая технология не эффективна, однако она проста и доступна.

### Технологические решения

При выборе способа осушения с помощью охлаждения и повторного нагрева воздуха следует учитывать, что при низких температурах окружающей среды внешний теплоприток в камеру отсутствует, и даже возможно возникновение обратного теплового потока. Как следствие, наблюдается выпадение конденсата на поверхностях стен и потолка, тары и продукта, что впоследствии вызывает их порчу и создает условия для развития микроорганизмов, прорастания лука. А также снижение тепловой нагрузки на приборы охлаждения, которые были рассчитаны на максимальную тепловую нагрузку с коэффициентом рабочего времени 0,8–0,9, приведет к их «простаиванию», количество сконденсированной влаги (стока) будет незначительно, по сравнению с ее поступлением в камеру. В таком случае, одной из задач при расчете системы охлаждения и повторного нагрева является определение количества теплоты, которое необходимо дополнительно вносить в охлаждаемый объем с целью организации принудительной работы приборов охлаждения на удаление из воздуха избыточной влаги (осушение). То есть, необходимо определение тепловой мощности нагревателей, которыми дополнительно конструктивно оборудуются воздухоохладители, и времени их работы. НТД по проектированию, специальная литература не только не содержит рекомендованных методик подобных инженерных расчетов, но и не указывают на их необходимость.

Применение, приведенной ниже, простой инженерной методики позволяет избежать ошибок и при оборудовании холодильных систем, и при их эксплуатации, в случаях необходимости поддержания относительно низкой относительной влажности воздуха в холодильных камерах. Для примера рассмотрим камеру хранения лука емкостью ( $M_{\text{прод}}$ ) 890 тонн, размерами 24×24×8 м. Температура хранения  $t_{\text{кам}} = 0^\circ\text{C}$ ,  $\phi_{\text{кам}} = 70\text{--}80\%$  (в примере 75%). Камера оборудована системой вентиляции производительностью  $V_{\text{вент}} = 576\text{ м}^3/\text{ч}$  (три геометрических объема пустой камеры в сутки) и четырьмя воздухоохладителями Helpman THOR-B 354–7 Н Н1400 ( $N_{\text{во. эл. дв}} = 1,25\text{ кВт}$ , расход воздуха  $V_{\text{во}} = 34600\text{ м}^3/\text{ч}$ ). Температура кипения холодильного агента ( $t_0$ ) переменная, в режиме охлаждения равна  $-9^\circ\text{C}$ , в режиме хранения  $-5^\circ\text{C}$ . Суммарная холодопроизводительность в режиме охлаждения  $Q_{\text{во. охл}} = 134,4\text{ кВт}$ , в режиме хранения 73,2 кВт. Пример расчета выполнен для режима хранения.

Из-за невозможности точно спрогнозировать технологические условия работы камеры, а также с целью уменьшения объема инженерных расчетов, приняты следующие упрощения: воздух по всему объему камеры имеет одинаковые параметры; все процессы в камере хранения стационарные; тепловой поток через ограждение практически отсутствует. Тогда:

1. Поступление влаги от продукта:

$$G_{\text{прод}} = g_{\text{прод}} M_{\text{прод}}, \text{ кг/ч}$$

где  $g_{\text{прод}}$  — влаговыделение продукта, килограмм на тонну в час;

$M_{\text{прод}}$  — масса хранимого продукта, тонн.

Принимая усредненное влаговыделение лука при хранении  $g_{\text{прод}} = 6,2$  г/т в час [1], ожидаемое поступление влаги в камеру из продукта:

$$G_{\text{прод}} = 890 \cdot 0,0062 = 5,518 \text{ кг/ч}$$

2. Поступление влаги от вентиляции камеры в самых тяжелых климатических условиях (температура поступающего в камеру воздуха 3 °С, относительная влажность 100%):

$$G_{\text{вент}} = V_{\text{вент}} \cdot \rho_{\text{вент}} (d_{\text{вент}} - d_{\text{кам}}), \text{ кг/ч}$$

где  $V_{\text{вент}}$  — расход приточного воздуха, м³/ч;

$\rho_{\text{вент}}$  — плотность приточного воздуха, принимается равной 1,278 кг/м³;

$d_{\text{вент}}$  — влагосодержание приточного воздуха, принимается равным 0,00472 кг/кг;

$d_{\text{кам}}$  — влагосодержание воздуха камеры при нормируемой температуре и относительной влажности, кг/кг (находится из  $h$ - $D$  диаграммы или по уравнениям состояния).

