

Автореферат
165

проф. Гуляку И.В.

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На правах рукописи

ПОЧИДЗЕ Иван Шалвович

УДК 621.655

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА ПРИ ХОЛОДИЛЬНОМ
ХРАНЕНИИ И ЗАВЯЛИВАНИИ ЧАЙНОГО ЛИСТА

Специальность 05.04.03 - машины и аппараты
холодильной и криогенной техники и систем
кондиционирования

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1987

xv 1126
ИНСТИТУТ ХОЛОДА
ОНАХТ
бібліотека

Работа выполнена в Грузинском политехническом институте им. В.И.Ленина

- Научный руководитель - доктор технических наук, профессор ЖАДАН В.З.
- Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор КАЛЕНДЕРЬЯН В.А.
- кандидат технических наук КОМАРНИЦКИЙ Б.В.
- Ведущая организация - Всесоюзный научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт холодильной промышленности "ВИИТИХолодпром" (г. Москва)

Защита диссертации состоится "16" февраля 1988 г. в 14⁰⁰ часов на заседании специализированного Совета К.068.27.01 Одесского технологического института холодильной промышленности по адресу: 270057, г.Одесса, ул. Петра Великого, 1/3, ОТИХП.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОТИХП .

Автореферат разослан " " 1988 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета,
И.И.И., доцент

Р.К.Никольшин

ЛИНА РАССЧИТЫВАЕМ ПО

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В соответствии с "Целевой комплексной программой развития чайной промышленности и улучшения качества чая на 1985-1990 годы" в республике усиленно проводятся конкретные мероприятия по разработке и внедрению механизированных систем предтехнологического хранения и завяливания чайного листа, способствующие снижению биохимических потерь чайного сырья и повышению качества готовой продукции.

Исследования хранения чайного листа, проведенные М.П.Гварамиа, С.М.Габуния, К.Г.Лазаридис, В.Т.Гогия, Д.Н.Зарнадзе, А.Г.Хоштария, Г.И.Харебава, В.И.Гомелаури, О.Ш.Везиришвили, Г.З. Хечушвили и др. показали высокую эффективность холодильного хранения. Однако проблема создания холодильников-чаехранилищ с эффективной обработкой сырья до сих пор не решена. Необходимость проведения специальных исследований для разработки рациональных способов обработки и систем кондиционирования воздуха (СКВ), обеспечивающих максимальное повышение качества чая и интенсификации производства определяет актуальность темы диссертации.

Цель и задачи исследования. Цель работы состоит в создании на основе экспериментальных и аналитических исследований тепловлажностных процессов в насыпном слое чайного листа эффективного способа краткосрочного холодильного хранения сырья в сочетании его с процессом завяливания, определении оптимальных режимных параметров указанного совмещенного процесса и разработке СКВ, обеспечивающих заданные технологические параметры.

Основными задачами при этом являются: экспериментальное определение геометрических, аэродинамических и теплофизических характеристик насыпного слоя чайного листа, используемых в математических моделях исследуемых процессов; исследование тепловлажностных процессов в насыпи в условиях общеобменной вентиляции и при активном вентилировании; промышленная проверка рекомендованных режимов холодильной обработки чайного листа и СКВ.

Научная новизна. Впервые теоретически и экспериментально подтверждена возможность сохранения и улучшения качества продукта, выделяющего биогенную теплоту дыхания, в результате увеличения внешних теплопритоков. Сформулированы условия интенсификации процессов влагообмена при холодильной обработке чайного листа, положенные в основу А.с. СССР № 132639, 291980.

Научные положения, защищаемые в работе.

1. Технологически и экономически целесообразное совмещение во времени процессов краткосрочного холодильного хранения и завяливания чайного листа обеспечивается при удельных внешних теплопритоках 700-800 кДж на 1 кг чайного листа.

2. Уменьшение за счет усадки высоты насыпного слоя чайного листа при неизменном расходе вентилярующего воздуха приводит к уменьшению аэродинамического сопротивления слоя и практически не влияет на темп охлаждения насыпи, потери влаги и сухих веществ.

Научные результаты, полученные в работе, их практическая ценность.

1. Установлено, что закономерность влагообмена при охлаждении, замораживании и холодильном хранении пищевых продуктов, математически выраженная отношением теплопритоков к тепловлажностной характеристике процесса, носит обобщенный характер и может быть использована не только для ослабления процессов влагообмена в холодильных камерах, но и для их интенсификации.

2. Полученные экспериментальные зависимости для расчета темпа охлаждения и потерь влаги чайным листом в условиях общеобменной вентиляции позволяют определить оптимальные значения параметров для различных режимов технологической обработки.

