

Автореферат
144

проф. Гуляку М.В.
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На правах рукописи

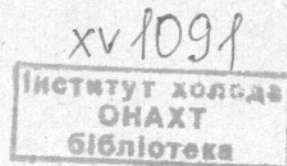
ДИДЖ Наталия Николаевна

УДК 621.565

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫХ РЕЖИМОВ
В ПЛОДОВООВОЩЕХРАНИЛИЩАХ С ИЗМЕНЕННОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДОЙ

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

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук



Одесса - 1985

Работа выполнена в Одесском технологическом институте
холодильной промышленности .

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор ЖАДАН В.З.

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор ГОГОЛИН А.А.,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
ЧЕРНОВУБОВ А.М.

Ведущая организация - Всесоюзный научно-исследователь-
ский и конструкторско-технологиче-
ский институт холодильной про-
мышленности "ВНИИХолодпром"
(г.Москва).

Защита диссертации состоится "28" декабря 1985 г.
в 10 часов на заседании специализированного совета
К.058.27.01 Одесского технологического института холодильной
промышленности по адресу : 270057, г.Одесса, ул.Петра Вели-
кого, 1/3, ОТИХП.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОТИХП.

Секретарь разослан "28" ноября 1985 г.

Р.К.Никульшин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Снижение потерь пищевых продуктов -
важное условие реализации Продовольственной программы СССР, ко-
торая, как отметил М.С.Горбачев в своем выступлении на совещании
в г.Целинограде 7 сентября 1985 г., представляет собой неотлож-
ное дело, требующее особого внимания.

Одним из способов совершенствования технологии хранения
плодов и овощей является применение измененной газовой среды -
регулируемой (РГС) и модифицированной (МГС). Преимущества РГС,
как прогрессивной технологии, были отмечены в решениях майско-
го (1982 г.) Пленума ЦК КПСС, однако не все возможности ее ис-
пользуются в настоящее время.

Совершенствование техники хранения сочных сельскохозяйствен-
ных продуктов в измененной газовой среде - актуальная задача,
назревшая необходимость решения которой нашла отражение в про-
граммах важнейших научно-исследовательских работ XI-й пятилетки.

Целью работы является изучение особенностей тепло-и влажно-
обмена при хранении сочных сельскохозяйственных продуктов в регу-
лируемой и модифицированной газовых средах, разработка рекомен-
даций по совершенствованию систем охлаждения холодильников с РГС
и способов хранения продуктов в МГС.

Научная новизна. Впервые исследованы тепловлажностные про-
цессы в холодильных камерах с измененной газовой средой (РГС и
МГС). Сформулированы условия защиты плодов и овощей от вредного
воздействия на их покровный слой теплоты и капельно-жидкой влаги,
что положено в основу а.с. № 1060893 и № 1071268.

Научные положения, защищаемые в работе .

1. Принято считать, что с понижением температуры хранения
плодов и овощей потери их во всех случаях уменьшаются. Установ-
лено, что в измененной газовой среде это положение не всегда со-
блюдается. Например, при емкости холодильника до 500 т и средней
температуре наружного воздуха 5°C повышение температуры в камере
с РГС от 0 до 4°C не увеличивает, а уменьшает потери.

2. Оптимизация влажностного режима, формируемого живой ра-
стительной тканью под влиянием теплоты дыхания и испарительной
способности продукта при условии полной защиты его от внешних
теплопритоков, для камер с РГС имеет более существенное значение,
чем для камер с обычной газовой средой.

Научные результаты, полученные в работе

1. Одним из серьезных недостатков существующей технологии хранения плодов и овощей в модифицированной газовой среде является выпадение на их поверхности капельно-жидкой влаги, вызывающей микробиологические процессы. Указанное явление устраняется применением контейнеров с направленной конденсацией водяного пара.

2. Применение воздушной системы охлаждения с общеобменной вентиляцией в камерах с РГС не позволяет в полной мере использовать все преимущества, обусловленные уменьшением удельной теплоты дыхания продукта.

3. Наибольшая технологическая эффективность хранения плодов и овощей в измененной газовой среде обеспечивается при раздельном отводе внешних теплопритоков и теплоты дыхания, т.е. при сочетании внекамерного и косвенного охлаждения.

Практическая ценность работы. Результаты диссертационной работы использованы ОКП-3 Укргипроторга при проектировании холодильника с РГС Керченской плодоовощной базы, Минплодоовощхозом Казахской ССР в плодоовощехранилищах, предназначенных для хранения продуктов в РГС, НПО "Алматы" во фруктохолодильнике с РГС совхоза им.У.Джандосова, ПО "Одессаплодоовощхоз" при хранении сельскохозяйственных продуктов в МГС.