Влияние приточно-вытяжной вентиляции необходимо учитывать, поскольку она может, как способствовать осушению воздуха камеры, так и препятствовать ему. В холодный период года даже насыщенный водяными парами воздух, нагретый в приточной установке, имеет низкую  $\phi$  (при  $\phi_{\text{нар}} = 90\%$  и  $t_{\text{нар}} = -10$  °С и нагретый до 2 °С воздух имеет  $\phi = 33\%$ ). С другой стороны, если туман и температура наружного воздуха близка к температуре камеры, а его влажность равна 100%, приток избыточной влаги от вентиляции будет значительным.

В данном примере при  $t_{\text{кам}} = 0$  °С,  $\phi_{\text{кам}} = 75\%$ ,  $d_{\text{кам}} = 0,00283$  кг/кг, возможное поступление избыточной влаги от вентиляции составит

$$G_{\text{вент}} = 576 \cdot 1,278 (0,00472 - 0,00283) = 1,391 \text{ кг/ч}$$

3. Суммарное поступление влаги в камеру:

$$G_{\text{общ}} = G_{\text{прод}} + G_{\text{вент}}, \text{ кг/ч.}$$

$$G_{\text{общ}} = 5,518 + 1,391 = 6,909 \text{ кг/ч.}$$

Именно такое количество влаги должно быть сконденсировано из воздуха камеры для поддержания нормируемого значения  $\phi$ . Далее необходимо определить осушающую способность воздухоохладителей  $G_{\text{осуш}}$  и сопоставить ее с полученным значением  $G_{\text{общ}}$ .

4. Осушающая способность воздухоохладителей в режиме хранения.

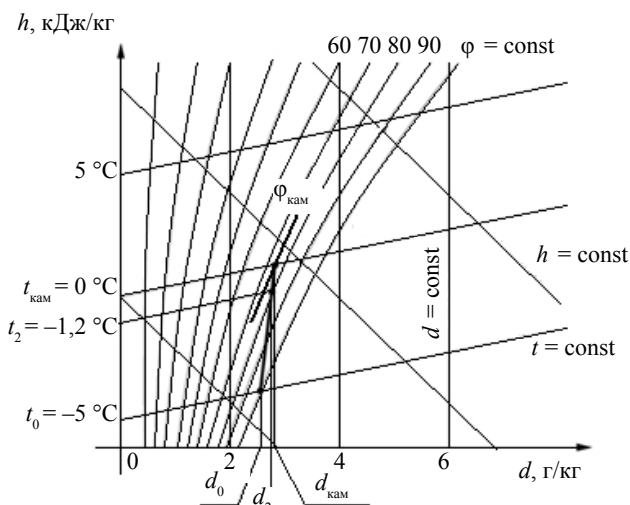
Для укрупненных инженерных расчетов влагосодержание воздуха после его обработки в воздухоохладителе определяется косвенным путем на основании прогнозируемой температуры воздуха на выходе из воздухоохладителя. При известной температуре выходящего воздуха есть два способа ее определения — аналитический и графический (рисунок).

Аналитический способ предполагает вычисления:

$$\varepsilon = \frac{h_{\text{кам}} - h_0}{d_{\text{кам}} - d_0};$$

$$d_2 = \frac{\varepsilon d_{\text{кам}} - 1,005(t_{\text{кам}} - t_2) - 2500 d_{\text{кам}} - 1,8 d_{\text{кам}} t_{\text{кам}}}{\varepsilon - 2500 - 1,8 t_2},$$

где  $t_{\text{кам}}$  — нормируемая температура воздуха камеры, °С;  $d_{\text{кам}}$  — влагосодержание воздуха при  $t_{\text{кам}}$  и нормируемой  $\phi_{\text{кам}}$ , кг/кг;  $h_{\text{кам}}$  — энтальпия воздуха камеры при  $t_{\text{кам}}$  и  $\phi_{\text{кам}}$ , кДж/кг;  $t_0$  — температура кипения хладагента, °С;  $d_0$ ,  $h_0$  — влагосодержание и энтальпия воздуха при температуре кипения и относительной влажности 100% (у теплообменной поверхности воздухоохладителя), кг/кг, кДж/кг;  $t_2$  — температура воздуха на выходе из воздухоохладителя (может быть найдена в результате расчета или по данным программ подбора оборудования от производителей), °С.