3. Доказано, что выбранная математическая модель процессов тепло- и массопереноса в системах активного вентилирования насыпного слоя чайного листа адекватно описывает реально протекающие процессы, что позволяет применять данную модель практически для любых возможных условий функционирования указанных систем.

4. На базе А.с. №№ 742676, 868284, 881480, 982639, 1084002 разработано эффективное оборудование и СКВ чаехранилищ. По результатам производственных испытаний предложенные системы кондиционирования чаехранилищ рекомендованы к промышленному освоению.

Апробация работы. Основные положения и результаты работы были доложены на трех научно-технических конференциях, в т.ч.: на XXIII Республиканской научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава Грузинского политехнического института им. В.И. Ленина и работников производства, Тбилиси, 1981г.; Всесоюзной конференции "Пути увеличения выпуска и сохранения пищевых продуктов на основе использования "искусственного холода", Тбилиси, 1984 г.; Всесоюзной конференции "Пути увеличения производства и применения искусственного холода в отраслях АПК", Ташкент, 1985г. Результаты работы рассматривались на техническом совете Госком-

чайпрома Грузинской ССР.

Публикации. По теме диссертации имеется 23 публикации, из которых 12 - авторские свидетельства СССР на изобретения.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованной литературы III наименований и приложений. Содержит 133 страницы машинописного текста, 49 рисунков и 30 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В основу проведенной работы была положена идея интенсификации влагообмена при холодильной обработке чайного листа с целью совмещения во времени процессов краткосрочного холодильного хранения и завяливания, обеспечивающих повышение качества чая и интенсификацию производства.

Экспериментально оценивались способы охлаждения чайного листа, основанные на отводе теплоты теплопроводностью и вакуумиспарительном охлаждении.

Аналитически и экспериментально исследовались процессы тепло- и массопереноса в насыпном слое чайного листа при холодильной обработке в условиях общеобменной вентиляции и активного вентилирования.

По результатам исследований определялись рациональные режимы холодильной обработки чайного листа в совмещенном процессе хранения-завяливания.

Для создания и автоматического поддержания заданных параметров при холодильной обработке чайного листа разрабатывалось оборудование и СКВ для чаехранилищ.

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ
И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК НАСЫПНОГО СЛОЯ ЧАЙНОГО ЛИСТА

С целью выбора рационального способа холодильной обработки экспериментально оценивались различные способы охлаждения чайного листа. Выявлены преимущества конвективного способа отвода теплоты охлажденным воздухом, обладающего не только охлаждающей, но и осушающей способностью. Процесс отвода теплоты неизбежно сопровождается потерями влаги продуктом, что в данном случае件 полезно, т.к. появляется возможность реализовать низкотемпературное завяливание чайного листа.

Завяливание является первичным технологическим процессом в производстве черного байхового чая и заключается в частичном (15-16 %) удалении влаги, с целью подготовки листа к последующему

технологическому процессу - скручиванию. При завяливании традиционным способом, используемым на производстве, значительно снижается качество чая.

Обеспечение оптимального температурного и влажностного режима во всей массе продукции при минимальных потерях сухих веществ, совмещение процесса холодильной обработки чайного листа и завяливания и равномерность процесса завяливания рассматриваются в работе как главные требования, предъявляемые к способам холодильной обработки чайного листа и СКВ.

Установление закономерностей процессов изменения состояния вентилирующего воздуха при общеобменной вентиляции и активном вентилировании позволит дать рекомендации в отношении оптимальных условий кондиционирования воздуха при разработке СКВ с учетом сформулированных требований.

Для исследования тепловлажностных процессов в насыпном слое чайного листа, характеризующемся значительной усадкой во время хранения, и разработки оборудования необходимо определить геометрических, аэродинамических и теплофизических характеристик слоя.

В работе содержится материал по исследованию следующих характеристик слоя: скважистости, удельной поверхности элементов, степени извилистости поровых каналов, аэродинамического сопротивления, теплоемкости, удельной теплоты дыхания.

Экспериментальным путем получена зависимость высоты слоя от времени при активном вентилировании:

$$h = t - 0,017t^2 \quad (1)$$

Данные по потерям давления в насыпном слое чайного листа, полученные при разных скоростях воздуха, рассчитывали в виде переменных групп $\Delta P/h$ и w/ρ_g уравнения прямой (2), полученной на основании универсального уравнения Д.К. Коллерова.

$$\frac{\Delta P}{h} = a + b w/\rho_g, \quad (2)$$

где

$$a = K_a \left(\frac{v_d}{h} \right)^2 F_a^2 \frac{(1 - \epsilon_{ск})}{\epsilon_{ск}}; \quad b = K_b \left(\frac{v_d}{h} \right)^3 F_b^2 \frac{1 - \epsilon_{ск}}{\epsilon_{ск}}$$

Значения „а“, „b“ и „K_a“ находили путем построения прямых при различных значениях насыпной плотности чайного листа.

