

Автореферат

Л 63

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

---

Для служебного пользования

экз. № 10

ЛИСТОПАД Анатолий Яковлевич

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ СОХРАННОСТИ  
ЦИТРУСОВЫХ ПЛОДОВ

Специальность 05.18.03 - Хранение зерна (элеваторно-склад -  
ское хозяйство) и других сельскохозяйственных продуктов

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

Одесса - 1972

СМ

Автореферат

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Для служебного пользования

экз. № 20

ЛИСТОПАД Анатолий Яковлевич

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ СОХРАННОСТИ  
ЦИТРУСОВЫХ ПЛОДОВ

Специальность 05.18.03 - Хранение зерна (элеваторно-склад-  
ское хозяйство) и других сельскохозяйственных продуктов

А в т о р е ф е р а т

на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

3456

1014868

Одесский технологический институт пищевой промышленности имени М.В. Ломоносова  
**БИБЛИОТЕКА**

Одесса - 1972

Работа выполнена в Центральном научно-исследовательском институте морского флота и в Одесском технологическом институте пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова.

Научный руководитель:  
кандидат экономических наук, старший научный сотрудник И.А.Фельдман

Научный консультант  
кандидат технических наук, доцент М.А.Гришин

Официальные оппоненты:  
доктор технических наук Л.М.Никитина,  
доктор технических наук, профессор И.Г.Чумак,  
кандидат технических наук, доцент А.А.Мовчан

Ведущее предприятие — Одесский портовый холодильник МТ УССР.

Автореферат разослан

„24“ октября 1972г.

Защита диссертации состоится „24“ ноября 1972г.

в 10 часов на заседании Совета Одесского технологического института пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова.

Просим Ваши отзывы в двух экземплярах прислать по адресу: г.Одесса, 270039, ул.Свердлова, 112, Технологический институт пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

**УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА**

кандидат технических наук

*Л. Запорожец*

Л.А.ЗАПОРОЖЕЦ



## В В Е Д Е Н И Е

Создание материальной базы коммунистического общества требует постоянного совершенствования работы всех отраслей народного хозяйства, систематического повышения эффективности использования основных фондов и капитальных вложений. В Программе КПСС указывается: „Главное внимание во всех звеньях планирования и руководства хозяйством должно быть сосредоточено на наиболее рациональном и эффективном использовании материальных, трудовых и финансовых ресурсов, природных богатств и устранении излишних издержек и потерь. Достижение в интересах общества наибольших результатов при наименьших затратах — таков закон хозяйственного строительства“.

В общем объеме внешнеторгового грузооборота Советского Союза большой удельный вес занимают плоды и овощи, импорт которых увеличивается с каждым годом. По данным Министерства внешней торговли в 1971 г. было закуплено около 2 млн. т. плодов и овощей, в том числе 350 тыс. т. цитрусовых. По заключенным соглашениям этот объем возрастет к 1973 г. до 500 тыс. т., а к 1980 г. планируется увеличить закупки цитрусовых плодов до миллиона тонн в год. Но доставка цитрусовых плодов в Советский Союз осуществляется в основном иностранными судами, что вызывает значительные валютные расходы, которые будут увеличиваться по мере роста объема закупок плодов.

Таким образом, актуальность проблемы о рациональной технологии перевозки и хранения плодов определяют следующие обстоятельства: значительно возрастающий импорт, недостаток специализированного транспорта, длительность доставки груза от зарубежных поставщиков к отечественным потребителям, применение различными предприятиями неоптимальных режимов, большие потери плодов и связанные с этим затраты.

„Мы обязаны добиться резкого уменьшения потерь продукции на всех стадиях ее производства, хранения и транспортировки, значительно расширить емкость хранилищ и холодильников, обеспечить улучшение складского хозяйства. Надо покончить с таким положением, когда часть продукции, на производство которой затрачен труд наших людей, не доходит до потребителя” (А.Н.Косыгин. Доклад на XXIV съезде КПСС).

