

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЯ

Наведені рівняння для розрахунку оптимальних параметрів роботи повітряохолоджувача холодильної машини, що дозволяє збільшити її енергетичну ефективність.

***Ключові слова:** енергетична ефективність, повітря охолоджувач, холодильна машина.*

Приведены зависимости для расчета оптимальных параметров работы воздухоохладителя холодильной машины, что позволило повысить ее энергетическую эффективность.

***Ключевые слова:** энергетическая эффективность, воздухоохладитель, холодильная машина.*

Dependencies for the calculation of optimal parameters for the functioning of the air-cooler of the refrigerating equipment are provided; such parameters permit to increase the equipment's energy efficiency.

***Keywords:** energy efficiency, air-cooler, refrigerating equipment.*

Постановка проблемы

В современных условиях повышение эффективности производства на мясоперерабатывающих предприятиях направлено на максимально возможное снижение потерь продукции в процессе переработки, хранения и доставке потребителю, на снижение энергозатрат и создание условий для надежного функционирования холодильного оборудования.

В решении данной задачи исключительно важную роль играет применение холода, который для мясоперерабатывающих предприятий является важнейшей составной частью технологического процесса.

Без эффективной работы холодильных установок успешная работа мясоперерабатывающих предприятий невозможна.

В помещениях (камерах) мясоперерабатывающих предприятий требуется поддержание определенных параметров воздушной среды для создания условий, обеспечивающих сохранность и высокое качество мясopодуктов. При этом снижение энергетических затрат не должно приводить к ухудшению состояния воздуха. Его параметры в камерах необходимо поддерживать на уровне, оптимальном для соответствующего технологического процесса.

Относительная влажность воздуха слабо влияет на потери массы в первой фазе охлаждения мяса, но становится все более важной к концу цикла охлаждения и при последующем хранении.

Регулирование относительной влажности воздуха в камерах охлаждения редко бывает экономичным. Удовлетворительного значения ее можно достичь посредством применения эффективных воздухоохладителей и оптимального температурного режима их работы.

В помещениях мясоперерабатывающих производств, кроме камер сушки сыро-копченых и сыровяленых колбас, поддержание заданных температурно-влажностных параметров и скорости движения воздушной среды в основном обеспечивается с помощью кубических или двухпоточных поверхностных воздухоохладителей. Использование технических кондиционеров позволяет поддерживать параметры воздушной среды с высокой степенью точности, однако эти системы очень дороги и требуют высокой квалификации обслуживающего персонала [4].

На этапе проектирования холодильной установки основная переменная величина воздухоохладителя – это разность между температурой воздуха в помещении и температурой кипения хладагента. Чем ниже температура кипения хладагента по сравнению с температурой воздуха, поступающего в воздухоохладитель, тем выше его производительность. Для обеспечения экономичности воздухоохладителя разность температур должна быть минимальной, так как компрессор работает более эффективно при высоком давлении всасывания.

Количество влаги, сконденсированной из воздуха, находится в прямой зависимости от температуры кипения хладагента. При работе воздухоохладителя с большой разностью температур в помещении создается низкая относительная влажность воздуха. Мясо и другие скоропортящиеся продукты при хранении в этих условиях подвергаются избыточной усушке и порче из-за низкой влажности воздуха. Избежать применения дополнительного увлажнения воздуха в камерах возможно путем выбора рационального перепада температур и на стадии проектирования и на его основе определения площади теплообменной поверхности воздухоохладителя. По отношению к средней температуре наружной поверхности воздухоохладителя $t_{нв}$ перепад температур и определяется как

$$И = t_{к} - t_{нв}, \quad (1)$$

где $t_{к}$ – температура воздуха в камере, $^{\circ}C$.

В зависимости от конкретного вида мясного сырья и техно-логического процесса изменение относительной влажности воздуха в камере $\varphi_{к}$ возможно в пределах

$$\varphi_{\min} \leq \varphi_{к} \leq 1 \quad (2)$$

Для вычисления минимальной относительной влажности воздуха в камере φ_{\min} предложена зависимость $\varphi_{\min} = f(t_{к}, И)$ [1]:

$$\varphi_{\min} = 1 - (1 - 5,2 \times 10^{-3} t_{к}) * (10,9 И - 6,923 \times 10^{-2} И^2) / (132,0 + \dots + 4,6 И) \quad (3)$$

Зависимость (3) применима при температуре воздуха в камерах $-25 \leq t_{к} \leq 0$ $^{\circ}C$ и перепаде температур $И \leq 13,5$ $^{\circ}C$.