Практический интерес представляет исследование влияния изменения высоты слоя на аэродинамическое сопротивление (табл. I).

Расчеты проводились при значениях: начальной высоты 1,0 м; начальной насыпной плотности 200 кг/м³; удельного расхода воздуха 1200 м³/т.ч; скорости фильтрации 0,07 м/с.

Таблица I

Изменение аэродинамического сопротивления слоя чайного листа при вентилировании

$t, \text{ч}$	$h, \text{м}$	$\epsilon_{ск}$	$\Delta P, \text{Па}$
0	1,00	0,81	59,1
4	0,94	0,79	55,4
8	0,86	0,77	51,2
12	0,80	0,76	44,5
16	0,72	0,73	39,8
20	0,66	0,71	36,5
24	0,58	0,67	32,2

Из табл. I видно, что уменьшение высоты слоя за счет усадки приводит к уменьшению его аэродинамического сопротивления. Это объясняется отсутствием прямопропорциональной зависимости между переменными во времени высотой слоя и коэффициентом скважистости. Так, при уменьшении высоты слоя в 1,72 раза коэффициент скважистости уменьшается в 1,21 раза, при этом скорость фильтрации является величиной постоянной.

Это положение необходимо учитывать при подборе вентиляторов в системах с активным вентилированием.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ЧАЙНОГО ЛИСТА ПРИ ОБЩЕОБМЕННОЙ СИСТЕМЕ ВЕНТИЛЯЦИИ

С целью определения факторов, интенсифицирующих процессы влагообмена в режимах охлаждения и холодильного хранения чайного листа в условиях общеобменного вентилирования, был проведен анализ известных методов расчета процессов тепло- и массообмена в холодильных камерах. Выявлено, что наиболее полно рассматриваемой физической модели процесса отвечает обобщенная закономерность тепловлажностных процессов, предложенная проф. Жаданом В.З. Анализ полученных данных на основе обобщенной закономерности позволил установить основные параметры, влияющие на потерю влаги продукцией.

Для оценки влияния различных факторов был использован метод математического планирования эксперимента.

По литературным данным для режима охлаждения были выбраны следующие пределы изменения основных факторов:

$$t_a [4 - 8 \text{ } ^\circ\text{C}]; \quad t_n [15 - 25 \text{ } ^\circ\text{C}]; \quad V_{гд} [4000 - 17000 \text{ м}^3/\text{т.ч}]$$

Откликами являлись потери влаги W_0 и время охлаждения t_0 . Спыты проводились при параметрах, изменяющихся в указанных пределах. Экспериментальная установка моделировала хранение с общеобменной вентиляцией и располагалась в кондиционируемом помещении, что позволяло имитировать параметры наружного воздуха в заданных пределах.

Получено уравнение регрессии для потерь влаги

$$W_0^* = 0,8 + 0,124 x_1 + 0,471 x_2 - 0,193 x_3 \quad (3)$$

По формуле Фишера установили соответствие зависимости (3) данным точек матрицы планирования (с 95-процентной доверительной вероятностью) и перешли к уравнению в размерном виде:

$$\eta_0 = -1,143 + 0,062 t_b + 0,094 t_n - 0,0000292 V_{yd} \quad (4)$$

Формула для расчета времени охлаждения чайного листа при удельных расходах воздуха от 4000 до 9000 м³/(т ч) имеет вид:

$$\tilde{t}_0 = 0,33 + 0,55 t_b + 0,27 t_n - 0,0006 V_{yd} \quad (5)$$

при удельных расходах воздуха от 10000 до 17000 м³/(т ч):

$$\tilde{t}_0 = 0,04 + 0,04 t_b + 0,116 t_n - 0,000148 V_{yd} \quad (6)$$

Расхождения между расчетными значениями по формулам (4)-(6) и опытными данными не превышали 7 %.

Влияние каждого из факторов на интенсификацию процесса влагообмена оценивалось аналитически по приведенным зависимостям.

Установлено, что уменьшение удельного расхода воздуха и повышение температуры охлаждающего воздуха, при прочих равных условиях, обеспечивает интенсификацию процессов влагообмена, что является полезным с точки зрения совмещения процессов охлаждения и завяливания чайного листа. Однако при указанных условиях значительно снижается темп охлаждения и резко увеличиваются потери сухих веществ.