Апробация работы. Основные положения и результаты работы были доложены на 12 научно-технических конференциях, семинарах и совещаниях, в том числе: на I Национальной научно-технической конференции "Хладильная технология, хладильники и хладильни съоръження", Пловдив, 1974 г.; Всесоюзном семинаре "Использование искусственного холода для сокращения потерь пищевых продуктов - важное средство в решении Продовольственной программы страны", Калининград, 1983 г.; Всесоюзной научной конференции "Пути совершенствования технологических процессов и оборудования для производства, хранения и транспортировки продуктов питания", Москва, 1984 г.; Всесоюзной конференции "Пути увеличения выпуска и сохранения качества пищевых продуктов", Тбилиси, 1984 г.; Всесоюзном научно-методическом совещании "Результаты исследований по механизированной уборке, товарной обработке, организации промышленного хранения и переработки плодов и ягод", Киев, 1985 г.; Всесоюзной конференции "Пути интенсификации производства и применения искусственного холода в отраслях АПК", Ташкент, 1985 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 22 печатные работы. Получено два авторских свидетельства на изобретения и одно положительное решение по заявке на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованной литературы 145 наименований и четырех приложений. Содержит 146 страниц машинописного текста, 31 рисунок и 29 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В основу проведенных исследований, носящих теоретический и экспериментальный характер, была положена идея защиты плодов и овощей от вредного воздействия на их покровный слой внешних и внутренних теплопритоков.

Было уделено также внимание изучению причин развития микробиологических процессов, что характерно, прежде всего, в отношении увядшей растительной ткани, на поверхности которой выпадает капельно-жидкая влага.

На основании проведенных исследований сформулированы рекомендации по совершенствованию температурно-влажностных режимов и созданию эффективных систем, технологического кондиционирования воздуха в плодоовощехранилищах с измененной газовой средой.

Впервые показаны преимущества локального кондиционирования воздуха, обусловленного биофизическими свойствами продукта, проявляющимися при полной защите их от внешних теплопритоков. Система локального кондиционирования воздуха реализуется в разработанных и прошедших промышленные испытания контейнерах специальной конструкции.

Теоретические предпосылки

Естественная убыль сочных сельскохозяйственных продуктов (потеря массы их), которая является основным показателем при сравнительной оценке способов хранения и систем охлаждения хранилищ, складывается из потерь влаги и потерь сухих веществ, расходуемых на дыхание. При этом потери влаги в естественной убыли плодов и овощей составляют 70...75%. Известно, что даже сравнительно небольшие потери влаги приводят к нарушению биохимических процессов, усилению распада органических веществ, ослаблению устойчивости плодов и овощей к микробиологическим заболеваниям, ухудшению качества и сокращению сроков хранения.

Благообмен возникает как вредный, но неизбежный процесс при охлаждении продукта воздухом. Упругость пара над влажными участками покровного слоя продуктов практически насыщающая, охлаждающий воздух имеет температуру ниже температуры продукта, поэтому даже при полном насыщении воздуха влагой, упругость пара в нем ниже упругости пара над влажными участками покровного слоя продуктов. По указанным причинам испарение влаги с поверхности продукта, вступающего в контакт с охлаждающим воздухом, неизбежное явление при любой относительной влажности воздуха. Потери влаги продуктами пропорциональны количеству тепла, воздействию на их поверхность.

Относительная влажность воздуха, устанавливаемая в штабеле продуктов, является производной величиной, зависящей от биофизических свойств продукта (теплоты дыхания и испарительной способности его) и теплопритоков, которые могут изменяться даже в течение суток в связи с естественным суточным ходом температуры наружного воздуха.

Влажностный режим в насыпи продуктов будет оптимальным только в том случае, если обеспечена надежная защита их от вредного воздействия внешних теплопритоков. Понятие "внешние теплопритоки" включает в себя трансмиссионные теплопритоки через ограждающие конструкции хранилища и теплопритоки от оборудования.

Потери влаги продуктами за период хранения можно рассчитать по уравнению

$$W = \frac{[K_F(t_n - t) \varepsilon_{co} C' + q_d C] \varepsilon_{od} \sigma}{6385 - 147t} \quad (I)$$

Формула (I) была получена нами на основании обобщенной закономерности, обнаруженной проф. В.З. Жаданом, сущность которой заключается в том, что в штабеле или определенной части его, находящегося под равномерным тепловым воздействием, осушающая способность вентилирующего воздуха в направлении движения его в массе продуктов не меняется. Указанная закономерность получила подтверждение опубликованными опытными данными.

На основании уравнения (I) легко объяснить высокую эффективность хранения плодов и овощей в измененной газовой среде, когда в 2...3 раза снижается теплота дыхания. Из уравнения (I) также видно, что эффективность снижения биохимических процессов, определяющих теплоту дыхания, зависит от остальных составляющих теплопритоков, входящих в числитель уравнения. Если окажется, что преобладающее влияние на потери влаги оказывают трансмиссионные

