

Автореферат
Т19

ОДЕССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА

На правах рукописи

Тариф Всеф Исмаил

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВАКУУМ-
ИСПАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ
ПРОДУКЦИИ

Специальность 05.04.03 - "Машины и аппараты холодильной и
криогенной техники и систем
кондиционирования"

05.18.14 - "Хранение и холодильная технология
пищевых продуктов"

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание научной степени
кандидата технических наук

Одесса - 1994

XV 1011

ИНСТИТУТ ХОЛОДА
ОНАХТ
БІБЛІОТЕКА

~~Исмаил~~
Тариф



Работа выполнена в Одесской Государственной Академии Холода

Научные руководители: - Заслуженный деятель науки Украины,
академик УАТК, доктор технических наук, профессор Чумак И.Г.
- к.т.н., профессор Онищенко В.П.

Официальные оппоненты: д.т.н., профессор Загисадов А.Ф.,
академик АН технол. киберн. Украины,
д.т.н., профессор Чапурненко В.П.

Ведущая организация: НПО "Одесхолодмаш", г.Одесса


Защита диссертации состоялась "26 декабря" 1994 года в
11 часов на заседании специализированного совета Д 068.27.01
в Одесской Государственной Академии Холода.

Адрес: 270100, г.Одесса, ул.Петра Великого, I-3, ОГАХ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке академии.

Автореферат разослан "24 ноября" 1994 года.

Ученый секретарь
специализированного
Совета, д.т.н., профессор


Р.К.Някульшин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Листовые овощи составляют существенную долю питания человека, являясь важным источником ряда витаминов и микроэлементов. Их доставка потребителю в свежем виде является одной из важных задач перерабатывающих отраслей агропромышленного комплекса. Одним из способов решения этой задачи является предварительное их охлаждение на месте сбора урожая. Одной из альтернатив в этом плане является косвенно-испарительное охлаждение листьев в условиях пониженных давлений атмосферного воздуха.

На Украине и в Голландии такая технология совершенно не распространена, вакуумное охлаждение овощей до $0-4^{\circ}\text{C}$ с возможностью их транспортировки в таком виде представляется весьма актуальной задачей.

Применение термодинамической теории тепловлажностных процессов, разработанной В.П.Онищенко и И.И.Чумак и использование идеи которой восходят к работам Льюиса, Ф.Маркеля, А.А.Тоголина, В.З.Жадана и др. позволяют решить ряд инженерных задач охлаждения листовых овощей.

Целью работы является теоретико-экспериментальное исследование процессов косвенно-испарительного охлаждения листьев в условиях пониженного давления воздуха, аргументация требуемых величин давления, инженерная проработка технологии в направлении проектирования технических средств для реализации вакуумного охлаждения овощей. Для достижения указанной цели поставлены следующие задачи:

1. Проверить экспериментально пригодность зависимостей Онищенко В.И., Чумак И.И. для расчета потери влаги продуктами в условиях охлаждения, когда давление среды меньше атмосферного.
2. Обосновать и разработать комбинированные способы охлаждения сырья.
3. Выбор параметров охлаждения и конструкции вакуум-

эжекторных насосов.

Научная новизна работы состоит в том, что впервые теоретически обоснована возможность косвенно-испарительного охлаждения листовых овощей при пониженных давлениях влажного атмосферного воздуха, достигнуто согласование расчетных и экспериментальных значений достигаемых температур при различных давлениях в рамках представлений термодинамической теории тепловлажностных процессов. Теоретически и экспериментально доказано, что термодинамическая теория тепловлажностных процессов сопрягается с теорией газовой экстремки, растворимостью воды в газовых средах, экспериментальными данными по температурам сухого и мокрого термометров (психрометрией).

Научное положение, защищаемое в работе - косвенно-испарительное охлаждение листовых овощей при пониженных давлениях атмосферного воздуха является (в пределах погрешностей, не превышающих погрешность экспериментальных данных) изохлорическим процессом усвоения влаги влажным воздухом.

Основные научные результаты, полученные в работе:

1. Расчетным путем показано, что охлаждение листовых овощей, как влагосодержащего материала, до температур $0-4^{\circ}\text{C}$ достигается за счет косвенно-испарительного охлаждения в атмосферном воздухе при его давлениях в диапазоне $50-100\text{ мм Hg}$ и относительных влажностях $0,15-0,25$. При этом процесс испарения воды осуществляется в основном за счет внутренней теплоты листьев.