## 1

Среди работ, посвященных исследованиям условий сохранности плодов и овощей, наиболее известны труды Б.И.Срезневского, А.И.Опарина, С.П.Костычева, Н.А. Максимова, Ф.В.Церевитинова, Л.В.Метлицкого, Б.А.Рубина, А.А.Колесника, В.Г.Сперанского и других отечественных и зарубежных авторов, установивших, что плоды и после сбора остаются живыми объектами, в которых происходят сложные биохимические и теплофизические процессы, тесно связанные между собой. В результате плоды „дышат” — потребляют кислород, выделяют углекислый газ, влагу и тепло. Полностью остановить эти процессы нельзя, но их можно значительно замедлить, что предупредит существенные изменения качества плодов даже при длительном (более 2 месяцев) хранении. Для этого вся техника перевозки и хранения плодов должна обеспечивать нормальное протекание в них процессов дыхания путем поддержания рационального тепло-, влаго- и газообмена с окружающим воздухом. Чрезмерная транспирация приводит к уменьшению влагосодержания плодов, ослаблению естественного тургора, ускоряет распад органических веществ и уменьшает стойкость плодов против микроорганизмов. В конечном итоге усушка и порча плодов выражаются значительной нереализованной суммой.

Основными факторами внешней среды, определяющими сохранность плодов, являются температура, относительная влажность, газовый состав и, в некоторой степени, давление воздуха. Особо необходимо упомянуть о подвижности воздуха и освещенности, которые в несколько раз увеличивают интенсивность транспирации по сравнению с неподвижной средой

и в темноте. Тем не менее, размеры естественной убыли плодов обычно меньше потерь, вызываемых воздействием микроорганизмов.

Настоящая работа отличается как объектом, так и методикой исследования и представляет собой комплексное решение проблемы термической обработки и сохранения качества плодов, требующей совместного рассмотрения процессов тепло- и влагообмена между плодами и воздухом, как в стационарном, так и в нестационарном режимах. Сложность проблемы обуславливается еще и тем, что до настоящего времени существовало две точки зрения на транспортировку плодов: технологическая (коммерческая) и биохимическая (специальная), направленные, в конечном итоге, к одной цели — доставить потребителям плоды с меньшими весовыми потерями и лучшими вкусовыми качествами, но которые противостояли в некоторых вопросах друг другу и исключали взаимные рекомендации. В этом отношении наши исследования согласуются с широко известными работами Головкина Н.А., Чижова Г.Б., Рютова Г.Д., Чумака И.Г., Жадана В.З. и др. исследователей, посвященными разработке теоретических основ охлаждения и замораживания различного сырья. Основное внимание здесь уделено вопросам тепло- и массопереноса цитрусовых плодов. Рассмотрено также их дыхание и динамика некоторых вкусовых характеристик.

На основе анализа существующих и прогрессивных методов транспортирования скоропортящихся продуктов сформулированы цели работы: исследовать термо-, влаго-вентиляционные условия сохранности цитрусовых плодов, вследствие чего возникает несколько задач:

а) выявление закономерностей влаго-, тепло- и газообмена плодов;

б) расчет коэффициентов массо- и теплообмена, получение их зависимостей от влагосодержания плодов;

в) исследование взаимосвязи термодинамических и некоторых биохимических процессов, определяющих сохранность и вкусовые качества плодов;

г) обоснование рационального режима хранения плодов и расчет его экономической эффективности;

д) разработка рекомендаций по сохранной транспортировке цитрусовых плодов.

Исследования проводили методами, применяемыми для исследования сушки капиллярнопористых коллоидных тел, к которым относятся все плоды и овощи. Эти термодинамические методы состоят в изучении свойств системы взаимодействующих тел путем анализа условий и количественных соотношений происходящих в ней превращений энергии. В отличие от статистических они не связаны с какими-либо конкретными представлениями о внутреннем строении тел и характере движения образующих их частиц, а исследуют характеристики объектов, основываясь на законах термодинамики, которые обладают весьма большой общностью. Рассматриваются статика, кинетика и динамика процесса отдачи влаги материалами.

