

Автореферат  
Р 57

И

инж. Алексееву В.А.

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На правах рукописи

Ришар Александр Люсьен

УДК.621.565.001.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ МЯСА

Специальность 05.04.03 - Гидравлические машины, машины и аппараты холодильной и криогенной техники

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Одесса - 1983

Работа выполнена на кафедре холодильных установок  
Одесского технологического института холодильной промышлен-  
ности

Научный руководитель – заслуженный деятель науки  
УССР, доктор технических  
наук, профессор ЧУМАК И.Г.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,  
профессор МИНКУС Б.А.,  
кандидат технических наук  
ЧЕРНОЗУБОВ А.М.

Ведущая организация – НПО "Пищепромавтоматика" (г.Одесса)

Защита диссертации состоится " 4 " июля 1983 г.  
в II часов на заседании специализированного совета  
К.068.27.01 Одесского технологического института холодиль-  
ной промышленности: 270000, г.Одесса, ГСП, ул.Петра Великого,  
1/3, ОТИХЛ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 1983 г.

Р.К.Никольшин

- 3 -

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность

Анализ состояния проблемы методологии проектирования холо-  
дильников показывает, что высокая эффективность капиталовложе-  
ний при строительстве и минимальные эксплуатационные расходы мо-  
гут быть достигнуты, если на этапе проектирования осуществляется  
системный подход к задаче оптимизации этих объектов.

Применение методов комплексной оптимизации предусматривает  
совместное решение задач по оптимизации как процессов холодиль-  
ной обработки и хранения, так и системы холодоснабжения. Причем  
одним из важнейших этапов осуществления этой задачи является со-  
здание и апробирование метода комплексной оптимизации режима хо-  
лодильной обработки.

Однако до настоящего времени при проектировании холодильной  
техники и разработке холодильной технологии используются уста-  
ревшие нормативы и рекомендации, полученные в результате раздель-  
ной оптимизации холодильной технологии и холодоснабжения.

Применяемые критерии оптимизации, созданные для простых ком-  
позиций этих раздельных решений, иногда не сочетаются с интег-  
ральной моделью объекта, а сами технико-экономические методы оп-  
тимизации не всегда позволяют получить правильный ответ при ана-  
лизе систем, режимные параметры которых характеризуются энтропи-  
ей. Применение методов технико-экономической оптимизации в этих  
случаях искажает реальную картину, что может привести к перерас-  
ходу средств при строительстве или при эксплуатации холодильной  
установки, что скажется на рентабельности производства.

В связи с этим, определение границ эффективного применения  
технико-экономических и термoeкономических методов оптимизации,  
а также разработка и внедрение единого подхода к вопросу оптими-  
зации холодильной обработки и систем холодоснабжения приобретает

xv 1310  
ИНСТИТУТ ХОЛОДА  
ОНАХТ  
Библиотека

ра, ум  
эффици  
чно выби  
мени цепи заря  
ветарь  
совета,  
величину резистора

важное народнохозяйственное значение.

Цель работы заключается в разработке и исследовании современной методологии оптимизации холодильной обработки мяса (на примере охлаждения мяса).

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- выполнить системный анализ объекта холодильной обработки;
- разработать методику комплексной оптимизации одноцелевых систем холодильной обработки мяса с использованием технико-экономического метода их оценки на примере одностадийного охлаждения мяса;
- на основе термoeкономического метода оценки объектов разработать методику комплексной оптимизации одноцелевых систем холодильной обработки;
- создать термoeкономическую модель многостадийной холодильной обработки и разработать методику комплексной оптимизации многоцелевых систем;
- провести сопоставление технико-экономических и термoeкономических методов оптимизации.