Следовательно, совмещение процессов охлаждения и завяливания чайного листа в чаехранилищах, оборудованных общеобменной системой вентиляции, нецелесообразно.

При исследовании режимов хранения были приняты следующие пределы изменения учитываемых факторов: $t_x [0 - 12 \text{ }^\circ\text{C}]$; $t_n [16 - 24 \text{ }^\circ\text{C}]$; $\beta [0,2 - 0,4 \text{ }^\circ\text{C}]$; $\tau_x [6 - 24 \text{ ч}]$;

Полученная расчетная зависимость для потерь влаги чайным листом за период холодильного хранения имеет вид:

$$\eta_x = 0,72 + 10^{-4} (0,75 t_n - 3,5 \beta + 0,96 \tau) \quad (7)$$

Установлено, что увеличение температуры наружного воздуха и уменьшение коэффициента загрузки хранилища позволяют интенсифицировать процессы влагообмена в период хранения, однако при коэффициенте теплопередачи ограждающих конструкций хранилища $K = 0,45 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ полностью совместить во времени процессы хранения и завяливания чайного листа не представляется возможным. Для определения требуемых значений K были проведены аналитические исследования, результаты которых приведены в таблице 2.

Расчеты производились при следующих характерных для типовых

Таблица 2
Потери влаги чайным листом при переменных значениях

$K, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	$q_{\text{гр}}, \frac{\text{Вт}}{\text{т}}$	$\eta_x, \%$
0,4	988	2,30
0,6	1482	3,08
0,8	1976	3,86
1,0	2740	4,63
1,2	2964	5,41
1,5	3705	6,57

чаехранилищ значениях величин: удельной поверхности ограждений 130 м²/т; температуры наружного воздуха 25 °С; температуры хранения 6 °С; удельного тепла дыхания 480 Вт/т; тепловлажностной характеристики процесса 5503 кДж/кг; времени хранения 24 ч.

Проведенные исследования позволяют рекомендовать для совмещения во времени холодильного хранения и завяливания чайного листа в типовых чаехранилищах значения коэффициента теплопередачи ограждающих конструкций в пределах 1,0-1,2 Вт/(м²·К). Такая рекомендация имеет практическую ценность, т. к. проведение процесса завяливания чайного листа в период холодильного хранения, при котором внешние теплопритоки вызывают до 80-85 % потерь влаги, экономически целесообразнее в сравнении с традиционными способами за счет сокращения энергозатрат, а также снижения капитальных затрат на строительство хранилищ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ХОЛОДИЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ЧАЙНОГО ЛИСТА ПРИ АКТИВНОМ ВЕНТИЛИРОВАНИИ

В реальных условиях в конвейерных чаехранилищах, оборудованных системами общеобменной вентиляции, при высоте насыпного слоя чайного листа 0,3 - 0,35 м коэффициент загрузки хранилища составляет 0,15-0,2. Увеличение высоты слоя чайного листа при общеобменном вентилировании приводит к недопустимой неравномерности температурного поля в объеме насыпи. Наиболее перспективными являются СКВ с активным вентилированием насыпного слоя чайного листа, для которых, на основании анализа известных математических моделей была принята модель процесса тепломассопереноса, численное решение которой и программы для ЭВМ, разработаны в лаборатории систем технологического кондиционирования воздуха ВНИИТИ Холодпрома.

Система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} \omega \frac{\partial t_b}{\partial h} + \frac{\partial t_b}{\partial \tau} = \frac{\alpha F_n}{c_b \rho \varepsilon_{\text{ск}}} (t_n - t_b); \\ - \frac{\partial t_n}{\partial \tau} = \frac{\alpha F_n}{\rho_n c_n} (t_n - t_b) + \frac{\alpha F_n r \varepsilon_f}{z \rho_n c_n} (m + nt - p) - \frac{q_d}{c_n} \exp(B t_n); \\ \omega \frac{\partial p_n}{\partial h} + \frac{\partial p_n}{\partial \tau} = \frac{\alpha F_n \varepsilon_f}{z \varepsilon_{\text{ск}} \rho_b} (m + nt - p_n); \\ \eta_x = \eta_{x0} \cdot e^{-\beta t_n} \cdot \tau \cdot n. \end{cases} \quad (8)$$

Крайние условия:

$$h = 0; \quad \bar{t} \geq 0; \quad t_g = t_{g(0)}; \quad P_n = P_{n(0)}$$

$$\bar{t} = 0; \quad h \geq 0; \quad P_n = P_{n(0)}; \quad t_g = t_{g(0)}; \quad t_n = t_{n(0)}$$

$$t_n = t_{n(0)} + h \Delta t_n$$

Расчеты производились автором на ЭВМ СМ-4.