В трудах Ребиндера П.А., Дубинина М.М., Думанского А.В., Кавказова Ю.Л., Лыкова А.В., Максимова Г.А. и других советских ученых установлены основные закономерности связи поглощенной влаги с коллоидными капиллярнопористыми телами и выявлены свойства связанной влаги, создано современное учение о формах связи влаги с материалами. Установлено, что общий процесс массопереноса определяется механизмом перемещения влаги внутри материалов, энергетикой испарения и механизмом перемещения влаги с поверхности материалов в окружающий воздух через пограничный слой. Скорость диффузии пара определяется разностью соответствующих химических потенциалов, а на границе „материал-среда“ имеет место уравнение баланса влаги:

$$-a_m r_0 (\nabla u + b_r \nabla t) = a_m (M_n - M_c) = j$$

Обширный экспериментальный материал систематизирован Никитиной Л.М., на основе которого получены термодинамические параметры и коэффициенты массопереноса около 900 материалов. Ею разработана методика расчета оптимальных параметров воздуха при кондиционировании в производственных помещениях, где  $T$  и  $\psi$  определяют качество продукции и, следовательно, ведение технологического процесса. Пользуясь закономерностями теории тепло- и массопереноса, можно также проанализировать существующие режимы, оце

нить их с точки зрения оптимальных показателей и объяснить явления, происходящие при хранении плодов.

Биохимические эксперименты проводили методами химико-технического контроля, подробно освещенными в работах Марха А.Т. и других авторов. Результаты измерений обрабатывали методами общей теории статистики.

Проведенные нами исследования расширили область применимости методов теории тепло- и массообмена на биологически живые объекты, что дало возможность выявить объективно существующие и неизвестные ранее закономерности физического взаимодействия плодов с воздухом путем влаго-, тепло- и газообмена. Поскольку полученные закономерности определяются массой плодов и не зависят практически от их сорта, вида, сезона и района произрастания (т.е. от многочисленных помслогических факторов) они могут быть приняты в качестве основы унифицированных норм естественной убыли большого семейства цитрусовых плодов. Эти же унифицированные нормы после дополнительной проверки могут быть распространены также на яблоки и картофель.

Выявленный рациональный режим хранения цитрусовых плодов по сравнению с существующими обеспечивает минимум потерь, позволяет значительно сократить общий транспортный процесс и ускорить оборот средств, а также уменьшить валютные расходы по закупке и транспортировке плодов.

Внедрение и производственная проверка результатов работы подтвердили правильность предлагаемого технического решения проблемы и его значительную экономическую эффективность. По результатам исследования получено положительное решение Комитета по изобретениям (заявка № 1416561 от 20 марта 1970 г.). Рассматривается вопрос о продаже лицензии на „Способ хранения цитрусовых плодов“ за границу.

Диссертация, объемом 130 стр., содержит 73 стр. текста, 20 рисунков, 5 таблиц, приложения и список литературы со 162 наименованиями.

Исследования проводили с шестью сортами апельсинов и одним сортом лимонов ранних и поздних урожаев 1967-71 гг., произрастающих в странах Восточного Средиземноморья. В процессе исследований выявлены и приняты следующие начальные данные: влажность  $W_n = 87\%$ , влагосодержание  $U_n = 6,68$  кг/кг, физическая плотность  $\rho = 880$  кг/м<sup>3</sup>, отношение объема к поверхности  $R_v^0 = 1,14 \cdot 10^{-2}$  м, постоянная удельная поверхность массы и другие физические параметры. Изотермы десорбции  $I_p = f(\psi, T)$  получали тензиметрическим методом при температуре  $t = 0; 10; 20; 30^\circ\text{C}$  в диапазоне относительной влажности  $\psi = 0,4 - 1,0$ , а также ускоренно-динамическим методом на установке Филоненко Г.К. и Чуприны А.И. Равновесное влагосодержание цитрусовых плодов практически одинаково и не зависит от их сорта, вида, сезона и района произрастания. Небольшое влияние температуры проявляется на участке  $\psi = 0,6 - 0,9$ . Для прямолинейного участка изотермы  $0^\circ\text{C}$  в диапазоне  $\psi = 0,2 - 0,9$  мы получили уравнение [Л.4]:

$$\lg U_p = 1,14 + 0,9 \psi^2$$

По изотермам десорбции и характеристическим кривым  $m = f(I_p)$  рассчитаны коэффициенты массопереноса и получены их зависимости от влагосодержания плодов в гигроскопической области [Л.4]. Коэффициент диффузии  $a_m$  рассчитывали по методу Ермоленко В.Д. как

$$a_m = \frac{\pi t_0 \psi}{[2(U_{10} - U_2) \rho_0]^2}$$

Дифференцированный учет изменения веса свежих целых плодов позволил рассчитать и построить зависимости интенсивности транспирации  $j = f(\psi, T)$ , дающие возможность определять естественную убыль за период транспортировки независимо от помологических особенностей плодов (рис.1).