#### Научная новизна работы

Для режима холодильной обработки мяса научная новизна заключается в:

- постановке, обобщении и решении задачи комплексной оптимизации двумя путями (технико-экономическим и термoeкономическим);
- выборе рационального метода оптимизации;
- разработке критерия оптимизации для технико-экономической оценки;
- разработке технико-экономической и термoeкономической моделей одностадийного режима;
- разработке термoeкономической модели многостадийного режима;

- алгоритмическом описании и реализации на ЭВМ системного анализа;
- проведении имитационного исследования задачи комплексной оптимизации одностадийного режима.

#### Научные положения, защищаемые в диссертации

1. Режимы одностадийной холодильной обработки мяса (продуктов) могут быть комплексно оптимизированы на базе технико-экономической оценки с использованием безразмерного вида приведенных затрат в качестве критерия оптимальности.

2. Режимы одностадийной, как и многостадийной холодильной обработки мяса (продуктов) могут быть комплексно оптимизированы на базе термoeкономической с использованием эксергии в качестве основной термодинамической функции.

#### Научные результаты

1. На основе технико-экономического метода оценки объектов создана методика комплексной оптимизации режима одностадийной холодильной обработки мяса.

2. Предложен критерий технико-экономической оптимизации режима холодильной обработки, позволяющий сочетать поэлементную оптимизацию с интегральной для всего объекта.

3. Получены математические модели в виде системы уравнений для термoeкономической оптимизации и в виде полинома первого порядка с учетом парных взаимодействий параметров для технико-экономической оптимизации одностадийного процесса охлаждения мяса в воздушной среде.

4. Получена термoeкономическая модель многостадийной холодильной обработки в виде систем уравнений.

5. На основе системного анализа разработан единый алгоритм описания, расчета и оптимизации любого объекта холодильной обработки по двум методам (термoeкономическому и техни-

ко-экономическому). Составлены программы реализации данного алгоритма на языке PL/I в системе ОС для ЭВМ серии ЕС.

6. Разработаны рекомендации по выбору расчетных оптимальных режимных параметров процесса одностадийного охлаждения.

Практическая ценность

Реализация разработанных методов позволит получить экономический эффект за счет комплексной оптимизации параметров эксплуатации технологического оборудования, а также снизить капитальные затраты за счет выбора при проектировании оптимальных параметров конструкции оборудования для одно- и многостадийных способов холодильной обработки. Внедрение разработанных методов оптимизации позволит осуществить комплексную автоматизацию процессов управления и регулирования режимов холодильной обработки.

Апробация работы

Основные положения работы доложены на научно-технических конференциях ОТИХП (Одесса, 1981, 1982 гг) и на республиканской конференции по созданию систем автоматизированного проектирования (г.Донецк, 1982 г).

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, приложений. Содержит 116 страниц машинописного текста, 17 рисунков, 5 таблиц. Список литературы - 188 наименований, из них 16 иностранных.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первом разделе проведен краткий анализ публикаций по проблеме оптимизации режимов различных способов холодильной обработки мяса, которые нами были разделены на две группы. В первой группе, как правило, критерием оценки эффективности холодильной технологии выбирают продолжительность обработки и весовые потери

мяса при максимальной сохранности его качества. В теоретических исследованиях предлагаются разнообразные критерии оптимальности, причем оптимизацию обычно проводят по отдельным параметрам, которые используются в дальнейшем при анализе комплекса. К этой же группе относятся работы, в которых проводится сравнение различных технико-экономических или экономических показателей.

Обзор публикаций привел нас к выводу о необходимости введения системного анализа объектов оптимизации. На основании проведенного обзора научно-технической литературы в работе предлагаются два метода оптимизации: технико-экономический и термоэкономический. В работе показано, что для оптимизации одностадийных процессов холодильной обработки можно применять оба этих метода, однако границы применимости каждого из них нуждаются в уточнении. В разделе рассмотрены также необходимые условия для выбора определенного метода оптимизации, показана необходимость применения термоэкономической оптимизации для двухстадийных способов холодильной обработки.