теплопритоки, уменьшение несущественно отразится на потерях продукта. Это наблюдается в районах с высокой температурой наружного воздуха при сравнительно малой емкости хранилищ. Из уравнения (I) следует, что отрицательная роль трансмиссионных теплопритоков возрастает при уменьшении теплоты дыхания продукта, поэтому их влияние на потери влаги при хранении в измененной газовой среде всегда больше, чем при обычном способе хранения. Отношение трансмиссионных теплопритоков, действующих на продукт, к теплоте дыхания его оценивается введенным нами коэффициентом трансмиссионных теплопритоков

$$\varepsilon_{тр} = \frac{q_{тр} \varepsilon_{co}}{q_d} \quad (2)$$

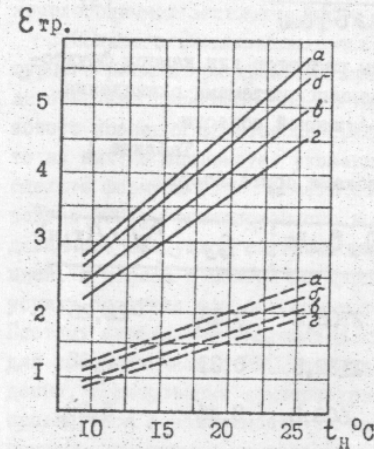


Рис. I. Зависимость коэффициента трансмиссионных теплопритоков ($\varepsilon_{тр}$) от температуры наружного воздуха (t_n) для холодильников разной емкости, оборудованных воздушной системой охлаждения с общеобменной вентиляцией:
 — — холодильники с РГС;
 - - - обычные холодильники.
 Емкость холодильников:
 а - 500 т, б - 750 т, в - 1000 т, г - 2000 т.

Расчеты по определению потерь влаги яблоками сорта Апорт за период хранения с сентября по май для камеры фруктохолодильника с РГС емкостью 500 т, расположенного в климатических условиях Алма-Атинской области, показали, что если при хранении обычным способом потери, вызываемые теплотой дыхания и трансмиссионными теплопритоками, приблизительно сопоставимы, то при хранении в РГС потери влаги продуктом, вызываемые трансмиссионными теплопритоками, более чем в 2 раза превосходят потери от теплоты дыхания. При хранении в РГС также возрастает доля потерь, вызываемых физической теплотой при первичной обработке продукта.

Сопоставление трансмиссионных теплопритоков и теплоты дыхания в октябре и мае при хранении яблок в РГС ($CO_2 - 5\%$, $O_2 - 3\%$) в холодильниках разной емкости и в разных климатических зонах по-

казало, что в основных районах хранения доля трансмиссионных теплопритоков для холодильников емкостью 500 т достигает 80...85%. Это еще раз подтверждает большие резервные возможности совершенствования условий хранения путем компенсации трансмиссионных теплопритоков специальными техническими средствами.

Применяя дорогостоящую технику хранения продуктов в РГС, необходимо стремиться, наряду со снижением физиологической теплоты, к увеличению коэффициента, определяющего долю физиологической теплоты в общих теплопритоках, который определяется по уравнению

$$\varepsilon_d = \frac{q_d \tau}{[KF'(t_n - t)\varepsilon_{co}\tau' + q_d \tau] \varepsilon_{od}} \quad (3)$$

В таблице I приведены результаты расчетов для камеры фрукто-холодильника с РГС, оборудованной разными системами охлаждения. Фруктохолодильник расположен в Алма-Атинской области.

Таблица I
Удельные потери влаги яблоками сорта Апорт

Система охлаждения	ε_{co}	$Q_{tr} \varepsilon_{co} \text{ Вт}$	ε_d	$W, \text{ г}/(\text{т} \cdot \text{ч})$
Воздушная с общеобменной вентиляцией	1,0	2765,2	0,13	22,26
Батарейная с применением пленочных экранов	0,41	1132,5	0,31	9,62
Панельная, конструкции ВНИИТХолодпрома	0,22	608,3	0,46	6,39

Из таблицы I видно, что воздушная система охлаждения в хранилищах с РГС приводит к максимальным потерям влаги, которые в 3,5 раза выше по сравнению с системой внекамерного охлаждения, разработанной и внедренной в экспериментальном холодильнике ВНИИТХолодпрома.

Среди факторов, влияющих на потери продукта, важное значение имеет удельная поверхность наружных ограждений хранилища (F'), которая зависит от емкости хранилища и коэффициента использования его грузового объема. Установлено, что увеличение емкости с 500 т до 1500 т позволяет уменьшить потери в 1,2...1,4 раза. Положительным является тот факт, что камеры с РГС загружают полностью, не оставляя проходов и проездов, что, как следует из основного расчетного уравнения (1), способствует снижению потерь

влаги продуктами.

Для плодоовощехранилищ с РГС необходимо предусматривать системы внекамерного охлаждения, сущность которых заключается в перехвате трансмиссионных теплопритоков до поступления их в хранилище.

В литературе встречаются рекомендации по сооружению заглубленных холодильников с РГС, что облегчает герметизацию камер. Заглубленные плодоовощехранилища заслуживают особого внимания, так как они отличаются стабильностью температурного режима и надежной защитой продуктов от трансмиссионных теплопритоков при круглогодичной эксплуатации.