Для этого необходимо знать эффективную (неэкранированную) поверхность массы плодов, которая зависит от плотности их укладки. Мы выявили, что удельная поверхность

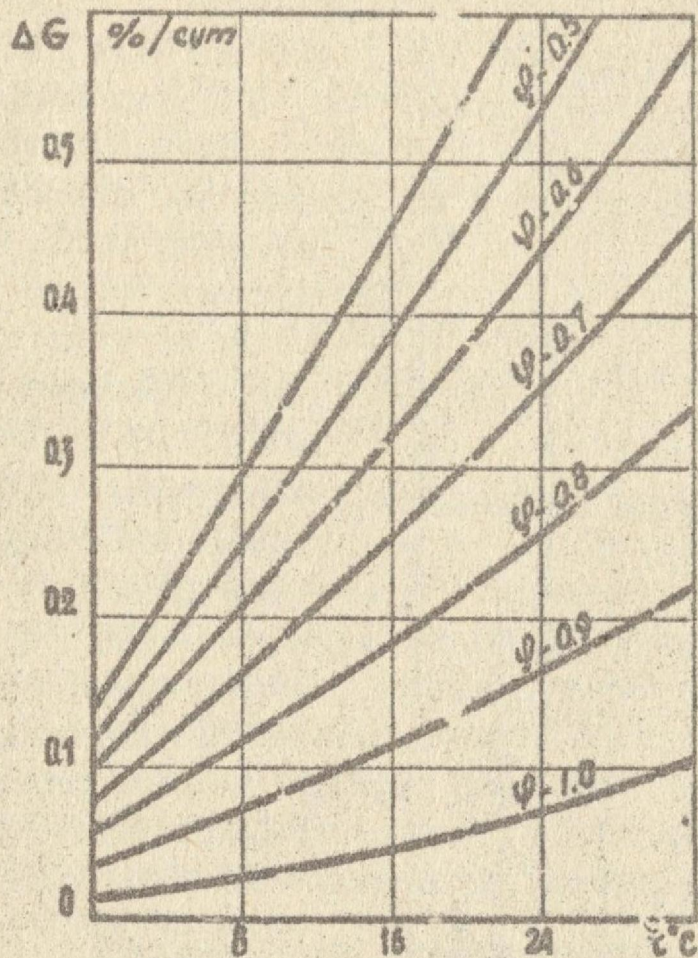


Рис.1.

$$j = (1.07 - \psi) (t^2 \cdot 10^{-2} + 2t + 16.7) \cdot 2.31 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^2 \text{ сек.}$$

Анализ уравнения показывает, что в стационарном режиме влияние  $\psi$  на влагоотдачу плодов соизмеримо с влиянием  $t$ , при этом плоды реагируют не просто на  $t$  или  $\psi$ , а на химический потенциал масс переноса воздуха. Если проанализировать, например, несколько существующих режимов и оценить их с точки зрения оптимального химического потенциала водяного пара воздуха, воспользовавшись известной формулой  $\mu = RT \ln \psi$ , получим:

1.	$t = +3^\circ\text{C}$	$\psi = 0.85$	$\mu = -372,0 \cdot 10^3$ дж/кмоль
2.	$t = 0^\circ\text{C}$	$\psi = 0.90$	$\mu = -239,0 \cdot 10^3$ дж/кмоль
3.	$t = -0,5^\circ\text{C}$	$\psi = 0.93$	$\mu = -165,0 \cdot 10^3$ дж/кмоль
4.	$t = -2^\circ\text{C}$	$\psi = 0.96$	$\mu = -92,3 \cdot 10^3$ дж/кмоль

где четвертый режим является оптимальным, т.к. наибольший обеспечивает наименьшую естественную убыль плодов.