Во втором разделе приводится методика комплексной оптимизации холодильной обработки мяса, для которой разработан критерий оптимальности, позволяющий сочетать элементарную оптимизацию с интегральной задачей оптимизации всего объекта. В качестве критерия оптимальности приняты приведенные затраты, записанные в безразмерном виде

$$Z_{\text{пр}} = \frac{ПЗ}{ЕЕ}, \tag{1}$$

$$ЕЕ = \frac{Q \cdot T_0}{K_e \Delta \theta} \cdot C_{\text{эл}}. \tag{2}$$

Для применения данного критерия структура безразмерного вида затрат представлена в виде суммы составляющих энергетических и неэнергетических затрат. Неэнергетические затраты рассмотрены

как сумма отчислений от стоимости элементов объекта и отчислений на ремонт, реновацию и обслуживание оборудования.

В диссертации приведены данные, показывающие достоверность выбора данного критерия.

Методика комплексной оптимизации холодильной обработки была ооздана на основе математической теории планирования эксперимента. Для этого было необходимо объект оптимизации (рис.1) представить в виде "черного ящика" (рис.2) и создать имитационный стенд оптимизации. Для "построения" имитационного стенда были предварительно определены оптимизируемые параметры: температура воздуха ( $T_c$ ), скорость его движения ( $w$ ) около бедренной части, температурный напор между воздухом и хладоносителем в воздухоохладителе ( $\theta_0$ ), изменение температуры воздуха в воздухоохладителе ( $\Delta T_0$ ), изменение температуры промежуточного хладоносителя ( $\Delta T_5$ ). Затем были определены приведенные затраты для всех элементов, участвующих в процессе холодильной обработки

$$ПЗ = C_{21} N_{12} \tau_y + \{ C_{21} (N_{22} + N_{32}) + C_{11} \Delta G \} \tau_r +$$

$$+ (\delta_{12} + \delta_{21} + \delta_{22} + \delta_{31} + \delta_{32} + \delta_{33}) \tau_r . \quad (3)$$

В данном разделе установлен вид уравнения регрессии, которое было принято линейным с наиболее существенными парными взаимодействиями:  $T_c - w$ ,  $T_c - \theta_0$ ,  $w - \theta_0$ ,

$$\delta_{21} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 + b_5 x_5 +$$

$$+ b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 \quad (4)$$

В третьем разделе рассматривается термoeкономическая модель режима одностадийных способов холодильной обработки мяса.

С учетом допущений, приведенных в первом разделе, была построена модель в виде трех последовательных зон диссипации

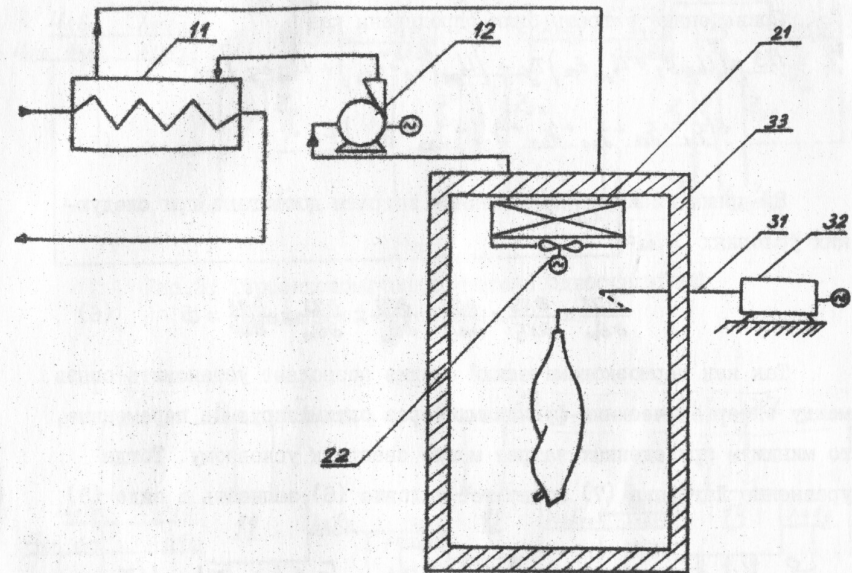


Рис.1. Схема одностадийной холодильной обработки мяса.