2. В рамках термодинамической теории тепловлажностных процессов получены соотношения, позволяющие рассчитывать температурный эффект охлаждения при различных значениях начальной температуры листьев и заданного давления воздуха. Такие соотношения позволяют провести оптимальный выбор термических параметров воздуха, обеспечивающих необходимое охлаждение листовых овощей.

Полученные результаты апробированы путем сравнения экспериментальных и расчетных значений достигаемых температур листовых овощей.

3. Показано, что достигаемый эффект косвенно-испарительного охлаждения листьев обусловлен в основном, возможностью воздуха усваивать влагу. Доказательство этого результата проведено в рамках единого термодинамического подхода, подтверждено сравнением расчетных и экспериментальных данных по объемной растворимости воды в воздухе (собственные экспериментальные данные при давлениях ниже атмосферного и данные других исследователей при давлениях до 15 атм).

4. На базе молекулярно-кинетических представлений (эффузионный метод Кнудсена) построено дифференциальное уравнение, моделирующее снижение температуры влажного материала во времени за счет испарения влаги в среду воздуха при давлениях около 4 мм Hg . Его анализ показал, что температура около 0°C достигается за время в несколько секунд. На этой основе сделан вывод о том, что время охлаждения листьев лимитируется в основном временем работы вакуумного насоса.

5. Разработана методика расчета, подбора эжекторных вакуумных насосов для создания давления атмосферного воздуха до 50 мм Hg за периоды времени $10-15\text{ мин}$, в объемах, характерных для грузовых авторефрижераторов.

Практическая значимость работы состоит в том, что полученные результаты указывают на достаточность достижения давлений только $50-100\text{ мм Hg}$, а не около $4-5\text{ мм Hg}$, как это следует из публикаций других авторов. Давления $50-100\text{ мм Hg}$ могут быть получены эжекторными вакуумными насосами и при мень-

ших энергозатратах.

Апробация работы. Основные результаты докладывались на конференциях ОГАХ (1993, 1994 г.г.) на II и III международной конференции "Проблемы экологии и ресурсосбережения сельскохозяйственных районов и агропромышленных комплексов", Одесса, 1992, 1993г.

Публикации. По теме диссертации опубликованы тезисы докладов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав с выводами, список использованной литературы. Содержит 120 страниц Основного текста, 10 рисунков, 6 табл. Библиография включает 96 наименований, из которых 30 иностранных.

В первой главе анализируется современное состояние практики и теории вакуум-испарительного охлаждения растительной продукции. Сопоставляются методы охлаждения различных способов холодильной технологии, сравниваются с вакуум-испарительным охлаждением.

Во второй главе представлен анализ тепловлажностного процесса косвенно-испарительного охлаждения листьев на базе термодинамической теории тепловлажностных процессов. Высказано предположение о том, что как в случае сухого и мокрого термометров (психрометров) влажный воздух совершает изобарный процесс усвоения теплоты и влаги. В этом случае его относительная влажность возрастает от начального значения φ_H до 1, а температура влажного материала изменяется от t_H до t . При этом взаимосвязь всех термических величин описывается интегральным уравнением вида

$$t_H - t = \int_{\varphi_H}^1 \frac{\left[\frac{\partial i(t, \varphi)}{\partial \varphi} \right] p d \cdot i_{mo}(t)}{C_{mo, \delta}(t, \varphi) \left[\frac{\partial i(t, \varphi)}{\partial d} \right] p, \varphi} d\varphi, \quad (1)$$

Здесь i - удельная энтальпия влажного воздуха как смеси газов переменного состава, i_{mo} - удельная энтальпия водяного пара. $C_{mo, \delta}$ - изобарная удельная теплоемкость влажного воздуха. Относительная влажность воздуха φ зависит здесь во взаимосвязи с температурой и влагосодержанием $d = f(t, \varphi)$.

Расчеты по (1) проводились численным интегрированием, при этом энтальпия вычисляется с учетом только второго переменного коэффициента $B(t, d)$ для воздуха как смеси газов:

$$i(t, d) = i_0(t, d) + \frac{Rt(t-d)}{\mu(d)} \left[B(t, d) - t \frac{\partial B(t, d)}{\partial t} \right] \frac{\rho}{\mu(d)}, \quad (2)$$

где ρ - плотность, а $\mu(d)$ - кажущаяся молекулярная масса влажного воздуха. Вычисление переменного коэффициента проводилось для потенциала Деннарда - Дюноса, с параметрами, зависящими от температуры.