Большого внимания заслуживают вопросы оптимизации температурного режима при хранении продуктов в РГС. Многие исследователи отмечают целесообразность некоторого повышения температуры газового хранения фруктов по сравнению с обычным хранением, но никто из них не мотивирует указанную рекомендацию. Это позволяет сделать формула (1). Расчеты показали, что для холодильника емкостью 500 т, расположенного в южной климатической зоне и оборудованного воздушной системой охлаждения с общеобменной вентиляцией, в период с ноября по март при $t_n > 0^\circ\text{C}$ наблюдается снижение усушки продукта при повышении температуры хранения от 0°C до 4°C . Поэтому необходима разработка ступенчатого температурного режима для холодильников с РГС, оборудованных воздушной системой охлаждения. Нормирование температурного режима в камерах с РГС должно проводиться в зависимости от емкости холодильника и изменения температуры наружного воздуха (ступенчатое повышение температуры хранения при снижении температуры наружного воздуха). Поддержание оптимального для каждого случая температурного режима позволит не только сократить потери продуктов, но и снизить энергозатраты за счет уменьшения расхода холода и снижения внешней необратимости холодильного цикла.

Хранение продуктов в МГС осуществляется при косвенном охлаждении их. Преимущество косвенного охлаждения заключается в своеобразном локальном кондиционировании воздуха: при стабильном температурном режиме в камере влажностный режим в массе продуктов формируется под влиянием теплоты дыхания и испарительной способности продукта. Система косвенного охлаждения даже в условиях колебания температуры в помещении позволяет уменьшить усушку продукта по сравнению с вариантом хранения в условиях непосредствен-

ного контакта его с воздухом хранилища при отсутствии средств перехвата внешних теплопритоков. В любом случае при косвенном охлаждении в массе продукта создается микроклимат, не зависящий от влажности воздуха хранилища. Бесконтактный отвод теплоты дыхания при хранении плодов и овощей в обычных герметичных упаковках имеет два существенных недостатка - отсутствие направленной конденсации водяного пара и преобладание неупорядоченных токов естественной вентиляции, что приводит к попаданию капельно - жидкой влаги на поверхность продукта и возникновению "инфекционных капель", а также к неравномерности газового состава при больших размерах упаковки и расположении газообменной вставки только на одной из ее сторон. Появление на продуктах "инфекционных капель" вызывает интенсивное развитие микробиологических процессов, ухудшение качества хранимого продукта и сокращение сроков хранения. Одним из важных преимуществ хранения продуктов в МГС по сравнению с хранением в холодильных камерах с РГС, оборудованных воздушной системой охлаждения с общеобменной вентиляцией, является защита продукта от вредного влияния внешних теплопритоков, эффективность которой зависит от теплофизических свойств материала упаковки.

При хранении продуктов в МГС, а также в РГС в случае применения системы косвенного охлаждения, осуществляемого по принципу "камера в камере", необходимо обеспечивать направленный отвод водяного пара за пределы грузового объема упаковки или штабеля продуктов.

Колебание температуры в помещении не исключает полностью воздействия внешних теплопритоков на продукт даже в том случае, если применяется система косвенного охлаждения. Наиболее совершенной системой локального кондиционирования воздуха была бы такая система, в которой сочетались бы преимущества внекамерного и косвенного охлаждения.

Экспериментальные исследования

Для подтверждения решающего влияния потери тургора живой растительной ткани на ее дальнейшую лежкоспособность было проведено изучение зависимости лежкоспособности сливы сорта Венгерка от продолжительности послеуборочного хранения в планчатой таре на открытом воздухе ($t_n = 19...21^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 60...65\%$). Опыты проводили на Тячевском консервном заводе в Закарпатской области.

Таблица 2
Влияние условий послеуборочного хранения на лежкоспособность плодов сливы

Продолжительность хранения на открытом воздухе, час.	Потери массы плодов за период хранения, % :		
	на открытом воздухе	в холодильной камере ($t_c = 80$ сут.)	общие
0	-	6,10	6,10
5	0,83	6,37	7,20
10	1,55	6,98	8,53
20	2,46	хранению не подлежали	

Исследования по оценке влияния трансмиссионных теплопритоков на потери яблок проведены в полузаглубленном фруктохолодильнике с батарейной системой охлаждения опытного хозяйства КазНИИПиВ НПО "Алматы". Среднюю температуру воздуха в камере в период исследований поддерживали равной 0°C , температура наружного воздуха в теплое время года колебалась в пределах от 5 до 20°C . Результаты исследований, приведенные в виде графика на рис.2, подтверждают решающее влияние трансмиссионных теплопритоков на потери продуктов в климатических условиях Алма-Аты.