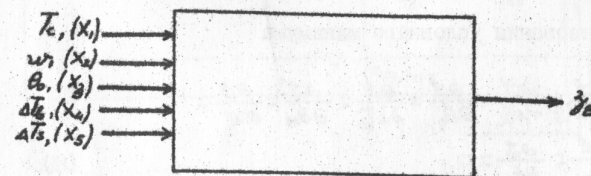


Рис.2. Технико-экономическая модель одностадийной холодильной обработки ("черный ящик").

(рис.3). В качестве критерия оптимальности приняты приведенные затраты с соответствующими оптимизируемыми параметрами.

Приведенные затраты были определены как

$$\begin{aligned} \Pi_3 = & (C_e \epsilon_1 + C_{\partial 1} \epsilon_{12}) \tau_y + [C_{\partial 1} (\epsilon_{22} + \epsilon_{32}) + C_M \delta g] \tau_T + \\ & + (\gamma_{11} + \gamma_{12} + \gamma_{21} + \gamma_{22} + \gamma_{31} + \gamma_{32} + \gamma_{33}) \tau_2. \end{aligned} \quad (5)$$

Значения минимума приведенные затраты достигают при следующих условиях

$$\frac{\partial \Pi_3}{\partial \theta_1} = \frac{\partial \Pi_3}{\partial \Delta T_5} = \frac{\partial \Pi_3}{\partial \Delta T_6} = \frac{\partial \Pi_3}{\partial \theta_0} = \frac{\partial \Pi_3}{\partial \theta_M} = \frac{\partial \Pi_3}{\partial \omega} = 0 \quad (6)$$

Так как термoeкономический анализ позволяет установить связь между эксергетическими функциями через оптимизируемые переменные, то минимум приведенных затрат можно свести к условному. Тогда уравнение Лагранжа (7) позволяет условие (6) записать в виде (8)

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = & \{ C_e \epsilon_1 (\epsilon_2, \theta_1, \Delta T_5) + C_{\partial 1} E_{12} (\epsilon_2, \Delta T_5) + \lambda_2 [E_2 (\epsilon_3, \theta_0, \Delta T_6) - \epsilon_2] \} \tau_y + \\ & + \{ C_{\partial 2} [E_{22} (\epsilon_3, \Delta T_6) + E_{32} (g, \theta_M, \omega)] + C_M \Delta G (g, \theta_M, \omega) + \\ & + \lambda_3 [E_3 (g, \theta_M, \omega) - \epsilon_3] \} \tau_T + \{ Z_{11} (\epsilon_2, \theta_1, \Delta T_5) + Z_{12} (\epsilon_2, \Delta T_5) + \\ & + Z_{21} (\epsilon_3, \theta_0, \Delta T_6) + Z_{22} (\epsilon_3, \Delta T_6) + Z_{31} (g, \theta_M, \omega) + \\ & + Z_{32} (g, \theta_M, \omega) + Z_{33} (g, \theta_M, \omega) \}. \end{aligned} \quad (7)$$

Условие существования условного минимума

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \theta_1} = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \Delta T_5} = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \theta_0} = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \Delta T_6} = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \theta_M} = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \omega} = \\ = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \epsilon_2} = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \epsilon_3} = 0. \end{aligned} \quad (8)$$