На базе полученных соотношений построены расчетные процедуры, которые апробированы расчетом температуры мокрого термометра, статического и аспирационного термометров (ГОСТ 524-85). Расчетный анализ по (1) процессов косвенно-испарительного охлаждения влажных материалов показал, что достижение температур $t = 0-4^\circ \text{C}$ возможно при давлениях 50-100 мм Hg и относительной влажности 0,15-0,25. Предельные значения достигаемых величин в условиях работы вакуумного насоса в зависимости от достигаемого давления, начальной температуры воздуха и листьев представлены на рис.1 в сравнении с опытными данными.

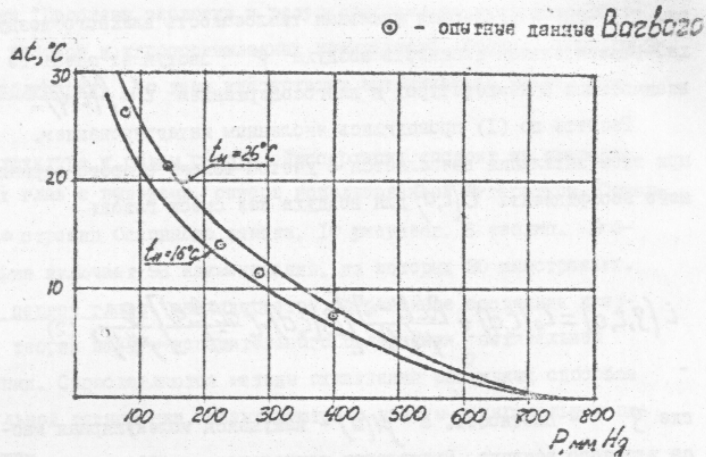


Рис. 1. Предельные величины снижения температуры влажного материала при его косвенно-испарительном охлаждении в зависимости от давления влажного воздуха, создаваемого вакуумным насосом при начальных температурах $t_n, P_n = 1 \text{ атм.}, \varphi_n = 1$.

Полученные результаты свидетельствуют о правомочности применения уравнения (I) для решения поставленных задач, показывают, что достижение температур $0-4^{\circ} \text{C}$ возможно, при давлениях около 50-100 мм Hg, более высоких чем 4-5 мм Hg.

Поскольку вакуумное охлаждение влажных материалов осуществляется в воздухе постоянного объема, целесообразно согласование полученных результатов с экспериментальными данными по объемной растворимости воды в воздухе при различных давлениях. Проведенные расчеты при давлениях от 1 до 15 атм, показали

удовлетворительное согласование с экспериментальными данными (рис. 2), однако данных о растворимости при давлениях ниже атмосферного мы в литературе не обнаружили. Поэтому были проведены опыты в этой области давлений. Сравнение расчетных и экспериментальных результатов приведено выше. Эффект Пойтинга в расчетах учитывался по методике Карапетянца М.К.

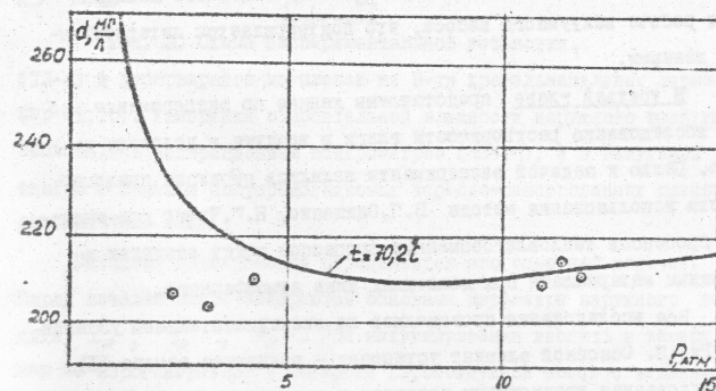


Рис. 2. Изобарно-изотермическая растворимость воды в воздухе
 ○ - опытные данные (Politzer, Stzebel).