массы калиброванных плодов любой четки есть постоянная величина  $\Gamma = 114 \text{ м}^2/\text{тн.}$  Для сравнения, по данным Эпхюза Б. (Голландия), у картофеля  $\Gamma = 111 \text{ м}^2/\text{тн.}$ , а для яблок, например, нами получена  $\Gamma = 113 \text{ м}^2/\text{тн.}$

Зависимости  $j = f(\psi, T)$  выражаются уравнением, по которому построены кривые естественной убыли плодов [Л.3].

Связь внутреннего и внешнего потоков влаги плодов, как установлено работами Колесника А.А., Жадана В.З., выражается массообменной характеристикой  $\xi_f$ , показывающей эффективную долю поверхности, через которую осуществляется массообмен с воздухом. В отличие от известных способов

мы получили  $\xi_f$  путем сравнения транспирации плодов с испарением воды со свободной поверхности. Такой метод универсален, прост и, следовательно более надежен, а зависимость  $i_{H_2O} = f(\psi, T)$ , которую мы получили также тензиметрическим методом для практических диапазонов  $t$  и  $\psi$  воздуха, может служить своего рода эталоном. Сравнивая с ним аналогичную зависимость плодов, получим  $\xi_f = f(\psi, T)$ , другими словами, найдем удельную сумму поверхностей менисков всех капилляров (рис.2). Анализ

