

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В КАМЕРАХ ХОЛОДИЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Автор: Дмитрий КОЗЛОВ

Научный руководитель: д-р хаб., конф. универс. Балан ЕВГЕНИЙ

Технический Университет Молдовы

Реферат: На основании полученных зависимостей условий воздухообмена при холодильном хранении пищевых продуктов от характеристик камеры, системы охлаждения и штабеля груза получены критерии оценки эффективности систем воздухораспределения, необходимые для обоснования их выбора на практике.

Ключевые слова: хранение, продукты, режим, холодильная камера, система воздухораспределения.

В камерах холодильного хранения пищевых продуктов, оборудованных воздушной системой охлаждения, условия хранения, в конечном итоге, определяются способом распределения охлаждённого воздуха в камере и штабеле груза.

Эффективность практикуемых систем воздухораспределения остаётся невысокой [1-4], в камерах не всегда обеспечивается требуемый технологический режим, наблюдаются повышенные потери продуктов при хранении. Дальнейшее совершенствование систем сдерживается отсутствием обоснованных критериев их оценки.

С этой целью проведён анализ влияния способов распределения воздуха и ряда эксплуатационных факторов на величину коэффициента эффективности воздухораспределения $\eta_{в/р}$, который рассчитывается по формуле:

$$\eta_{в/р} = \frac{t_{e1} - t_n}{t_{ш} - t_n}, \quad (1)$$

где t_{e1} , t_n , $t_{ш}$ – температура воздуха, соответственно, на всасывании из камеры, на нагнетании в камеру и внутри штабеля груза, между продуктом, °С.

Взаимосвязь между этими параметрами может быть установлена в результате рассмотрения типичной схемы циркуляции воздушных потоков, имеющей обычно замкнутый характер в камере хранения пищевых продуктов (рис. 1).

В соответствии с этой схемой отеплённый воздух из камеры 1 в количестве G и с температурой t_{e1} поступает в воздухоохладитель 2, где охлаждается до конечной температуры t_{e2} , затем подогревается в вентиляторе 3 до температуры t_n и нагнетается в верхнюю часть камеры, в свободное пространство над штабелем груза 4.

Поток охлаждённого воздуха с начальными параметрами t_n и G по мере своего движения присоединяет к себе из окружающего пространства более тёплый воздух камеры в количестве ΔG и с температурой t_k , затем общий поток воздуха с параметрами $G + \Delta G$ и t_n поступает в грузовой объём камеры. Этот процесс описывается уравнением

$$t_n \cdot G + t_k \cdot \Delta G = t_n (G + \Delta G).$$

Разделив все его члены на G , получим:

$$t_n + t_k \cdot K_3 = t_n (1 + K_3), \quad (2)$$

где $K_3 = \Delta G/G$ – коэффициент эжекции струйного потока воздуха.