$M_y, \text{г}/(\text{т}\cdot\text{ч})$

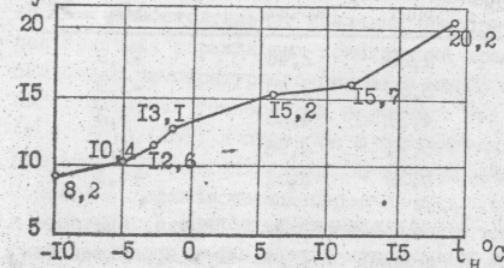


Рис.2. Зависимость потерь массы плодов (M_y) от температуры наружного воздуха (t_n)

С целью получения количественной зависимости потерь влаги продуктом от теплопритоков к охлаждающему воздуху в стационарном режиме были поставлены опыты на лабораторном стенде, в основу конструкции которого положен контейнер, обеспечивающий бесконтактное гравитационное вентилирование продуктов при направленном отводе конденсата. Стенд устанавливали в холодильной камере КХ-12, в которой на протяжении всего периода исследований поддерживали температуру $t_n = 0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Для поддержания в массе продукта ста-

бильного температурного режима зарубашечное пространство стенда заполняли водолеяной смесью. Опыты проводили на специально изготовленных моделях плодов (муляжах), теплофизические свойства которых приведены в таблице 3. Теплопритоки к моделям продуктов создавали с помощью электронагревательного устройства, расположенного в центральной части грузового объема контейнера.

Таблица 3
Характеристика подопытного материала

Продукт	Коэффициент испарительной способности	Содержание влаги, %	Плотность, кг/м ³	Теплоемкость, кДж/(кг·К)	Теплопроводность, Вт/(м·К)
Картофель	0,012	80	1080	3,80	0,52
Яблоки	0,013	87...88	830	3,80	0,49
Муляжи	0,010	82...86	1020...1030	2,8...4,0	0,2...0,4

Таблица 4
Зависимость потерь влаги от теплопритоков к охлаждающему воздуху

Теплопритоки Q, кДж	Средняя температура в насыпи t, °C	Потери влаги, % :		Погрешность Δy, %
		опыт	расчет	
883,01	0,50	2,28	2,46	+7,9
1150,86	0,48	3,59	3,45	-3,9
1430,27	0,54	4,31	4,45	+3,3
1658,46	0,53	5,21	4,96	-4,8
1840,64	0,56	5,29	5,51	+4,2

Результаты исследований, представленные в таблице 4, подтверждают прямо пропорциональную зависимость потерь влаги продуктом от теплопритоков к охлаждающему воздуху и справедливость применяемой методики расчета потерь влаги при хранении плодов и овощей.

С целью изучения влияния на потери продуктов нестабильности температурного режима в помещении исследования проводили в контейнерах, выполненных в 4-х вариантах. В качестве продуктов применяли модели плодов. Опыты ставили в холодильной камере КХ-12, температура в ней колебалась от 4,6 до 5,8°C. Теплоизоляционный материал - пенополиуретан ППУ-3 с коэффициентом теплопроводности 0,035 Вт/(м·К). Толщина теплоизоляции - 0,05 м, ширина зарубашечного пространства контейнера с водолеяной смесью - 0,08 м. Результаты исследований

приведены в таблице 5.

Таблица 5
Влияние теплоизоляционных свойств материала упаковки на потери влаги продуктами

Типы контейнеров	Потери влаги, %	Коэффициенты потери влаги
1. Сетка из листового алюминия с ячейкой диаметром 0,007 м	3,70	1,00
2. Герметизированный без теплоизоляции	2,53	0,68
3. Герметизированный с теплоизоляцией / K = 0,4 Вт/(м·К) /	1,43	0,39
4. Герметизированный с водолеяной стабилизацией температуры	0,18	0,05

Проведенные исследования подтверждают технологическую эффективность хранения продуктов в МГС и показывают, что при хранении ценных видов продукта целесообразно применение упаковок, обладающих теплоизоляционными свойствами. Для ценных продуктов, нуждающихся в длительном хранении, например, биоматериалов, следует применять упаковки с водолеяной стабилизацией температуры.

Понятие "система охлаждения" включает в себя средства защиты продуктов от вредного воздействия теплоты и капельно-жидкой влаги, поэтому самостоятельное значение приобретает теплотехническая характеристика ограждающих конструкций хранилища, обеспечивающих стабилизацию температурного режима в массе продукта в условиях неизбежного колебания температуры наружного воздуха. Нами был предложен (а.с. № 1071268) и проверен в промышленных условиях способ хранения продуктов в траншеях с водолеяным стабилизатором температуры в покрытии. Верхнюю часть покрытия траншеи выполняли в виде поддона и заполняли водой, высоту слоя которой выбирали из условия неполного промерзания воды в зимний период. При хранении картофеля указанным способом потери его были снижены по сравнению с контролем (без водолеяного стабилизатора температуры) в 2,2 раза.

Результаты опытов по определению роли трансмиссионных теплопритоков представлены в таблице 6. Для сравнения приведены также расчетные значения потерь массы, полученные на основании уравнения (I) с учетом доли потерь сухих веществ. Указанные в таблице варианты характеризовались разными значениями удельных трансмиссионных теплопритоков: I - 7,4 Вт/м²; II - 9,1 Вт/м²; III - 9,6 Вт/м².