Уравнение (7) и условие (8) позволяют находить значения

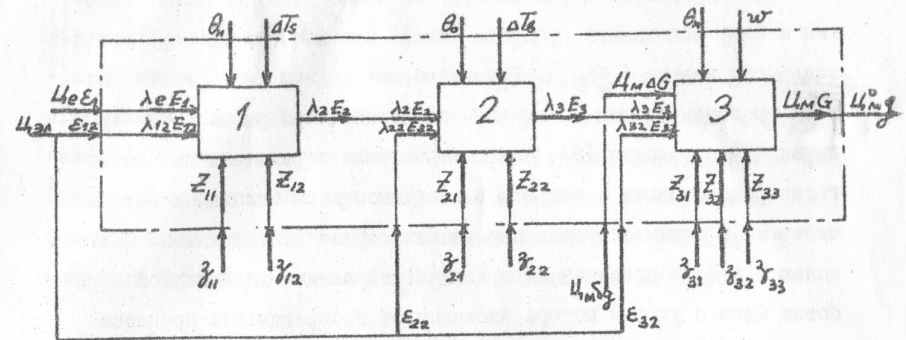


Рис.3. Термoeкономическая модель одностадийной холодильной обработки.

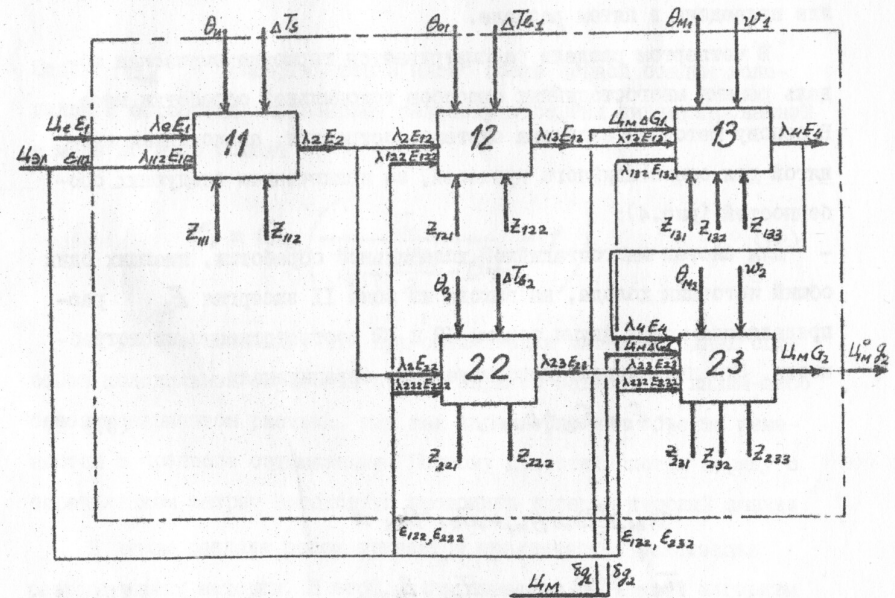


Рис.4. Термoeкономическая модель двухстадийной холодильной обработки.

всех оптимизируемых переменных, в том числе цену единицы эксергии и цену выходящего продукта (мяса) при постоянной производительности камеры ( $g_c$ ). Для этого необходимо было решить систему трансцендентных уравнений, полученных при расшифровке уравнения (7) и условия (8), для которых были определены все эксергетические функции и затраты в зависимости от выходящих потоков эксергии и оптимизируемых переменных соответствующих зон. С этой целью в работе проведен эксергетический анализ холодильной обработки мяса с учетом потерь эксергии от необратимости процесса смещения водяного пара, поступающего от мяса, с влажным воздухом камеры.

Результаты, полученные с помощью данной методики, и их анализ приведены в пятом разделе.

В четвертом разделе рассматривается термоэкономическая модель режима многостадийных способов холодильной обработки мяса. В основу методики заложена система построения, аналогичная принятой для одностадийного процесса, за исключением следующих особенностей (рис. 4):

- для систем многостадийной холодильной обработки, имеющих один общий источник холода, на выходе из зоны II эксергия  $E_2$  распределяется между двумя зонами I2 и 22 соответственно их потребности. Это накладывает дополнительные ограничения

$$E_2 = E_{12} + E_{22}, \quad (9)$$

$$\begin{aligned} T_0 - \frac{\Delta T_{M1}}{2} - \theta_{M1} - \Delta T_{b1} - \theta_{01} = \\ T_{M1} - \frac{\Delta T_{M2}}{2} - \theta_{M2} - \Delta T_{b2} - \theta_{02}, \end{aligned} \quad (10)$$