Определение влагосодержания воздуха  $d_2$  на выходе из воздухоохладителя

Осушающая способность воздухоохладителей:

$$G_{\text{осуш}} = V_{\text{во}} n_{\text{во}} \rho_{\text{кам}} (d_{\text{кам}} - d_2), \text{ кг/ч,}$$

где  $\rho_{\text{кам}} = 353/(273 + t_{\text{кам}})$  — плотность воздуха камеры при температуре хранения  $t_{\text{кам}}$ ;

$V_{\text{во}}$  — объемный расход воздуха через один воздухоохладитель, м³/ч;

$n_{\text{во}}$  — количество воздухоохладителей в камере, шт.

В данном примере влагосодержание воздуха после обработки при  $t_2 = 1,2$  °С (значение определено с помощью программы подбора, влагосодержание — графическим способом (см. рисунок)  $d_2 = 0,00275$  кг/кг.

Тогда  $G_{\text{осуш}} = 34600 \cdot 4 \cdot 353/273 (0,00283 - 0,00275) = 14,305$  кг/ч.

Таким образом, в режиме хранения установленные воздухоохладители теоретически могут конденсировать в 2,6 раза больше влаги, чем ее поступает в камеру от продукта. Однако это возможно лишь при условии, что все теплообменники будут работать непрерывно. На самом деле, в режиме хранения сырья тепловая нагрузка на холодильную систему гораздо ниже, чем при его охлаждении в период закладки. Чтобы оценить действительную осушающую способность воздухоохладителей, необходимо спрогнозировать теплопритоки на холодильную систему в режиме хранения сырья.

5. Теплопритоки в режиме хранения. В осенне-зимний период внешний теплоприток, как правило,

отсутствует, а в худшем случае может быть отрицательным. Нет и других видов тепловой нагрузки. Остается теплоприток от приточного воздуха систем вентиляции, который подогревается до температуры  $t_{\text{вент}} = 3^\circ\text{C}$ , и теплоприток «дыхания» сырья. Во время работы воздухоохладителей есть также теплоприток от электродвигателей вентиляторов.

$$Q_{\text{хран}} = q_{\text{дых}} M_{\text{прод}} \cdot 10^{-3} + \frac{C_{P, \text{возд}} V_{\text{вент}} c_{\text{вент}} (t_{\text{вент}} - t_{\text{кам}})}{3600} + N_{\text{во}} n_{\text{во}} \varepsilon_{\text{хран}}, \text{ кВт},$$

где  $q_{\text{дых}}$  — удельная теплота «дыхания» хранимого продукта, Вт/т;  $M_{\text{прод}}$  — масса хранимого продукта, тонн;  $C_{P, \text{возд}}$  — теплоемкость наружного воздуха при  $t_{\text{вент}}$  и  $\varphi = 100\%$ ;  $(t_{\text{вент}} - t_{\text{кам}})$  — разница температур между приточным воздухом и воздухом камеры, для наиболее тяжелого режима, принимается равной  $3^\circ\text{C}$ ;  $V_{\text{вент}}$  — расход приточного воздуха, м<sup>3</sup>/ч;  $N_{\text{во}}$  — суммарная электрическая мощность двигателей воздухоохладителя, кВт;  $n_{\text{во}}$  — количество воздухоохладителей в камере, шт.;  $\varepsilon_{\text{хран}}$  — коэффициент рабочего времени, принимается равным  $0,20 \div 0,25$ .

Согласно [1] (приложение Р) для продовольственного лука при хранении  $q_{\text{дых}} = 11$  Вт/т, при  $t_{\text{вент}} = t_{\text{кам}} + 3 = 3^\circ\text{C}$  и  $\varphi = 100\%$ , параметры наружного воздуха  $C_{P, \text{возд}} = 1,006$  кДж/кг,  $\rho_{\text{вент}} = 1,290$  кг/м<sup>3</sup>. Тогда  $Q_{\text{хран}} = 11,66$  кВт.

Теплоприток в режиме хранения значительно меньше установленной холодопроизводительности воздухоохладителей, а значит, есть возможность уточнить спрогнозированный из опыта эксплуатации коэффициент рабочего времени.

6. Коэффициент рабочего времени воздухоохладителей камеры в режиме хранения:

$$\varepsilon_{\text{хран}} = \frac{Q_{\text{хран}}}{Q_{\text{ВО.хран}}}.$$

При  $Q_{\text{ВО.хран}} = 73,2$  кВт и полученном, в предыдущем пункте расчета,  $Q_{\text{хран}} = 11,66$  кВт,  $\varepsilon_{\text{хран}} = 0,159$ .