Соотношение (I), поскольку оно построено на базе термодинамического подхода, не может дать временной зависимости температуры в изотермическом процессе. Поэтому нами, в рамках эффузионного метода Кнудсена, построено дифференциальное уравнение

$$\frac{dt}{d\tau} = - \frac{P''(t) - P}{c(t)g(t)h} \sqrt{\frac{M}{2\pi RT}} L(\tau), \quad (3)$$

где τ - время, P'' - давление насыщенного пара; P - общее давление в вакуумной камере; c, ρ - удельная теплоемкость и

плотность воды; L - теплота фазового перехода вода - пар;
 h - толщина листовых овощей; M - молекулярная масса воды.
 Численный анализ этого уравнения при $P=4$ мм Нг и различных
 возможных значениях h показал, что время достижения $t = 0^\circ\text{C}$
 составляет всего несколько секунд. На этой основе нами сделан
 качественный вывод о том, что длительность процесса охлаждения
 листов при давлениях 50-100 мм Нг может составлять несколько
 минут, лимитируется временем достижения требуемого давления
 при работе вакуумного насоса, что подтверждается литературны-
 ми данными.

И в третьей главе представлены данные по экспериментальному
 исследованию растворимости влаги в воздухе в условиях ваку-
 ума. Целью и задачей эксперимента являлись проверка правдо-
 ности использования метода В.Л.Овощенко, Н.В.Чумака для анализа
 процессов теплообменных процессов между воздухом и
 влажными материалами при давлениях ниже атмосферного.

Все исследования проводились на экспериментальной установ-
 ке Рис.3. Основным элементом установки - вакуумная камера (I),
 оборудованная трехходовым клапаном и мановакууметром. Вакуум
 создавался с помощью масляного вакуумного насоса с электроприводом (2).
 Между вакуумной камерой и насосом размещалась изме-
 рительная камера (3) цилиндрической формы, в которой размещены
 стабилизатор воздушного потока (4), две группы термопар (7,8)
 и теплонагревательный элемент в виде электрической спирали (5).
 Все основные элементы установки соединены гофрированными
 шлангами (6).

Контроль температуры среды и паровоздушной смеси внутри
 камеры проводился с помощью лабораторного ртутного термометра

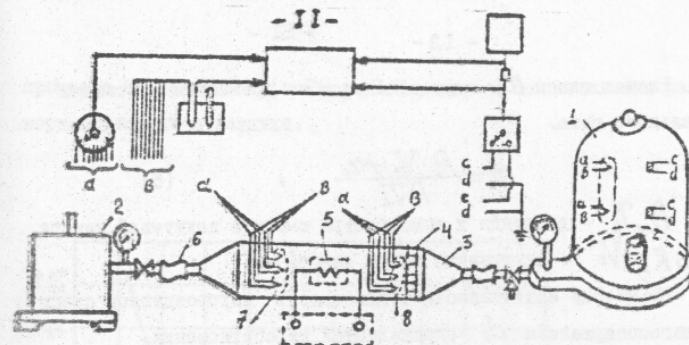


Рис. 3. Схема экспериментальной установки.

(II-4) и термопарного комплекса из 8-ти хромель-копелевых термо-
 пар (9,10). Измерения относительной влажности наружного воздуха
 выполнялись аспирационным психрометром (ПВ-4М), а в вакуумной
 камере с помощью полупроводниковых термокомпенсированных пленоч-
 ных датчиков (II).

Методика эксперимента определяется его основной задачей.
 Перед началом опыта замеряются основные параметры наружного воз-
 духа t_n , φ_n , P_n . При вакуумировании вводят в камеру
 шар из парогенератора и выдержке паровоздушной смеси с заданными
 параметрами до необходимой температуры и .

После получения вакуума камеру отсоединили от гранта уста-
 новки с помощью трехходового вентиля, и выключили электронагрева-
 тель заданной мощности и далее при выключенном насосе, перепус-
 кали смесь из вакуумной камеры в измерительную камеру. В засека-
 ли промежуток времени в течение которого температура среды из-
 менялась от t_i до $t_{i,max}$.

При расчетах значений влагосодержания исходили из идеально-
 газовой модели паровоздушной смеси.

$$\frac{U^2}{R} \cdot \tau_i = C_{ок} \cdot m_i \cdot (t_{ni} - t_{ai}) \quad (4)$$

где: U, R соответственно напряжение и сопротивление на выхо-
 де; τ время подогрева; t_{ni}, t_{ai} нач. и конечн. температура, $^\circ\text{C}$.

Расчет массы m_i осуществляется из уравнения состояния идеального газа.

$$m_i = \frac{P_i \cdot V_i \cdot M_{60}}{R T_i} \quad (5)$$

где P_i, T_i - давления и температура смеси в вакуумной камере, Па и К; V_i - внутренний объем камеры, м³.