которые позволяют приступить к эксергетическому анализу разделяющихся потоков в общей для них зоне (II) без учета неэквивалент-

ности единицы эксергии;

- на выходе из зоны I3 после предварительного охлаждения мяса и в последующих стадиях, где обработка не заканчивается, внутренняя цена потока эксергии учитывает все затраты, накладываемые на данную обработку. Поэтому потери из-за усушки, а также остальные факторы оптимизации последующих стадий необходимо учитывать в величине производительности ( $g_{c1}$ ) холодильной обработки

$$g_{c1} = \frac{E_4 \cdot T_{M2}}{\left( \frac{T_{0c}}{T_0 - \frac{\Delta T_{M2}}{2}} - 1 \right) \cdot c_{M1} \cdot \Delta T_{M1} \cdot 4.3} \quad (11)$$

Здесь  $E_4$  - "эксергия тепла мяса" после первой стадии холодильной обработки показывает величину эксергии, аккумулированной в мясе на этот момент

$$E_4 = Q_{02} \left( \frac{T_{0c}}{T_M - \frac{\Delta T_{M2}}{2} - \theta_{M2}} - 1 \right) \quad (12)$$

В работе показано, что при оптимизации многостадийных способов холодильной обработки нельзя заранее задаваться каким-либо базовым вариантом расчета, так как характеристики объекта изменяются в процессе оптимизации. Поэтому для этих систем наряду с определением затрат необходимо проводить эксергетический анализ.

В пятом разделе рассматривается практическая реализация разработанных методик. В этой связи приведен созданный алгоритм *SAFI*, позволяющий проводить системный анализ холодильной обработки. Система состоит из комплекса 22 подпроцедур, выполняющих следующие функции:

I. Анализ всех видов и форм мясных продуктов, способов и

стадий холодильной обработки мяса, а также видов соответствующих расчетов (теплофизических, энергетических, экономических и оптимизационных) соответственн классификации этих объектов.

2. Выполнение расчета теплофизических характеристик процессов и сред, участвующих в холодильной обработке, выполнение расчета энергетических, эксергетических и экономических величин.

3. Выполнение оптимизационных расчетов путем применения имитационных экспериментов на ЭВМ с использованием технико-экономического и термоэкономического методов.

Для эффективного использования алгоритма SAFI разработана система ключевых параметров, позволяющих автоматически вызывать необходимые подпроцедуры для выполнения каждого вида расчета.

Объект холодильной обработки мяса был исследован на основе теории планирования эксперимента. Параметры оптимизации варьировались в следующих пределах:  $255 \leq T_c \leq 283$ ;  $0,5 \leq w \leq 7$ ;  $5 \leq \theta_0 \leq 14$ ;  $2 \leq \Delta T_b \leq 4$ ;  $2 \leq \Delta T_s \leq 3$ .

В работе было установлено, что уравнение регрессии и трансцендентные уравнения, описывающие состояние режима холодильной обработки мяса, зависят от многих факторов, которых не учитывают в настоящее время при оптимизации этих объектов. Поэтому некорректно будет распространять на все случаи отдельные существующие оптимальные нормативы. Среди этих факторов можно выделить время работы оборудования холодильной технологии и соотношение этого времени с временем работы оборудования холодильной установки; тарифы на мясо и на электроэнергию и соотношение последних; производительность холодильной обработки мяса и др. Для примера приведены некоторые уравнения регрессии, описывающие режим одностадийного охлаждения.