7. Количество влаги, которое должно быть сконденсировано при работе воздухоохладителей камеры в режиме хранения:  $G_{\text{осуш. действ}} = G_{\text{осуш. хран}} \varepsilon_{\text{хран}}$ , кг/ч.

Таким образом, в рассматриваемой камере воздухоохладители каждый час будут отводить из воздуха в среднем:  $G_{\text{осуш. действ}} = 14,305 \cdot 0,159 = 2,274$  кг/ч.

8. Условием поддержания относительной влажности воздуха камеры не выше нормируемого значения есть:  $G_{\text{осуш. действ}} - G_{\text{общ}} \geq 0$ . Если неравенство выполняется, то дополнительное осушение воздуха не требуется. Для рассматриваемого нами примера  $2,274 - 6,909 = -4,635$  кг/ч.

Таким образом, если в режиме хранения лука воздухоохладители будут работать только на отвод прогнозируемых теплопритоков, то их суммарной осушающей способности недостаточно для поддержания нормируемой относительной влажности в охлаждаемой камере.

9. Определение потребного коэффициента рабочего времени воздухоохладителей  $G_{\text{осуш. хран}} \varepsilon_{\text{потр}} = G_{\text{общ}}$ .

Для рассматриваемой камеры при максимальной осушающей способности воздухоохладителей, опреде-

ленной в п. 4 данного расчета, потребный коэффициент рабочего времени составит  $\varepsilon_{\text{потр}} = 0,483$ .

Так как фактический коэффициент рабочего времени в режиме хранения ниже требуемого, то для продолжения рабочего цикла воздухоохладителей в камеру нужно внести дополнительный теплоприток.

10. Количество теплоты, поступившее в камеру в течение часа, без учета работающих электродвигателей вентиляторов воздухоохладителей.

В камеру непрерывно поступает теплота от «дыхания» продукта и приточного воздуха. Теплопритоки от электродвигателей ранее были введены в расчет с использованием эмпирического коэффициента рабочего времени, найденное значение которого оказалось ниже принятого. Поскольку теплота от двигателей поступает только в период работы воздухоохладителей, то в расчете постоянных («чистых») теплопритоков ее учитывать не следует

$$Q_{\text{хран. чист}} = q_{\text{дых}} M_{\text{прод}} \cdot 10^{-3} \cdot 3600 + C_{P, \text{вент}} \rho_{\text{вент}} (t_{\text{вент}} - t_{\text{кам}}), \text{ кДж};$$

$$Q_{\text{хран. чист}} = 11 \cdot 890 \cdot 10^{-3} \cdot 3600 + 1,006 \cdot 576 \cdot 1,290 (3 - 0) = 37486 \text{ кДж}.$$

11. Количество теплоты, которое должны отводить воздухоохладители в течение часа.

Чтобы коэффициент рабочего времени воздухоохладителей был равен  $\varepsilon_{\text{потр}}$ , теплопритоки в камеру должны составлять

$$Q_{\text{хран. потр}} = (Q_{\text{ВО.хран}} - N_{\text{во}} n_{\text{во}}) \cdot 3600 \varepsilon_{\text{потр}}, \text{ кДж}.$$

Мощность электродвигателей вентиляторов отнимается от холодопроизводительности воздухоохладителей по той причине, что этот теплоприток появляется только в период их работы, потому может рассматриваться как фактор, снижающий способность воздухоохладителей отводить «чистые» теплопритоки. Тогда  $Q_{\text{хран. потр}} = 118586$  кДж.

12. Количество теплоты, которое необходимо дополнительно вносить в камеру каждый час:

$$Q_{\text{доп}} = Q_{\text{хран. потр}} - Q_{\text{хран. чист}} = 118586 - 37486 = 81100 \text{ кДж}.$$

Итак, для того чтобы организовать работу воздухоохладителей с коэффициентом рабочего времени  $\varepsilon_{\text{потр}} = 0,483$ , необходимо увеличить часовое поступление теплоты в камеру на 81100 кДж. Для этой цели в камере можно установить дополнительные нагревательные элементы, которые могут быть как электрические, так и использующие промежуточный теплоноситель. Преимущества и недостатки каждого из них сведены в табл. 1.

Нагреватели могут работать либо непрерывно, либо только вместе с воздухоохладителями. Каждый способ имеет и преимущества, и недостатки, приведенные в табл. 2. При этом важным является обеспечение кратности циркуляции воздуха в грузовом штабеле.