По закону аддитивности теплоемкость паровоздушной смеси с влагосодержанием d_i определяется из соотношения.

$$C_{pbi} = \frac{1}{1+d_i} \cdot C_p + \frac{d_i}{1+d_i} \cdot C_{pv} \quad (6)$$

где C_p, C_{pv} - теплоемкость водяного пара и сухого воздуха, Дж / Кг.к.

Откуда расчетное значение влагосодержания d_i составит:

$$d_i = \frac{C_{pbi} - C_p}{C_{pv} - C_{pbi}} \quad (7)$$

Таким образом, мы получили значения влагосодержания насыщенного водяным паром паровоздушной смеси в условиях вакуума различной глубины. Опыты проводили для диапазона давлений от 20265 Па до 70928 Па. Значения температур, t_{ci}, t_{ci} вычислялись как средние по объему измерительной камеры.

На рис.4 приведены опытные данные полученные в эксперименте и кривая описывающая теорию разработанной в работах В.П. Свищенко и Н.У.Чумака.

Как следует из сопоставленных данных расчетов и эксперимента, они хорошо согласуются между собой. Максимальная погрешность составляет 21%, а минимальная 2,4%, среднеинтегральная погрешность 7,5%.

Таким образом, доказано, что для описания процесса вакуум-испарительного охлаждения возможно применять зависимость

процесса Свищенко В.П. и Чумака Н.У., определяющие условия растворимости воды в воздухе.

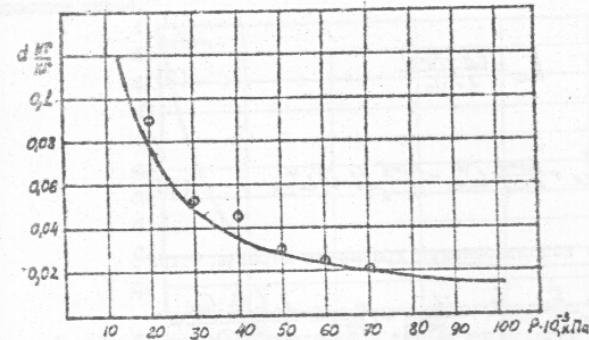


Рис. 4. Изотерма растворимости воды в воздухе по опытным и расчетным данным ($t = 19^\circ\text{C}$)

В четвертой главе разработана технологический процесс вакуум-испарительного охлаждения листовых овощей, выбор режима работы вакуумной камеры и определение потерь влаги, сырья.

Необходимая технология охлаждения требуется время 600 секунд и температура продукта 5°C , могут быть реализованы в камере с помощью эжекторного вакуумного насоса. Для разработки такого насоса обычно используются однокамерные представления для законов сохранения энергии, массы и импульса. После соответствующих преобразований задача сводится к решению системы нелинейных уравнений вида:

$$\nu = 0,84 \frac{\omega_{пк}}{\omega_{ск}} \sqrt{\frac{1 - \left(\frac{P_c}{P_0}\right)^{\frac{K_c-1}{K_c}} \frac{K_c-1}{K_c}}{1 - \left(\frac{P_c}{P_0}\right)^{\frac{K_c-1}{K_c}} \frac{K_c-1}{K_c}}} \quad (8)$$

$$K_c = \frac{K_a + K_{пв}}{1 + \nu} \quad (9)$$

$$\frac{K_c+1}{K_c-1} \nu \omega_{пк}^2 + \frac{K_c-1}{K_c-1} \omega_{ск}^2 = \frac{K_c+1}{K_c-1} (1+\nu) \omega_{ск}^2 \quad (10)$$

замыкаемо с использованием уравнения характеристики:

$$\frac{P_c}{P_0} = \frac{1}{\pi_{с3}} \left\{ \pi_{п2} \frac{P_{п1}}{P_0} \frac{f_2}{f_3} \frac{1}{1+\frac{\alpha}{3} \Phi_1} + \pi_{п2} \frac{f_2}{f_3} \frac{1-\frac{1}{3} \frac{f_2}{f_3} \Phi_1}{1+\frac{\alpha}{3} \Phi_2} + \frac{K_a \pi_{пк}}{V_3} \frac{f_{пк}}{f_3} \frac{P_{п1}}{P_0} \frac{1}{1+\frac{\alpha}{3} \Phi_3} \left[K_a \lambda_{п2} + K_2 \nu \frac{\omega_{пк}}{\omega_{пк}} \lambda_{п2} - (1+\nu) \frac{\omega_{ск}}{\omega_{пк}} \lambda_{с3} \right] \right\} \quad (11)$$

где ν - коэффициент эжекции; $\omega_{пк}, \omega_{ск}$ - скорости пара и смеси в критическом сечении, м/с; K - показатель адиабаты; f - пло. адя сечения, м²; Φ, ψ, λ, π - газовая динамическая функция.