Адекватность выбранной математической модели реальным процессам была проверена на экспериментальном стенде (рис. 1).

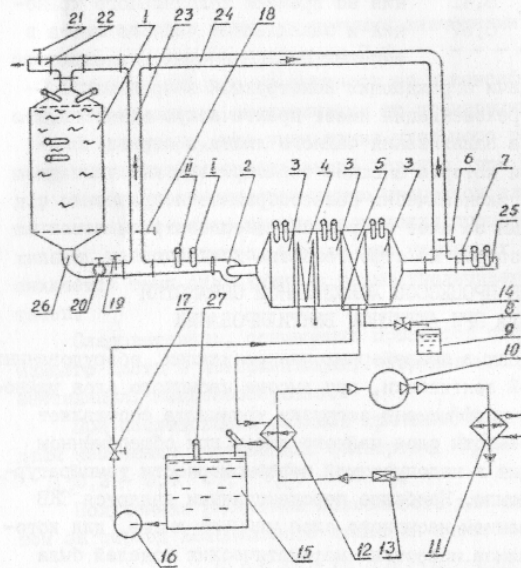


Рис. 1. Схема экспериментального стенда:
1 - грузовая шахта; 2 - вентилятор; 3 - промежуточная камера; 4 - узел нагрева воздуха; 5 - поверхностный воздухоохладитель; 6, 7, 18, 19, 21 - заслонки; 8, 17 - запорный вентиль; 9 - мерный бак; 10 - компрессор; 11 - конденсатор; 12 - испаритель; 13 - терморегулирующий вентиль; 14 - поддон воздухоохладителя; 15 - бак промежуточного хладагента; 16 - насос; 20 - крыльчатый анемометр; 22 - 26 - воздуховоды

Грузовая шахта I с внутренними размерами 0,8x0,8 м и высотой 1,8 м загружалась чайным листом.

Вентилятором 2 воздух просасывался через воздухоохладитель 5, где он охлаждался и осушался до заданных параметров, затем через нагреватель 4, где он нагревался до заданной температуры.

По высоте слоя и по сечениям производились измерения температуры чайного листа и воздуха с помощью медь-константановых лепестковых терморпар, экранированных терморпар и цифрового вольтметра В7-21. Параметры воздуха после воздухоохладителя, нагревателя и вентилятора контролировались "сухой" и "мокрой" терморпарами. I, II. Погрешность измерения не превышала 5%. Скорость воздуха, подаваемого в насыпь, определялась с помощью крыльчатого анемометра 20. Погрешность измерений не превышала 7%.

Изучались закономерности формирования температурных и влажностных полей в насыпном слое чайного листа в режимах охлаждения и хранения-завяливания при переменных значениях температуры, относительной влажности, удельного расхода приточного воздуха и начальной температуры чайного листа.

Расчетные и экспериментальные температурные кривые при охлаждении чайного листа представлены на рис. 2. Максимальные расхождения между расчетными и экспериментальными значениями не превышали 20%.

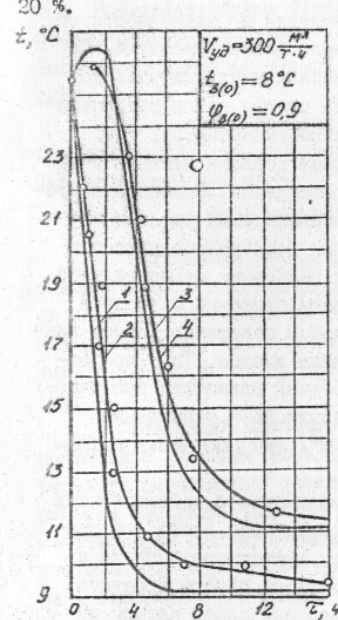


Рис. 2. Изменение температуры листа во времени в процессе охлаждения насыпи, h, м: 1 - 0,25 (расчет); 2 - 0,25 (эксперимент); 3 - 1,0 (расчет); 4 - 1,0 (эксперимент)

влияет на общие потери влаги.