Опыты, проведенные в камере емкостью 100 т фруктохолодильника с РГС, оборудованного воздушной системой охлаждения, показали, что

потери массы плодов зависели от места расположения сеточных проб по отношению к ограждающим конструкциям и изменялись на 40...50%. Средняя величина потерь яблок, хранящихся в верхней части центрального штабеля, составила 15,6 г/(т·ч), в то время как средняя величина потерь плодов, находящихся в нижней части штабеля, была 11,4 г/(т·ч).

Таблица 6
Зависимость потерь массы яблок сорта Апорт от трансмиссионных теплопритоков

Газовый состав	Вид упаковки	Потери массы плодов по вариантам размещения $m_y, \text{г}/(\text{т}\cdot\text{ч})$			Расчетные потери массы от теплоты дыхания $m_y, \text{г}/(\text{т}\cdot\text{ч})$
		I	II	III	
Обычный	Контейнер с теплоизоляцией	12,08	12,50	12,78	10,30
	Контейнер без теплоизоляции	13,89	20,70	24,58	
	Сетка	25,14	29,45	31,11	
РГС	Контейнер с теплоизоляцией	5,95	8,37	8,74	4,29
	Контейнер без теплоизоляции	6,88	8,93	9,30	
	Сетка	10,97	10,79	12,46	

Полученные результаты показывают несостоятельность воздушной системы охлаждения в защите продуктов от трансмиссионных теплопритоков, а также эффективность хранения продукта при косвенном охлаждении его и применении упаковок, обладающих теплоизоляционными свойствами.

Для установления зависимости потерь массы продуктом при хранении в РГС от конструктивных особенностей системы охлаждения были поставлены опыты по определению потерь массы яблок сорта Апорт при хранении их во фруктохолодильнике с РГС совхоза им. У.Джаддосова, камеры которого оборудованы воздушной системой охлаждения с общеобменной вентиляцией и в камере с РГС фруктохолодильника опытного хозяйства КазНИИИВ, система охлаждения которой представляет собой разновидность косвенного охлаждения - "камера в камере" с размещением батарей в зарубашечном пространстве. Для оценки эффективности системы косвенного охлаждения продукт хранили также в контейнерах с направленной конденсацией водяного пара, которые устанавливали в опытной камере фруктохолодильника совхоза им. У.Джаддосова. Температуру хранения и газовый состав ($\text{CO}_2 - 5\%$, $\text{O}_2 - 3\%$) поддерживали одинаковыми для всех вариантов. Результаты опытов представлены в таблице 7.

Таблица 7
Потери яблок сорта Апорт при хранении в камерах с РГС, оборудованных различными системами охлаждения

Система охлаждения	Потери массы плодов $m_y, \text{г}/(\text{т}\cdot\text{ч})$
1. Воздушная с общеобменной вентиляцией	11,0
2. Батарейная с внекамерным размещением приборов охлаждения	6,7
3. Система косвенного охлаждения - контейнер с направленным отводом конденсата	6,9

Недостатком косвенного охлаждения, осуществляемого по принципу "камера в камере" является попадание на продукт "инфекционных капель". Оказалось, что в этом случае поражаемость грибковыми гнилями плодов Апорта в верхних слоях штабеля достигает 16%, в остальной части камеры - 2...3%.

С целью устранения указанного недостатка нами была предложена улучшенная система косвенного охлаждения для холодильников с РГС, схема ее представлена на рисунке 3 (а.с. № 1060893).

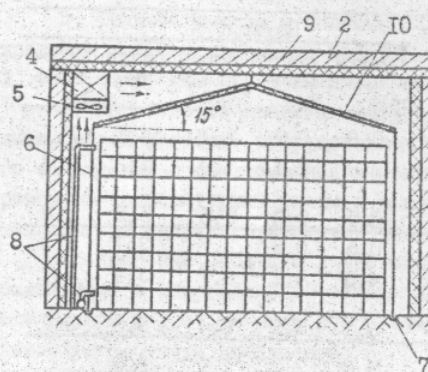


Рис.3. Холодильная камера для хранения сочных сельскохозяйственных продуктов в РГС: 1,2 - боковые ограждения и покрытие холодильной камеры; 3- теплоизоляция; 4- воздухоохладитель; 5- вентилятор; 6- герметичная емкость из газонепроницаемого материала; 7- гидравлический затвор; 8- воздуховоды газовой смеси; 9- покрытие герметичной емкости; 10- пористый материал с капиллярными свойствами.

Идея отдельного отвода теплоты дыхания продукта и трансмиссионных теплопритоков при воздушной системе охлаждения была реализована нами при проектировании камер с РГС Керченской плодоовощной базы.

Разработан и изготовлен контейнер, обеспечивающий хранение про-

дукта в МГС при косвенном охлаждении его и направленном отводе конденсата вне грузового объема контейнера. Схема контейнера представлена на рис. 4.

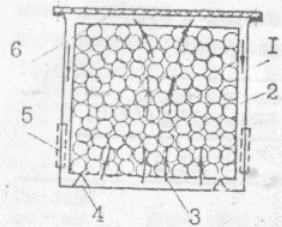


Рис. 4. Контейнер с косвенным охлаждением и направленным отводом конденсата для хранения продуктов в МГС:

1, 2 - наружная и внутренняя воздухонепроницаемые стенки; 3 - перфорированное дно; 4 - опоры; 5 - газоселективные мембраны; 6 - крышка контейнера с теплоизоляцией.