Для рассматриваемой камеры рационально использовать трубчатые обогреваемые электрические нагреватели (ТЭНы), установленные на выходе воздуха из воздухоохладителя как более привлекательные по инвестиционным показателям. При выборе электрического

Таблица 1

Сравнение типов нагревательных элементов

Тип	Преимущества	Недостатки
Электрический	— простота реализации и управления; — высокая температура нагревателя, следовательно, меньшая площадь поверхности.	— низкая энергетическая эффективность системы в целом.
Промежуточный теплоноситель	— высокая энергетическая эффективность за счет возможной утилизации вторичных энергетических ресурсов холодильной системы (например, теплоты конденсации, переохлаждения холодильного агента перед дросселированием).	— потребность в большом количестве дополнительного оборудования и трубопроводов, что увеличивает капитальные затраты и снижает надежность всей системы; — трудно достичь высокой температуры, как следствие, нужна большая площадь поверхности; — необходима защита от замерзания теплоносителя.

Таблица 2

Сравнение способов внесения дополнительного теплопритока

Способ	Преимущества	Недостатки
Непрерывный	— меньшая установленная мощность нагревательного прибора; — возможность обогрева камеры в зимний период.	— необходимость организовать равномерную и постоянную циркуляцию нагреваемого воздуха;
Только во время работы воздухоохладителей	— простота реализации: циркуляция нагреваемого воздуха обеспечивается вентиляторами воздухоохладителей.	— более высокая установленная мощность нагревателей.

нагревателя, рационально вносить теплоприток только во время работы воздухоохладителей, поскольку перемешивание воздуха камеры будет осуществляться вентиляторами воздухоохладителей, а не за счет естественной конвекции или дополнительного оборудования [8–10]. При естественной конвекции за счет худшей теплоотдачи температура поверхности нагревателей значительно выше, чем при вынужденной, что снижает срок их службы, повышает риск аварии.

13. Мощность нагревательных элементов определяется, исходя из необходимого часового поступления теплоты в камеру и способа ее внесения и перераспределяется между всеми воздухоохладителями. При непрерывной работе  $N_{\text{ТЭН}} = Q_{\text{доп}}/3600$ , кВт. При внесении теплопритока только в период работы воздухоохладителей

$$N_{\text{ТЭН}} = \frac{Q_{\text{доп}}}{3600 \cdot \varepsilon_{\text{потр}}} = 46,64 \text{ кВт.}$$

### Выводы

Использование подогрева воздуха хотя и влечет за собой ощутимое увеличение суммарной мощности, потребляемой системой охлаждения, однако по капитальным затратам гораздо привлекательнее, чем система механического осушения или объединенная система технологического кондиционирования и вентиляции. Предложенная схема проста в реализации и управлении. Представленные технические решения и методика инженерного расчета также могут применяться для проектирования системы осушения воздуха в камерах хранения и холодильной обработки других видов пищевых продуктов и сырья, где необходимо поддерживать сравнительно низкую относительную влажность.

### Список литературы

1. НТП АПК 1.10.12.001–02. Нормы проектирования предприятий по хранению плодоовощной продукции.
2. ГОСТ 1723–86. Лук репчатый свежий заготавливаемый и поставляемый.
3. Журавленко В. Я., Гросман Э. Р., Уланов Н. М. Энергетическая эффективность различных систем технологического кондиционирования воздуха в лукохранилищах. // Холодильная техника. 1985. № 10. с. 18–21.
4. Коробкина З. В. Прогрессивные методы хранения плодов и овощей. — К.: Урожай, 1989. — 168 с.
5. Николаева М. А. Хранение плодов и овощей на базах. — М.: Экономика, 1976. 176 с.
6. Ивахнов В. И., Тихомирова Л. Н. Рациональная схема тепловлажностной обработки воздуха при хранении лука. // Холодильная техника. 1985. № 7, с. 23–25.
7. Мнацаканов Г. К., Дейнего Г. П., Косой С. М., Ратнер Б. Е., Иванов В. А. Регулирование влажности воздуха в камерах хранения твердых сыров. // Холодильная техника. 1982. № 2. с. 11–14.
8. Богословский В. Н. и др. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. Учебник для вузов. — М.: Стройиздат, 1985. 367 с.
9. Жихарева Н. В., Хмельнюк М. Г. Повышение эффективности системы охлаждения плодоовощехранилищ. // Вестник Международной академии холода. 2013. № 4.
10. Селезнев В. Н., Фоменко В. М. Сохраняемость качества лука в холодильной камере с осушением воздуха. // Холодильная техника. 1976. № 7. с. 34–37.