При  $G_c = 100$  т/смену;  $T_7 = 4112$  ч,  $T_y = 8760$  ч

получены:

$$C_{1M} = 1,0 \text{ руб/кг}; \quad C_{2M} = 0,02 \text{ руб/кВт.ч}$$

$$y_B = 4,074 + 0,445x_1 + 0,089x_2 + 0,0472x_3 - 0,00004x_4 -$$

$$- 0,0001x_5 - 0,020x_1x_2 - 0,0194x_1x_3 - 0,0039x_2x_3 \quad (13)$$

$$C_{1M} = 1,0 \text{ руб/кг}; \quad C_{2M} = 0,06 \text{ руб/кВт.ч}$$

$$y_B = 0,359 + 0,147x_1 + 0,03x_2 - 0,015x_3 - 0,00004x_4 -$$

$$- 0,00007x_5 + 0,553x_1x_2 + 0,0003x_1x_3 + 0,166x_2x_3 \quad (14)$$

$$C_{1M} = 1,8 \text{ руб/кг}; \quad C_{2M} = 0,02 \text{ руб/кВт.ч}$$

$$y_B = 1,125 + 0,447x_1 + 0,103x_2 - 0,049x_3 - 0,00004x_4 -$$

$$- 0,0001x_5 + 1,72x_1x_2 + 0,00139x_1x_3 + 0,522x_2x_3 \quad (15)$$

$$C_{1M} = 1,8 \text{ руб/кг}; \quad C_{2M} = 0,06 \text{ руб/кВт.ч}$$

$$y_B = 0,376 + 0,148x_1 + 0,034x_2 - 0,016x_3 - 0,00004x_4 -$$

$$- 0,00007x_5 + 0,574x_1x_2 + 0,0005x_2x_3 + 0,175x_2x_3 \quad (16)$$

Для определения значений оптимальных параметров использовали алгоритм, позволяющий изменить шаг крутого восхождения после четырех пробных экспериментов. В процессе оптимизации режима холодильной обработки было установлено малое влияние величин  $\Delta T_b$  и  $\Delta T_s$  на изменение приведенных затрат. Об этом свидетельствуют сравнительно пренебрегаемые значения коэффициентов  $b_4$  и  $b_5$ . При отклонении значений  $\Delta T_b$  и  $\Delta T_s$  от оптимальных значение критерия оптимальности возрастает не более чем на 0,5%. Это обстоятельство подтверждено технико-экономическим и термоэкономическим методами. Исходя из вышесказанного, при оптимизации режимов холодильной обработки мяса параметры  $\Delta T_b$  и  $\Delta T_s$  можно не включать в список оптимизируемых параметров, а использовать их экспериментальные данные или значения, определяемые в процес-

се комплексной оптимизации холодильной обработки вместе с холодильной установкой.

Полученные результаты показали целесообразность применения более низких температур и более высоких скоростей, с точки зрения комплексной оптимизации. Значения температурного напора между воздухом и хладоносителем в воздухоохладителе меняются в широких пределах и часто достигают величин, превышающих применяемые в настоящее время. Однако следует отметить, что для некоторых оптимальных режимов температура поверхности достигает значения, меньшего криоскопической. В этих случаях необходимо проанализировать выигрыш приведенных затрат и потерь качества, который дает такой режим.

В настоящее время для одностадийного охлаждения мяса используются значения, находящиеся между значениями:

$$T_c = 283...271,5 \text{ K} \quad - \text{ для температуры воздуха;}$$

$$w = 2...0,3 \text{ м/с} \quad - \text{ для скорости воздуха;}$$

$$\theta_0 = 8...10 \text{ K} \quad - \text{ для температурного напора.}$$

Нами получены значения, находящиеся в следующих пределах:

$$T_c = 271...265 \text{ K}; \quad w = 3...1 \text{ м/с}; \quad \theta_0 = 6...12 \text{ K.}$$

#### ВЫВОДЫ:

1. Одностадийные способы холодильной обработки мяса могут быть комплексно оптимизированы как технико-экономическим, так и термозкономическим методами. Многостадийные методы необходимо оптимизировать с применением термозкономического анализа.