Как следует из выражения (3), при поддержании в камере заданной температуры воздуха $t_{к}$ повышение температуры теплообменной поверхности воздухо-охладителя $t_{нв}$ или уменьшение и приводит к возрастанию минимальной относительной влажности воздуха φ_{\min} в камере. При $И \rightarrow 0$ она независимо от температуры хранения и стремится к единице.

Результаты исследования

Правильное обоснование ψ_{\min} для конкретных технологических процессов позволяет определить соответствующее значение И и рассчитать требуемую теплообменную поверхность воздухоохладителей. Проектирование технических автономных кондиционеров для сушки сырокопченых и сыровяленых колбас и эксплуатация их более 15 лет на мясокомбинатах подтвердили целесообразность использования уравнения (3) при создании воздухоохладителей для конкретных условий эксплуатации [3,5]. Увлажнители не применяются в этих кондиционерах даже в течение первых двух суток сушки, когда необходимо поддерживать в камере $t_k = 24 \text{ }^\circ\text{C}$ и $\psi_k = 95\%$ в холодное время года (рис. 1). В табл. 1 приведены результаты расчета перепада температур И в зависимости от температурно – влажностных параметров t_k и ψ_{\min} .

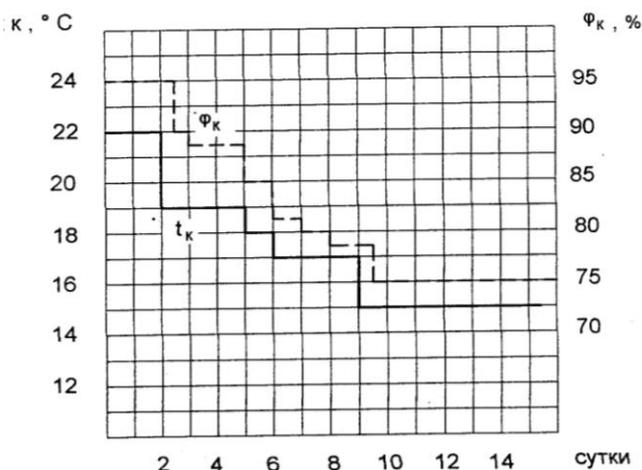


Рис. 1. Требуемое поддержание температурі t_k и относительной влажности воздуха ψ_k в камере в процессе сушки сырокопченых и соровяленых колбас (с применением ГДЛ со стартовыми культурами)

Таблица 1

Рекомендации по выбору перепада температур И

| $t_k, \text{ }^\circ\text{C}$ | Значения И, $^\circ\text{C}$ при ψ_{\min} | | | | | |
|-------------------------------|--|------|------|-----|-----|-----|
| | 0,95 | 0,85 | 0,75 | 0,7 | 0,6 | 0,5 |
| 0 | 0,62 | 2,0 | 3,5 | 4,3 | 6,1 | 8,2 |
| -5 | 0,60 | 1,9 | 3,4 | 4,2 | 5,9 | 7,9 |
| -10 | 0,59 | 1,9 | 3,3 | 4,0 | 5,7 | 7,7 |
| -15 | 0,58 | 1,8 | 3,2 | 3,9 | 5,6 | 7,4 |
| -20 | 0,56 | 1,8 | 3,1 | 3,8 | 5,4 | 7,2 |

Как видно из табл. 1, для поддержания в камере высокой относительной влажности воздуха ψ_{\min} при проектировании холодильной установки следует принимать малые значения И, что приведет к снижению энергозатрат и увеличению площади теплопередающей поверхности.

На рис. 2 приведена диаграмма для определения перепада температур Δt между температурой воздуха в камере t_k и температурой кипения холодильного агента t_o в поверхностном воздухоохладителе в зависимости от относительной влажности воздуха ψ_k в камере. Диаграмма рекомендуется в работе [2] для использования при проектировании холодильных установок. Порядок применения диаграммы показан на рис. 2.