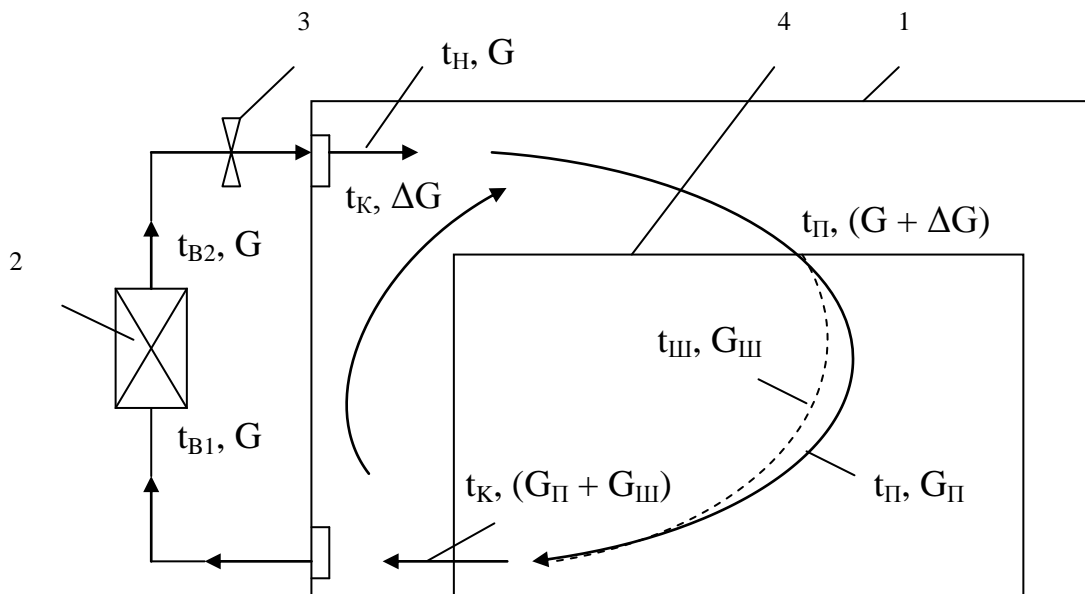


Рис.1. Расчётная схема холодильной камеры для хранения пищевых продуктов

В грузовом объёме камеры одна часть воздуха в количестве G_n движется в проходах между штабелями, не участвуя в теплообмене с грузом (температуру этого потока можно принять равной t_n), другая часть воздуха в количестве $G_{ш}$ проходит через штабель груза, где нагревается до средней температуры $t_{ш}$. На выходе из штабеля эти потоки соединяются вместе (соблюдается условие $G_n + G_{ш} = G + \Delta G$) и со средней температурой $t_{с1}$ общий поток воздуха поступает в свободное пространство камеры. Этот процесс может быть описан уравнением:

$$t_n \cdot G_n + t_{ш} \cdot G_{ш} = t_{с1} (G_n + G_{ш}).$$

Разделив все его члены на величину $(G_n + G_{ш})$ и приняв, с небольшими допущениями, температуру воздуха $t_{с1}$ всасываемого в воздухоохладитель из камеры, равной средней температуре воздуха t_k в свободном пространстве камеры (без учёта влияния трения, теплообмена с ограждениями и пр.), получим

$$t_n (1 - \bar{G}_{ш}) + t_{ш} \bar{G}_{ш} = t_k, \quad (3)$$

где $\bar{G}_{ш} = G_{ш}/(G_n + G_{ш})$ относительный расход воздуха, проходящего через штабель с продуктом.

Из свободного пространства камеры одна часть воздуха в количестве G направляется в воздухоохладитель, а другая – в количестве ΔG эжектируется струйным потоком воздуха и возвращается в грузовой объём камеры на вторичную рециркуляцию.

Решая совместно уравнения (1) – (3), получим зависимость для коэффициента эффективности

$$\eta_{e/p} = \frac{\bar{G}_{ш} (1 + K_3)}{(1 + \bar{G}_{ш} \cdot K_3)}, \quad (4)$$

которая представлена графиком на рис. 2.

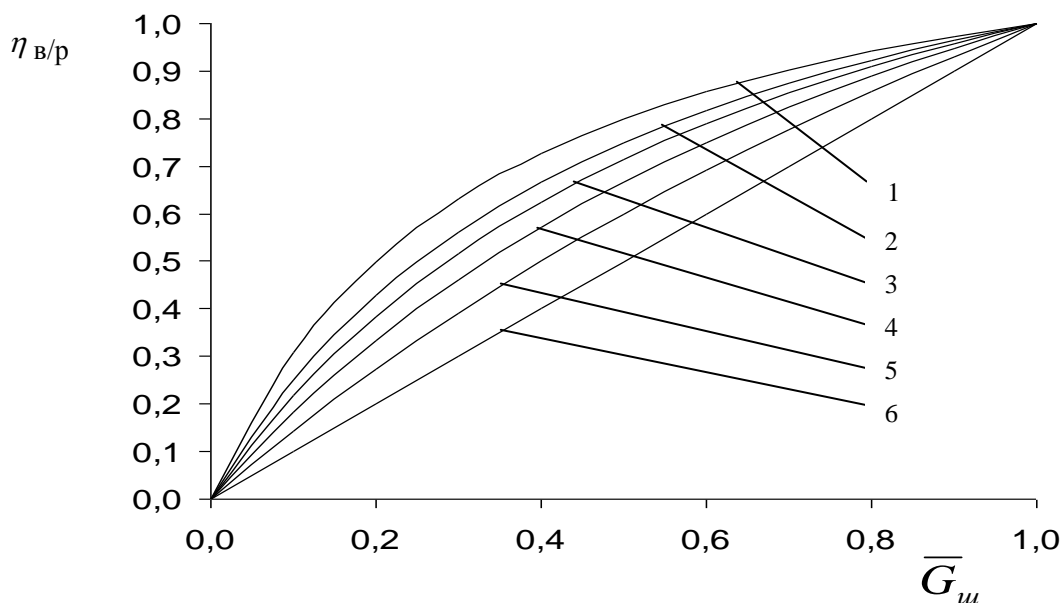


Рис.2. Зависимость коэффициента эффективности воздухораспределения $\eta_{в/р}$ от параметра $\overline{G}_{ш}$ при значениях k_3 : 1 – 0; 2 – 0,5; 3 – 1,0; 4 – 1,5; 5 – 2,0; 6 – 3,0