Значения относительной влажности воздуха при исследовании совмещенных процессов хранения-завяливания чайного листа изменялись в пределах 40-80%. При непрерывной подаче воздуха в насыпь нестационарные процессы тепло- и массопереноса приближаются к стационарным через 5-6 часов. Показано, что для обеспечения равномерного

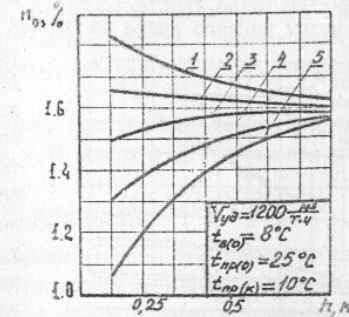


Рис. 3. Потери массы по высоте насыпи за период охлаждения, phi: 1 - 0,8; 2 - 0,85; 3 - 0,9; 4 - 0,95; 5 - 1,0

Рис. 3 иллюстрирует характер изменения массы за период охлаждения в зависимости от относительной влажности приточного воздуха. Установлено, что снижение значений относительной влажности приточного воздуха от 100 до 80% при охлаждении чайного листа в условиях активного вентилирования приводит к увеличению потерь влаги в нижних слоях насыпи (в 1,5-1,6 раза) и незначительно

завяливания чайного листа при холодильном хранении вентилирование насыпного слоя следует производить осушенным воздухом с относительной влажностью 55-60 %.

Значения удельных расходов воздуха варьировались в исследованиях в пределах 100-1200 м³/(т.ч). Установлено, что охлаждение насыпи при значениях удельного расхода приточного воздуха ниже 300 м³/(т.ч) приводит к резкому снижению темпа охлаждения и увеличению потерь сухих веществ. Рис. 4 иллюстрирует характер изменения потерь массы чайного листа за период охлаждения в зависимости от

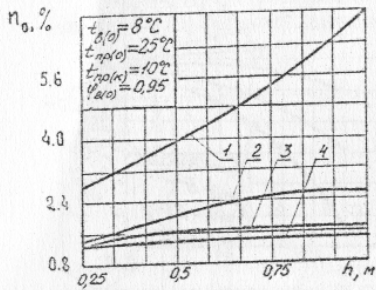


Рис. 4. Потери массы по высоте насыпи за период охлаждения:
 $V_{уд}, м^3/(т.ч)$: 1 - 100; 2 - 300; 3 - 700; 4 - 1200

удельного расхода воздуха от 100 до 1200 м³/(т.ч) повышает потери влаги листом в 3,3 раза.

Температура приточного воздуха варьировалась в исследованиях в пределах 0-8 °С, а начальная температура чайного листа - в пределах 15 - 25 °С. С понижением температуры приточного воздуха и увеличением начальной температуры чайного листа потери продукта увеличиваются, при этом темп охлаждения верхних слоев насыпи изменяется незначительно. Это объясняется увеличением общего количества теплоты, отводимой из насыпи и разности температур между среднеслойной температурой чайного листа и температурой приточного воздуха.

ПРОМЫШЛЕННАЯ ПРОВЕРКА РЕКОМЕНДОВАННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Целью промышленных испытаний являлась апробация разработанных режимов холодильной обработки чайного листа и СКВ, включая специально разработанное оборудование, в производственных условиях.

Промышленная проверка опытной СКВ, основанной на принципе общеобменной вентиляции, была проведена на Рухской чайной фабри-

ке РПО "Чай-Грузия". Испытания системы с активным вентилированием насыпного слоя чайного листа производились на Шемокедской чайной фабрике РПО "Чай-Грузия". В состав систем входили вновь созданные ПО "Мелитопольхолодмаш" холодильные машины ЧХ-40 и ХМЗІ-30М. Технические требования на разработку указанных машин составлялись с учетом обеспечения параметров воздуха, рекомендуемых автором в настоящей работе.

Производственные испытания подтвердили эффективность совмещения во времени процессов холодильного хранения и завяливания чайного листа и рекомендуемых способов холодильной обработки чайного листа.

В сравнении с базовым методом, применяемым на производстве, повышается качество продукта на 0,25 балла и снижаются потери сухих веществ в 4,2 раза.

Производственные испытания подтвердили эффективность совмещения во времени процессов холодильного хранения и завяливания чайного листа и рекомендуемых способов холодильной обработки чайного листа.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Полученные экспериментальные зависимости позволяют определять, с допустимой в инженерных расчетах точностью, темп охлаждения и потери влаги при холодильной обработке чайного листа в условиях общеобменной вентиляции, что подтверждается результатами промышленных испытаний. Расхождение между опытными и расчетными величинами не превышает 10%.

2. Выбранная математическая модель процессов тепло- и массопереноса в насыпном слое чайного листа позволяет аналитически определять оптимальные режимные параметры процессов холодильной обработки продукта, которые послужат основой для дальнейшего совершенствования систем активного вентилирования чаехранилищ. Численные значения параметров процессов, в зависимости от крайних условий, отличаются от данных экспериментальных исследований не более чем на 20 %.

3. Уменьшение за счет усушки высоты слоя чайного листа приводит к уменьшению аэродинамического сопротивления слоя, что необходимо учитывать при подборе вентиляторных установок для систем активного вентилирования.