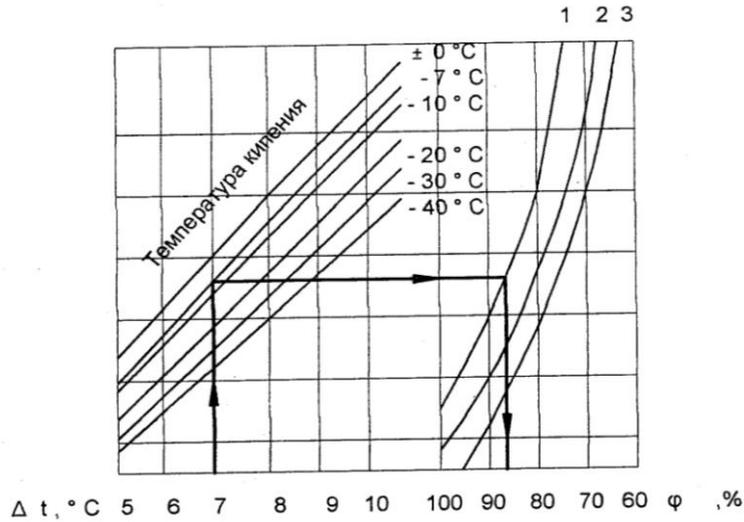


Рис. 2. Диаграмма для определения перепада температур Δt при заданной относительной влажности воздуха в камере ψ_K :

Результаты расчета по уравнению (3) и по диаграмме (рис. 2) практически одинаковы. Однако при проектировании технического кондиционера для сушки сырокопченых и сыровяленых колбас целесообразно применять уравнение (3), поскольку перепад температур Δt в нем определяется по отношению к средней температуре наружной поверхности воздухоохладителя $t_{нв}$.

Используя данные рис. 2 нами получено уравнение для вычисления перепада температур Δt при заданном значении ψ_K для диапазона температур кипения $t_0 = 5 \dots -20^\circ\text{C}$:

$$\Delta t = 26,4 - 0,08 t_0 - 22,8 \psi_K \tag{4}$$

На рис. 3 показано изменение потребляемой компрессором мощности T_e в зависимости от Δt при температуре воздуха в камере 8°C .

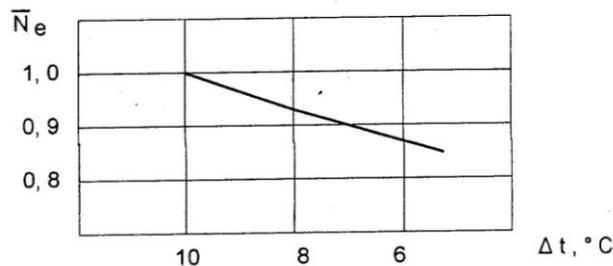


Рис. 3. Зависимость потребляемой мощности компрессора T_e .

Как видно из рисунка, обеспечение перепада температур в воздухоохладителе $\Delta t = 6^\circ\text{C}$ позволяет в сравнении с $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ уменьшить потребляемую компрессором мощность на 14 %.

Выводы

Таким образом, выбор рационального перепада температур и площади теплопередающей поверхности воздухоохладителя позволяет обеспечить заданную относительную влажность воздуха в помещениях мясоперерабатывающих производств без применения дополнительного увлажнения воздуха, сократить потери продуктов от усушки, уменьшить расход электроэнергии на выработку холода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверин Г.Д., Алексеев А.В. Зависимость относительной влажности воздуха в камерах хранения пищевых продуктов от условий эксплуатации приборов охлаждения // Холодильная техника, 1992. – № 1. – С. 17-19.
2. Колитенко С.В. Рекомендації з вибору випарників та конденсаторів // Холод, 2008. – № 1. – С. 22-27.
3. Патлайчук Н.И., Щесюк О.В. Автономные кондиционеры для сушки колбас // «Мясной бизнес», 2005. – № 11. – С. 66.
4. Спасский А.А. Некоторые аспекты использования искусственного холода в мясоперерабатывающей промышленности // Холодильный бизнес, 2003. – № 10. – С. 8-9; № 11. – С. 10-12.
5. Усатенко Н.Ф., Патлайчук Н.И., Щесюк О.В. Снижение энергетических затрат при сушке сырокопченых и сыровяленых колбас // Мясная индустрия, 2007. – Октябрь. – С. 50-52.

Рецензенти: д.т.н., професор Радченко М.І.,
к.т.н., доцент Сирота О.А.

© Щесюк О.В., Патлайчук Н.И., 2009

Стаття надійшла до редколегії 29.04.09