Исследования, проведенные в лабораторных и промышленных условиях (ВНИИТХолодпром, МолдНИИОЗиО НПО "Днестр" и ПО "Одессаплодоовощхоз"), подтвердили технологическую эффективность направленного отвода конденсата за пределы грузового объема упаковки, что важно, прежде всего, при хранении продуктов с большой испарительной способностью. Результаты исследований в МолдНИИОЗиО представлены в таблице 8.

Таблица 8

Влияние направленного отвода конденсата на потери овощей при хранении

Газовая среда	Способ хранения	Показатели оценки качества	Потери, %				
			Томаты красные	Томаты зеленые	Перец сладкий	Баклажаны	Морковь
Модифицированная	Контейнер с направленным отводом водяного пара	Убыль массы	0,8	0,9	3,7	4,1	1,1
		Обрезь гнили	2,7	2,1	1,9	1,2	0,7
		Абсолютные потери	3,5	3,0	5,6	5,3	1,8
	Полиэтиленовый пакет	Убыль массы	0,5	0,5	2,7	3,1	1,0
		Обрезь гнили	4,6	4,2	6,7	5,4	2,7
		Абсолютные потери	5,1	4,7	9,4	8,5	3,7
Обычная	Контейнер с направленным отводом водяного пара	Убыль массы	3,6	3,2	7,9	8,5	
		Обрезь гнили	3,8	3,1	3,8	1,8	
		Абсолютные потери	7,4	6,3	11,7	10,3	
	Контроль (яичная тара)	Убыль массы	9,6	8,2	18,2	16,2	
		Обрезь гнили	1,8	1,6	1,3	0,9	
		Абсолютные потери	11,4	9,8	19,5	17,1	

Основные выводы и результаты

1. В плодоовощехранилищах с РГС емкостью до 500 т, оборудованных воздушной системой охлаждения с общеобменной вентиляцией, определяющее влияние на потери влаги продуктом оказывают внешние теплопритоки. Поэтому эффективность торможения биохимических процессов, обеспечиваемая дорогостоящей технологией газового хранения, в этих условиях оказывается незначительной.

2. Сокращение потерь, вызываемых трансмиссионными теплопритоками и физической теплотой, отводимой от продукта при первичном охлаждении, составляет резервные возможности дальнейшего совершенствования прогрессивной технологии хранения плодов и овощей в измененной газовой среде.

3. Реализуя идею торможения биохимических процессов в измененной газовой среде, предусматривающую уменьшение удельной теплоты дыхания живой растительной ткани в 2...3 раза, следует рекомендовать применение в хранилищах систем венамерного и косвенного охлаждения.

4. Поскольку хранение продукта в измененной газовой среде рассчитано на длительный период - от урожая до урожая - заслуживает внимания сооружение для этой цели заглубленных хранилищ, отличающихся стабилизацией температурного режима и надежной защитой от трансмиссионных теплопритоков.

5. Технологически и экономически целесообразная температура хранения в РГС большинства видов плодов и овощей должна быть на 1...3°C выше, чем при хранении в обычной воздушной среде.

6. При газовом хранении плодов и овощей в действующих хранилищах малой емкости, оборудованных традиционной системой воздушного охлаждения с общеобменной вентиляцией, следует поддерживать переменный температурный режим - в зависимости от средней сезонной температуры наружного воздуха.

7. Хранение продукта в МГС с применением системы косвенного охлаждения и направленного отвода конденсата позволяет снизить общие потери в 1,5...2 раза по сравнению с хранением в МГС без направленного отвода конденсата.

8. При хранении продукта в полиэтиленовых пакетах убыль массы на 0,5...1% ниже чем в контейнерах с направленным отводом конденсата, однако потери от гнили при этом в 2...3 раза выше, что объясняется образованием "инфекционных капель" на поверхности продукта в полиэтиленовых пакетах и формированием более высокой равновесной

относительной влажности воздуха за счет образования гнилой массы.

9. Направленный отвод конденсата в герметичных упаковках с МГС имеет первостепенное значение для продуктов с большой испарительной способностью, формирующих в упаковках микроклимат, близкий к состоянию точки росы.