4. Установлена определяющая роль внешних теплопритоков в процессе влагообмена при совмещенных краткосрочном холодильном хранении и завяливании чайного листа. При этом полное завяливание его обеспечивается при удельных внешних теплопритоках 700-800 кДж на 1 кг продукта.

5. При создании эффективных чаехранилищ, обеспечивающих повышение качества готовой продукции, необходимо руководствоваться следующими технологическими параметрами холодильной обработки

xv 1126

чайного листа:

- независимо от способа раздачи воздуха при охлаждении чайного листа, температура вентилирующего воздуха 6-8 °С, относительная влажность 85-90 %; при сочетании краткосрочного хранения и завяливания температура 4-6 °С, относительная влажность 55-60 %;
- в условиях общеобменной вентиляции для режима охлаждения чайного листа удельный расход воздуха 8000-10000 м³/(т.ч), для совмещенного режима холодильного хранения-завяливания - 3000-4000 м³/(т.ч);
- для систем с активным вентилированием при охлаждении и холодильном хранении, совмещенном во времени с процессом завяливания, удельный расход воздуха 1000-1200 м³/(т.ч);
- высота насыпного слоя чайного листа 1 м при активном вентилировании и 0,3-0,35 м - при общеобменной вентиляции.

6. Промышленные испытания разработанных холодильных машин ЦХ-40 и ХМВИ-30М (по А.с. СССР №№ 742676, 868284, 881480), технологического оборудования (по А.с. №№ 1084002, 1329746), а также способов холодильной обработки чайного листа (по А.с. №№ 982639, 991980) подтвердили их высокую эффективность. СКВ на основе указанного оборудования рекомендованы для серийного внедрения.

7. Результаты работы использованы при создании охлаждаемых чаехранилищ Самтредской и Хобской чайных фабрик, а также при разработке проекта чаехранилища с активным вентилированием.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Какалашвили А.Н., Почхидзе И.Ш. О термодинамической теории тепловлажностных процессов в камерах холодильников // Холодильная техника. - 1980. - № 12. - С. 44-46.

2. Жвания Г.Г., Почхидзе И.Ш., Мазанишвили Г.З. К вопросу применения холодильной установки для завяливания чайного листа // Теория механизмов и машин. - Тбилиси, 1981. - С. 53-56 / Сб. науч. тр. Изд. ГПИ им. В.И.Ленина, № 2 (235).

3. Почхидзе И.Ш., Джаларидзе З.Ш., Мазанишвили Г.З. О создании оборудования для холодильного хранения чайного листа // Тез. докл. XIII Республиканской науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава ГПИ им. В.И.Ленина и работников производства. - Тбилиси, 1981. - С. 27.

4. Почхидзе И.Ш. О применимости термодинамической теории при расчетах тепловлажностных процессов в хранилищах чайного листа // Тез. докл. XIII Республиканской науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава ГПИ им. В.И.Ленина и работников производства. - Тбилиси, 1981. - С. 28.

5. Какалашвили А.Н., Джаларидзе З.Ш., Мегрелидзе Т.Я., Почхидзе И.Ш. Рациональный метод оборудование для холодильного хранения чайного листа // Сб. Чай, культура, производство. - Тбилиси, 1981. - № 3 (47). - С. 6-9.

6. Жадан В.З., Почхидзе И.Ш., Мазанишвили Г.З. Применение обобщенной закономерности внутриштабельных тепловлажностных процессов для ослабления и интенсификации влагообмена // Тез. докл. Всесоюзной науч.-техн. конф. "Пути увеличения выпуска и сохранения качества пищевых продуктов на основе использования искусственного холода". - Тбилиси, 1984. - С. 101.

7. Почхидзе И.Ш. Экспериментальная проверка обобщенной закономерности тепловлажностных процессов в холодильных камерах // Тез. докл. Всесоюзной науч.-техн. конф. "Пути интенсификации производства и применения искусственного холода в отраслях АПК". - Ташкент, 1985. - С. 47.

8. Какалашвили А.Н., Почхидзе И.Ш., Мазанишвили Г.З. Обоснование производительности машины для хранения и завяливания чайного листа на микрофабриках // Машины и установки пищевой промышленности и холодильной техники. - Тбилиси, 1985. - С. 5-7 / Сб. науч. тр. Изд. ГПИ им. В.И.Ленина, № 2 (284).

9. Жадан В.З., Почхидзе И.Ш., Мазанишвили Г.З. Оптимизация процессов охлаждения и хранения чайного листа активным вентилированием // Машины и установки пищевой промышленности и холодильной техники. - Тбилиси, 1985. - С. 7-10 / Сб. науч. тр. Изд. ГПИ им. В.И.Ленина, № 2 (284).