Для решения этой задачи в диссертации разработан алгоритм и программа. Для определения оптимальных режимных и геометрических характеристики эжектора были проведены предварительные расчеты, позволяющие определить давление водяного пара и его температуру ($P_{p0} = 10$ атм., $t_{p0} = 190^\circ$ С).

Результаты расчетов показывают (см. рис.5), что выбранный эжектор на начальном этапе работы (100 сек.) позволяет снизить

давление в камере до 0,2 атм. в дальнейшем откачке газа из камеры происходит значительно медленнее и необходимое давление ($P=100$ мм Н.г.) достигается за 600 сек., со времени начала работы, что находится в соответствии с технологическим режимом обработки сырья.

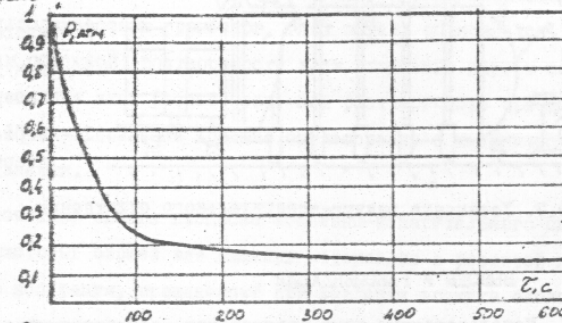
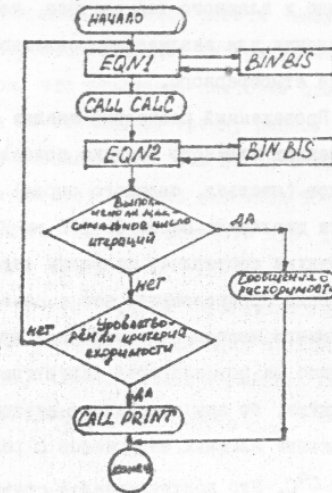


Рис.5. Зависимости давления в камере от времени

Методика проектирования и расчеты вакуумной эжекторной установки подробно приведена в IV главе и представляет в виде алгоритма Рис.6.

Рис.6. Блок-схема программы расчета эжекторного насоса.



Общий вид, предлагаемый в диссертации установки показан на рис.7. Установка рассчитана на охлаждение сырья, находящегося в автомобильном холодильнике. Это необходимое условие для удешевления затрат по перевозке.

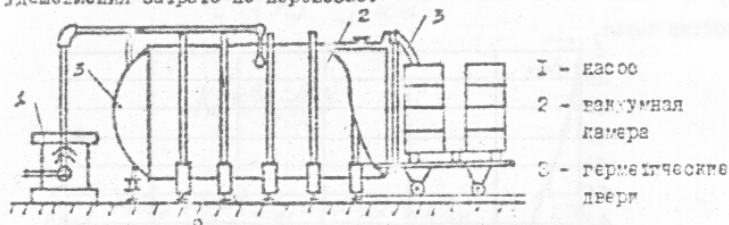


Рис.7. Установка вакуум-испарительного охлаждения.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Использование нами соотношения термодинамической теории тепловлажностных процессов и разработанная на их основе расчетная программа опробованы на экспериментальных данных для сухого и влажного термометров, что подтвердило правильность их применения для анализа тепловлажностных процессов при давлениях ниже атмосферного.

2. Проведенный расчетный анализ тепловлажностных процессов при давлениях влажного воздуха показал, что охлаждение влажных материалов (листья, овошного сырья) до температур $0-4^{\circ}\text{C}$ возможен при давлениях около $50-100\text{ мм Hg}$, если начальная влажность воздуха составляет величины около $0,2$ (20%).

3. Если предположить, что в начальный момент времени работы вакуумного насоса относительная влажность воздуха $\varphi = 1,0$ а сам насос осуществляет селективный отбор компонентов влажного воздуха, то при достижении давления $50-100\text{ мм Hg}$ возможно охлаждение влажных материалов с развитой поверхностью испарения до 0°C . Это подтверждается сравнением расчетных и экспе-

риментальных данных различных авторов.