### References

1. NTP APK 1.10.12.001–02. Norms of design of the enterprises for storage of fruit and vegetable products. (in Russian)



2. GOST 1723–86. Onion fresh made and delivered. (in Russian)
3. Zhuravlenko V. Ya., Grosman E. R., Ulanov N. M. Energetic efficiency of different systems of technological air conditioning in storages of onions. *Kholodil'naya tekhnika*. 1985. № 10. p. 18–21. (in Russian)
4. Korobkina Z. V. Progressive methods of storage of fruits and vegetables. K.: Urozhai, 1989. 168 p. (in Russian)
5. Nikolaeva M. A. Storage of fruits and vegetables on bases. Moscow. Ekonomika, 1976. 176 p. (in Russian)
6. Ivakhnov V. I., Tikhomirova L. N. The rational diagram of heatmoist processing of air in case of storage of onions. *Kholodil'naya tekhnika*. 1985. No 7, p. 23–25. (in Russian)
7. Mnatsakanov G. K., Deinego G. P., Kosoi S. M., Ratner B. E., Ivanov V. A. Regulation of air humidity in left-luggage offices of solid cheeses. *Kholodil'naya tekhnika*. 1982. No 2. p. 11–14. (in Russian)
8. Bogoslovskii V. N. et al. Air conditioning and cold supply. Textbook. Moscow, Stroiizdat, 1985. 367 p. (in Russian)
9. Zhikhareva N. V., Khmel'nyuk M. G. Increasing the efficiency of the cooling system for fruit and vegetable storage facilities. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2013. No 4. (in Russian)
10. Seleznev V. N., Fomenko V. M. Keeping of quality of onions in the refrigerator with air drainage. *Kholodil'naya tekhnika*. 1976. No 7. p. 34–37. (in Russian)

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Научный Совет РАН по проблеме «Теплофизика и теплоэнергетика»  
Университет ИТМО  
Международная академия холода  
Международная академия наук высшей школы  
Рабочая группа НС РАН «Свойства хладагентов и теплоносителей»

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**  
**СОСТОЯНИЕ И ПРИОРИТЕТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГХФУ,**  
**ГФУ И ПРИРОДНЫХ ХЛАДАГЕНТОВ,**  
**СНИЖЕНИЕ ИХ ЭМИССИЙ И СОДЕРЖАНИЯ В СИСТЕМАХ**

**Техническая и информационная поддержка:**

журналы «Вестник МАХ», «Холодильная техника»,  
«Холодильный бизнес», «Империя холода»

**Генеральные спонсоры:**

ООО «АиТ», ЗАО «Инженерные системы охлаждения»;  
Инженерный центр энергоэффективных холодильных  
технологий и автоматики

**Конференция состоится**

**4 февраля 2015 г.**

**в Институте холода и биотехнологий Университета ИТМО**

*по адресу:* Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9 (ст. метро «Достоевская», «Владимирская», «Звенигородская»)

Заявки на участие в конференции просьба подавать до 20 января 2015 г. на имя Лаптева Ю.А.

*Тел./Факс:* (812) 571-69-12, 571-56-89 (с пометкой "Хладагенты")

*E-mail:* max\_jar@gunipt.spb.ru; laptev\_yua@mail.ru

**Организационный взнос не взимается**

**ТЕМЫ, ПРЕДЛАГАЕМЫЕ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ:**

- Постановление Правительства РФ № 228 от 24 марта 2014 г.;
- альтернативы ГХФУ и ГФУ с высоким парниковым эффектом;
- энергоэффективные термодинамические циклы, машины и установки холодильной техники;
- свойства хладагентов и хладоносителей;
- теплообменные аппараты нового поколения, процессы тепло- и массообмена;
- энергоэффективное охлаждение без парниковых газов;
- интеграция отопления и охлаждения;
- возобновляемые источники энергии и теплонасосные технологии;
- «здоровые» системы холодоснабжения;
- естественный холод, сбережение вечной мерзлоты, арктические шельфы, СОУ;
- льдосодерживающие пульпы;
- инвестиционные технологии в строительстве с применением техники искусственного охлаждения и систем СКВ;
- устойчивое развитие и холодильная цепь

Предлагаемая тематика по желанию участников может быть дополнена

**Подробная информация на сайте:**

<http://ihbt.ifmo.ru>,  
[www.maxiar.spb.ru](http://www.maxiar.spb.ru)