2. В качестве критерия оптимальности для оптимизации режима холодильной обработки мяса рекомендуется безразмерный вид приведенных затрат.

3. Комплексный подход к оптимизации режима холодильной обработки позволяет учесть факторы, влияющие на холодильную техноло-

гию, но не принимаемые во внимание существующими методами оптимизации этих объектов.

4. Полиномы первого порядка с необходимыми парными взаимодействиями достаточно хорошо описывают режимы холодильной обработки мяса и по ним возможно проводить технико-экономический оптимизационный поиск подобных объектов.

5. С точки зрения оптимизации режима холодильной обработки, целесообразно применять более низкие температуры воздуха и более высокие его скорости, чем рекомендуется в настоящее время.

6. Параметры  $\Delta T_c$  и  $\Delta T_b$  в дальнейших оптимизационных исследованиях можно исключать из списка оптимизируемых переменных режима холодильной обработки; параметр  $\theta_0$  следует учитывать для таких задач.

7. Определение оптимизируемых переменных режима холодильной обработки имеет индивидуальный характер. Однако их значение можно группировать в интервалах:

$$T_c = 271...265 \text{ K} \quad - \text{ для температуры среды;}$$

$$\theta_M = 15...30 \text{ K} \quad - \text{ для температурного напора между мясом и воздухом камеры;}$$

$$w = 3...1 \text{ м/с} \quad - \text{ для скорости воздуха;}$$

$$\theta_0 = 6...12 \text{ K} \quad - \text{ для температурного напора между воздухом камеры и промежуточным хладоносителем в воздухоохладителе.}$$

8. Установлено, что дальнейшие исследования оптимизации холодильных систем должны быть направлены на объединение термозкономических моделей холодильной обработки и холодильной установки, которое позволит комплексно оптимизировать все параметры холодооборудования и перейти к созданию систем автоматизированного проектирования холодильников.

xv 1310

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Чумак И.Г., Рипшар А.Л. Создание систем автоматизированного проектирования холодильников мясокомбината. - Холодильная техника и технология, № 36, 1983, с.100 - 106.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$C$  - теплоемкость, кДж/(кг.К);  $ПЗ$  - переменная часть приведенных затрат, руб/год;  $z_e$  - безразмерный вид затрат;  
 $T$  - температура, К;  $X$  - параметр;  $x$  - параметр в кодированном виде;  $Ц$  - цена, руб/ед;  $Q$  - количество теплоты, кДж/с;  $k_e$  - удельная эффективная холодопроизводительность, кДж/(эфф.кВт.ч);  $E_c$  - подводимая или отводимая эксергия, кВт;  $L$  - функция Лагранжа;  $N$  - мощность, кВт;  
 $Z_j$  - удельные суммарные отчисления от стоимости, руб/ч;  
 $\tau$  - время, с (ч);  $w$  - скорость, м/с;  $\Delta$  - изменение какой-либо величины;  $\theta$  - температурный напор, К;  
 $\Delta G_{абс}$  - абсолютные часовые потери массы от усушки, кг/ч;  
 $\Delta g$  - относительные часовые потери массы от усушки.

Подстрочные индексы

$г$  - годовой;  $и$  - испаритель;  $ос$  - окружающая среда;  
 $эл$  - электрическая энергия;  $е$  - эксергия;  $м$  - мясо;  
 $i$  - порядковый номер элемента схемы;  $T$  - холодильная обработка (технология);  $у$  - холодильная установка;  $с$  - охлаждающая среда камерн;  $v$  - среднеобъемный;  $о$  - начальный;  
 $ч$  - часовой;  $I, m$  - первая стадия, одностадийный;  
 $2, n$  - вторая стадия.

Подл. к печати 15.06.83 г. Формат 60 x 84 1/16.  
Объем 0,8 уч. изд. л. 1,0 л. Заказ № 2271. Тираж 100 экз.  
Гортипграфия Одесского облполиграфиздата, цех № 3,  
Ленина, 49.