4. Увеличение эффекта косвенно-испарительного охлаждения листьев с понижением давления влажного воздуха, конечно, объясняется соответствующим увеличением потенциала переноса влаги (разности парциальных давлений). На единой термодинамической теории тепловлажностных процессов, этот эффект объясняется увеличением объемной растворимости воды, водяного пара в воздухе. Проведенные нами расчеты объемной растворимости при давлениях до 15 атм . показали хорошее согласование с имеющимися опытными данными.

5. Расчетный анализ процесса косвенно-испарительного охлаждения листовых овощей как влажных материалов с развитой поверхностью испарения, проведенный при давлении воздуха около 4 мм Hg на базе соотношений молекулярно-кинетической теории показал, что требуемый эффект охлаждения достигается за период времени менее 1 сек . Это означает, что достижение требуемых температур листьев лимитируется лишь временем работы вакуумного насоса. С другой стороны, это объясняет литературные экспериментальные данные о том, что различные листовые овощи при $p = 4\text{ мм Hg}$ охлаждаются за одинаковое время, равное 20 мин .

6. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что рабочим давлением воздуха следует считать диапазон $50-100\text{ мм Hg}$, а требуемый вакуумный насос должен создавать это давление за коммерчески эффективное время $20-30\text{ мин}$.

7. Разработан алгоритм и программа, для проектирования и расчетов вакуумной эжекторной установки, которая позволяет охлаждать овощи на местах сбора, что позволяет уменьшить потери влаги сырья и удешевления затрат на перевозку.

XV 1011

ИНСТИТУТ ХОЛОДА
ОНАХТ
БІБЛІОТЕКА

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Чумак У.Г., Тариф Юсеф. Защита и краткосрочное хранение растительного сырья в условиях жаркого и сухого климата. - Тез. докл. П международной конференции "Проблемы акклимации и ресурсо-обережения сельскохозяйственных районов и агропромышленных комплексов". - Слесса, 1992
2. Тариф Юсеф. Защита сырья (листовые овощи) от потери влаги. Тез. докл. П международной конф. - Слесса, 1992.

и н д е к с ь :

*m*ax - максимальный; *я* - начальный; *пв* - паровоздушная смесь;
э - эжектор (камера); *о* - начальный; *в* - воздух; *с* - смесь;
к - конечный, критический; *п* - пар; *г* - газ.

Анотація

TARIF Y. I. Удосконалення технології вакуум-випаровувального охолодження рослинної продукції.
Дисертація на здобуття вченої ступені кандидата технічних наук по спеціальностям 05.04.03 - машини і апарати холодильної техніки та систем кондиціонування, 05.18.14 - зберігання та холодильна технологія харчових продуктів, Одеська державна академія холоду, Одеса, 1994р. Захищенося 2 наукові праці, які містять результати теоретичних і експериментальних досліджень процесів вакуум-випаровувального охолодження листових овочів, інженерних проробок технічних засобів їх реалізації. Встановлено, що промислове охолодження до 0-4°C листових овочів, укладених в картонну тару, може бути проведено при тиску атмосферного повітря не менше, ніж 50-100 мм Нд. Розроблені методики проектування процесів та технічних засобів такого охолодження.

Ключові слова:

вакуум, тепловологістні процеси, термодинамічна теорія, листові овочі, ежекторні вакуум-насоси.

TARIF Y. Improvement of technology of vacuum-evaporative cooling of leaf vegetables products.
Dissertation for a scientific degree of Candidate of Science (Engineering) on the speciality : 05.04.03 - Machines and apparatus of refrigerating and cryogenic engineering and air-conditioning systems, 05.18.14 - Storage and cold technology of food stuffs.

Odessa State Academy of Refrigeration, Odessa, 1994.
2 scientific papers containing the results of theoretical and experimental research of vacuum-evaporative cooling of leaf vegetables, engineering developments of technical means for their realization are presented. It is found that technical cooling of leaf vegetables up to 0-4°C in carton packages can be carried out under the atmospheric pressure not lower than 50-100 mm Hg. The techniques of designing such processes and technical means of such cooling are developed.

Key words :

vacuum, heat-humidity processes, thermodynamic theory, leaf vegetables, ejector vacuum pumps.