Анализ графика показывает, что эффективность воздухораспределения $\eta_{в/р}$ возрастает с увеличением относительного расхода воздуха через штабель груза $\overline{G}_{ш}$ и величины коэффициента эжекции струйного потока воздуха K_3 .

Рассматривая систему воздухораспределения как неотъемлемый элемент холодильной камеры, связующее звено между системой охлаждения, включающей воздухоохладитель с вентилятором, и объектом охлаждения – штабелем груза, испытывающем влияние внешних и внутренних тепловых нагрузок, можно величину коэффициента эффективности $\eta_{в/р}$ представить в виде зависимости от ряда характерных параметров данных элементов.

Выразив разность температур воздуха t_{e1} и t_n , входящую в числитель формулы (1), через величину подохлаждения воздуха в воздухоохладителе $\Delta t_{e/o}$ и подогрев его в вентиляторе Δt_e (независимо от места расположения – до или после воздухоохладителя)

$$t_{e1} - t_n = \Delta t_{e/o} - t_{e2},$$

и приняв в качестве определяющего параметра, характеризующего температурный режим в камере со штабельной загрузкой, разность усреднённых температур воздуха в штабеле груза $t_{ш}$ и в свободном пространстве камеры t_k (вне её грузового объёма) составит:

$$\Delta t_{ш} = t_{ш} - t_k.$$

Уравнение (1) можно привести к виду

$$\Delta t_{ш} = (\Delta t_{e/o} - \Delta t_e) \cdot \left(\frac{1 - \eta_{в/р}}{\eta_{e/p}} \right). \quad (5)$$

Данная зависимость связывает параметры системы воздухораспределения ($\eta_{в/р}$), охлаждения ($\Delta t_{e/o} - \Delta t_e$) и штабеля груза $\Delta t_{ш}$. Видно, что значение $\eta_{в/р}$ растет с увеличением подохлаждения воздуха в воздухоохладителе $\Delta t_{e/o}$ и с уменьшением его нагрева в вентиляторе Δt_e .

Из зависимости (5) можно определить разность температур $\Delta t_{ш}$ в зависимости от параметра ($\Delta t_{e/o} - \Delta t_e$) для принятой системы воздухораспределения при определенном значении коэффициента $\eta_{в/р}$.

Если считать, что равномерное распределение температуры в камере удовлетворяет условию $\Delta t_{in} \leq 1\text{К}$, то достижение этого условия зависит от соотношения параметров $\eta_{в/р}$ и $(\Delta t_{в/о} - \Delta t_e)$.

При применении высокоэффективных систем, когда $\eta_{в/р} = 0,8$ и выше, величина $\Delta t_{в/о} - \Delta t_e$ может достигать (2...4)К. Малоэффективные системы ($\eta_{в/р} < 0,5$) лимитируют параметр $(\Delta t_{в/о} - \Delta t_e) \leq (0,5...1)\text{К}$, что не всегда достижимо на практике. Поэтому в камерах с такими системами наблюдается повышенная неравномерность температуры. Чтобы улучшить режим хранения, приходится подавать в камеру большое количество воздуха, что связано с увеличением энергозатрат на вентиляцию и охлаждение груза, либо необходимостью увеличить поверхность охлаждения.

Список использованной литературы

1. Волкинд И.Л. Комплексы для хранения картофеля, овощей и фруктов. – М: Колос, 1981. – 233с.
2. Жадан В.З. Теплофизические основы хранения сочного растительного сырья на пищевых предприятиях. – М.: Пищевая промышленность, 1976, -233с.
3. Стефанович В.В., Комарницкий Б.В. Системы охлаждения судовых рефрижераторных помещений. – Л.: Судостроение, 1984. – 160с.
4. Чумак И.Г., Чепурненко В.П., Чуклин С.Г. Холодильные установки. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1981. – 344с.