10. Какалашвили А.Н., Почхидзе И.Ш. интенсификация влагообмена при холодильной обработке чайного листа // Машины и установки пищевой промышленности и холодильной техники. - Тбилиси, 1987. - С. 7-8 / Сб. науч.тр. Изд. ГПИ им. В.И.Ленина, № 8 (320).

11. А.с. 742676 СССР, МКИ F 25 В 1/00. Способ работы одноступенчатой компрессионной холодильной установки / А.Н.Какалашвили, И.Ш.Почхидзе, Г.Ш.Беруашвили. - № 2683697/23-06; Оpubл. 25.07.80, Бюл. № 30.

12. А.с. 868284 СССР, МКИ F 25 В 1/00. Холодильный агрегат автономного кондиционера / А.Н.Какалашвили, В.Н.Криворотко, Т.Я.Мегрелидзе, Ю.П.Дикий, И.Ш.Почхидзе. - № 2866766/23-06; Оpubл. 30.09.81, Бюл. № 36.

13. А.с. 881480 СССР, МКИ F 25 В 13/00. Реверсивный воздушный кондиционер / И.Ш.Почхидзе, Г.Г.Жвания. - № 2882312/23-06; Оpubл. 15.11.81, Бюл. № 42.

14. А.с. 982639 СССР, МКИ А 23 F 3/06. Способ завяливания чайного листа / В.З.Жадан, Г.Г.Жвания, И.Ш.Почхидзе, Г.З.Мазанишвили.

швили. - № 3276624/28-13; Оpubл. 23.12.82, Бюл. № 47.

15. А.с. 991980 СССР, МКИ А 23 F 3/00. Способ хранения чайного листа / В.З.Жадан, Н.К.Заддастанишвили, И.Ш.Почхидзе, З.Ш.Джапаридзе. - № 3264437/28-13; Оpubл. 30.01.83, Бюл. № 4.

16. А.с. 1021888 СССР, МКИ F 25 B 13/00. Тепловой насос. / А.Н.Какалашвили, Г.З.Мазанишвили, Г.Г.Жвания, И.Ш.Почхидзе. - № 3405965/23-06; Оpubл. 07.06.83, Бюл. № 21.

17. А.с. 1056985 СССР, МКИ А 23 F 3/00. Устройство для непрерывного завяливания чайного листа / Н.К.Заддастанишвили, Л.М.Харебава, З.Ш.Джапаридзе, И.Ш.Почхидзе. - № 3332940-28-13; Оpubл. 30.11.83, Бюл. № 44.

18. А.с. 1084002 СССР, МКИ А 23 F 3/00. Камера для пищевого растительного сырья / З.Ш.Джапаридзе, Л.М.Харебава, Н.К.Заддастанишвили, В.З.Жадан, И.Ш.Почхидзе. - № 3449924/28-13; Оpubл. 07.04.84, Бюл. № 13.

19. А.с. 1132891 СССР, МКИ А 23 F 3/00. Контейнер для хранения и транспортировки чайного листа / В.З.Жадан, Ш.В.Гогвава, З.И.Пересишвили, И.Ш.Почхидзе, Г.З.Мазанишвили. - № 3543921/28-13; Оpubл. 07.01.85, Бюл. № 1.

20. А.с. 1329746 СССР, МКИ А 23 F 3/00. Устройство для хранения чайного листа / Г.Г.Одишария, З.Ш.Джапаридзе, И.Ш.Почхидзе, Ю.М.Мамаджанов, Г.З.Мазанишвили. - № 33766217/31-13; Оpubл. 15.08.87, Бюл. № 20.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

h - высота слоя; τ - время; η - относительные потери влаги;
 c - теплоемкость; k - коэффициент теплопередачи наружных ограждений хранилища; q - удельный теплоприток; t - температура;
 ξ - коэффициент; V - расход воздуха; β - температурный коэффициент дыхания; β_z - коэффициент загрузки хранилища; ω - скорость воздуха; α - коэффициент теплоотдачи; F - удельная площадь поверхности; ρ - плотность; ΔP - потери напора; l - длина порового канала; μ - коэффициент динамической вязкости; $\gamma, \eta, \nu, \alpha, \beta, \kappa_0, \kappa_x$ - коэффициенты; P_6 - барометрическое давление; P - парциальное давление водяных паров в воздухе; ξ_F - коэффициент, учитывающий долю поверхности листа, участвующей в массообмене.

индексы: o - охлаждение, x - хранение, d - дыхание,
 tr - трансмиссионный, n - продукт, b - воздух, ud - удельный,
 n - наружный воздух, z - элемент продукта, sk - скважистость,