10. Применение герметичных упаковок, обладающих теплоизоляционными свойствами, позволяет при прежних энергетических расходах снизить вредное влияние внешних теплопритоков на продукты и сократить общие потери их приблизительно в 1,5 раза, несмотря на более высокую температуру хранения. Недостаток указанного способа заключается в уменьшении емкости хранилища. Поэтому при оценке его экономической эффективности необходимо определять приведенные затраты с учетом стоимости хранимого продукта.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Влияние срока полевого хранения на потери и лежкоспособность сырья в холодильниках/ Ивахнов В.И., Дидык Н.Н., Стельмах Т.Е., Милевич В.М. - Консервная и овощесушильная промышленность, 1978, № 7, 10 с.
2. Жадан В.З., Дидык Н.Н. Особенности влагообмена в холодильных камерах с регулируемой газовой средой. - В кн.: Холодильная техника и технология. Киев, 1981, вып. 32, с. 103-105.
3. Жадан В.З., Дидык Н.Н., Гудковский В.А. Влияние внешних теплопритоков на потери яблок при хранении. - Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 1981, № 6, с. 44-47.
4. Жадан В.З., Дидык Н.Н., Гудковский В.А. Особенности камер фрутохолодильников с регулируемой средой. - Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана, 1981, № 8, с. 38-40.
5. Жадан В.З., Дидык Н.Н., Вигуржинская С.Ю. Роль внешних теплопритоков при хранении плодов и овощей в регулируемой газовой среде. В кн.: Тезисы докладов Всесоюзного семинара "Использование достижений холодильной техники и технологии в целях повышения эффективности пищевых производств". Таллин, 1981, с. 71-72.
6. Жадан В.З., Вигуржинская С.Ю., Дидык Н.Н. Влияние теплоизоляционных свойств материала упаковки на потери влаги при холодильном хранении влажных продуктов. - В кн.: Холодильная техника и технология. Киев, 1982, вып. 34, с. 121-123.
7. Жадан В.З., Дидык Н.Н., Кузьменко А.И. Средства снижения потерь картофеля, овощей и плодов при охлаждении и хранении. - В кн.:

- Тезисы докладов научно-практической конференции "Исследования по усовершенствованию технологий и технических средств для послеуборочной обработки и хранения картофеля и овощей в свете Продовольственной программы СССР". Каунас, 1983, с. 34-36.
8. Жадан В.З., Дидык Н.Н., Корнетов Е.И. Эффективность системы косвенного охлаждения при хранении плодов в измененной газовой среде. - В кн.: Тезисы докладов Всесоюзного семинара "Использование искусственного холода для сокращения потерь пищевых продуктов - важное средство в решении Продовольственной программы страны". Калининград, 1983, с. 44.
 9. А.с. 1060893 (СССР). Холодильная камера для хранения сочной сельскохозяйственной продукции/ В.З.Жадан, Л.И.Балькова, В.А.Гудковский, Н.Н.Дидык, Е.Г.Щебетовская - Заявл. 12.03.82. № 3482413/23-13; опубл. в В.И., 1983, № 46.
 10. А.с. 1071263 (СССР). Устройство для хранения сельскохозяйственной продукции/ В.З.Жадан, В.И.Романенко, Н.Н.Дидык - Заявл. 23.07.81, № 3325939/30-15; опубл. в В.И., 1984, № 5.
 11. Эффективность применения контейнеров с направленной конденсацией водяного пара для хранения овощей/ Жадан В.З., Дидык Н.Н., Боронина О.Н., Дворников В.Л. - Холодильная техника, 1984, № 5, с. 24-26.
 12. Жадан В.З., Бородай О.С., Дидык Н.Н. Экспериментальные исследования новых способов хранения скоропортящихся сельскохозяйственных продуктов. - В кн.: Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции "Пути совершенствования технологических процессов и оборудования для производства, хранения и транспортировки продуктов питания". Москва, 1984, 31 с.
 13. Дидык Н.Н., Жадан В.З. Экспериментальное обоснование новых принципов кондиционирования воздуха в плодоовощехранилищах. - В кн.: Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Пути увеличения выпуска и сохранения качества пищевых продуктов; внедрение безотходных и малоотходных технологий на основе использования искусственного холода". Тбилиси, 1984, 100 с.
 14. Дидык Н.Н. Хранение яблок в регулируемой газовой среде. - Холодильная техника, 1985, № 3, с. 36-39.
 15. Особенности хранения продукции в герметичных упаковках/ Жадан В.З., Дидык Н.Н., Боронина О.Н., Ивахнов В.И. - Плодоовощное хозяйство, 1985, № 8, с. 52-54.

16. Жадан В.Э., Дидик Н.Н., Боронина О.Н. Особенности влияния температуры на потери влаги плодами в холодильных камерах с регулируемой газовой средой. - В кн.: Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Пути интенсификации производства и применения искусственного холода в отраслях АПК". Ташкент, 1985, 134 с.

Условные обозначения

W - количество влаги, теряемой продуктом за рассматриваемый период хранения; K - коэффициент теплопередачи наружных ограждений хранилища; F' - удельная, приходящаяся на 1 т массы продукта, площадь наружных ограждений, через которые поступают трансмиссионные теплопритоки; t - температура воздуха; ε - коэффициент; τ - продолжительность периодов стояния температуры наружного воздуха, превышающей температуру воздуха в хранилище; q - удельная теплота; T - общая продолжительность хранения; m - потери массы продукта (усушка); φ - относительная влажность воздуха, Q - теплопритоки.

Индексы при условных обозначениях

∂ - дыхание; tr - трансмиссионные; $с.о$ - система охлаждения; $об$ - оборудование; $н$ - наружный; $у$ - убыль.

Вис

1985
ТАШКЕНТ
ИСТИСБИ