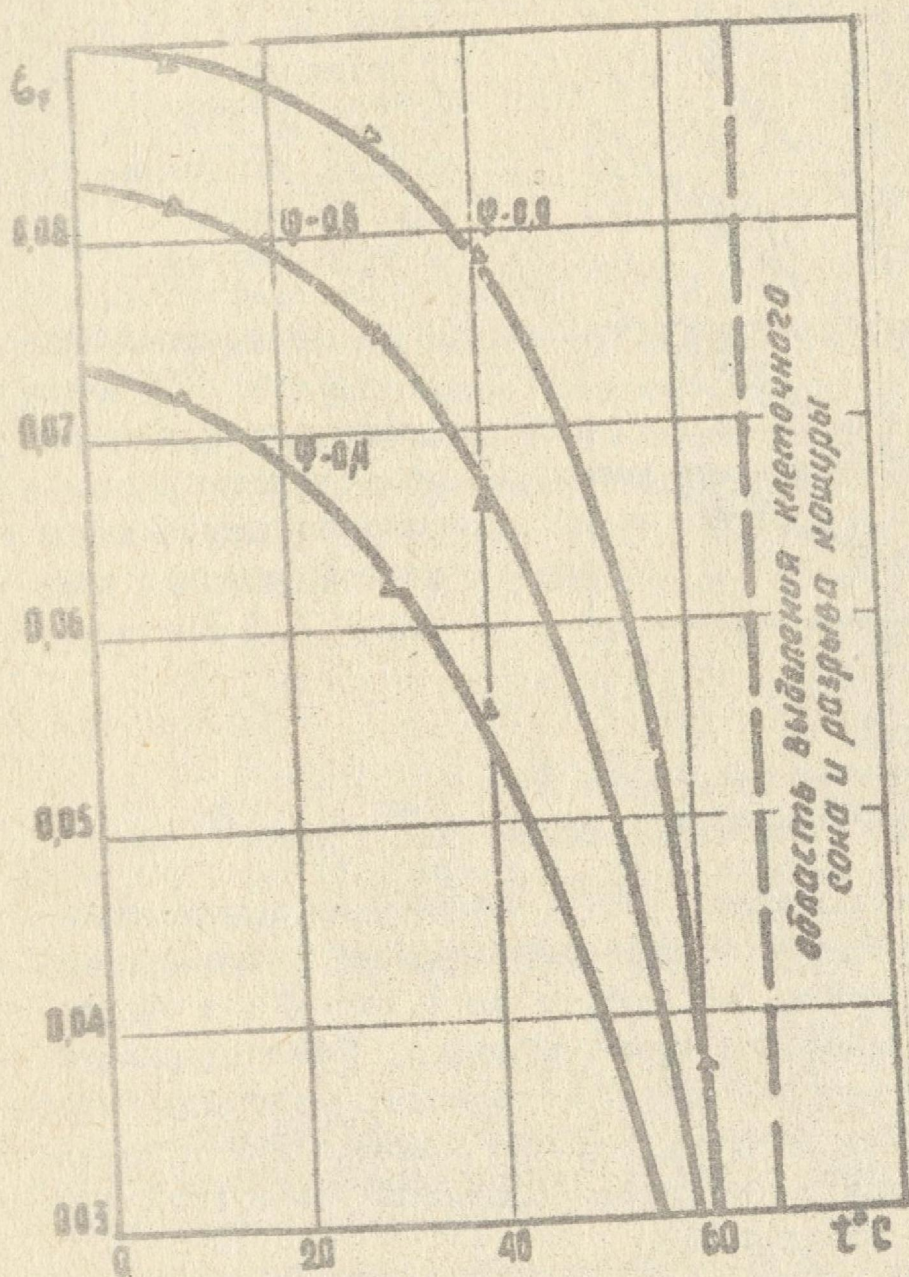


Рис.2.

полученной зависимости приводит к выводу, что в нестационарном режиме охлаждения, эффективная поверхность испарения плодов меняется, т.е. „устыица играют“. По нашему мне-

нию, это является следствием физиологической активности плодов, „реакцией опережения“ изменяющихся условий существования. Независимость величин  $\lambda$ ,  $\tau$ ,  $\epsilon$  от помологических факторов для большого класса цитрусовых плодов открывает весьма перспективные возможности объединять близкие по своим физическим свойствам плоды и овощи в большие группы (например, все цитрусовые и яблоки), упростить расчеты, отказаться от многочисленных действующих нормативов и унифицировать учет убыли сочного растительного сырья при хранении.

Преимущество предлагаемых унифицированных норм естественной убыли  $\Delta G = f(\Psi, T)$  — универсальность.

Выявлено такое важное обстоятельство, как наличие четкого и продолжительного периода постоянной скорости транспирации, что характеризует равномерность во времени физиологической активности цитрусовых плодов в изотермическом режиме. Кривые кинетики десорбции дадут возможность рассчитывать длительность сохранения плодами начального тургора и прогнозировать их лежкость.

Термические коэффициенты определяли методом Г.А.Максимова, основой которого является аналитическое решение задачи на нагревание ограниченного и полуограниченного тел, впервые предложенное А.В.Лыковым. Термические характеристики, как и влажностные, практически одинаковы для всех плодов и зависят лишь от их массы и форм связи влаги с плодами. Зависимости  $\lambda_q = f(I)$  и  $a_q = f(I)$  имеют вид, типичный для коллоидных капиллярнопористых тел, с характерными максимумами и сингулярными точками в местах перехода от одной формы связи влаги — к другой и согласуются с анализом изотерм по методу П.А.Ребиндера [Л.5]. По данным многих исследователей, влияние температуры на термические характеристики плодов и овощей в условиях хранения незначительно и им можно пренебречь. Теплоемкость плодов  $C_q$  имеет прямой и два криволинейных участка. Нижний объясняется невозможностью получить абсолютно сухое вещество, а верхний — отдачей свободной влаги плодами без изменения объема в первые дни после сбора урожая. В этот период плотность плодов также изменяется по криволинейному закону, в то время как  $\lambda_q$  и  $a_q$  на участке  $I = 6,68 - 6,00$  кг/кг остаются постоянными. Другими словами, плоды

начинают изменять свой объем (сжиматься) после уменьшения  $\Psi$  на 10%. Это граница между хорошим и ослабленным тургором.

Время вхождения в регулярный режим свежих целых плодов - менее 4 часов. Критерий  $Bi \ll 1$ , что дает основание пренебрегать температурным перепадом внутри плодов по сравнению с температурным напором и исключать из рассмотрения пространственные координаты. Критерий  $Lu \ll 1$ , что говорит о большой инерционности влажностного поля по сравнению с температурным.

Сравнение полученных нами зависимостей тепловыделений плодов  $Q = f(\Psi, T)$  с литературными данными  $Q = f(T)$  показывает существенное влияние  $\Psi$  на теплоотдачу (рис.3). Кривые сходятся и пересекают ось  $T$  в точке  $-8^{\circ}\text{C}$ , что согласуется с известными положениями В.И.Палладина, А.И.Опарина и Н.А.Максимова о жизнедеятельности растений при низких отрицательных температурах и пер-

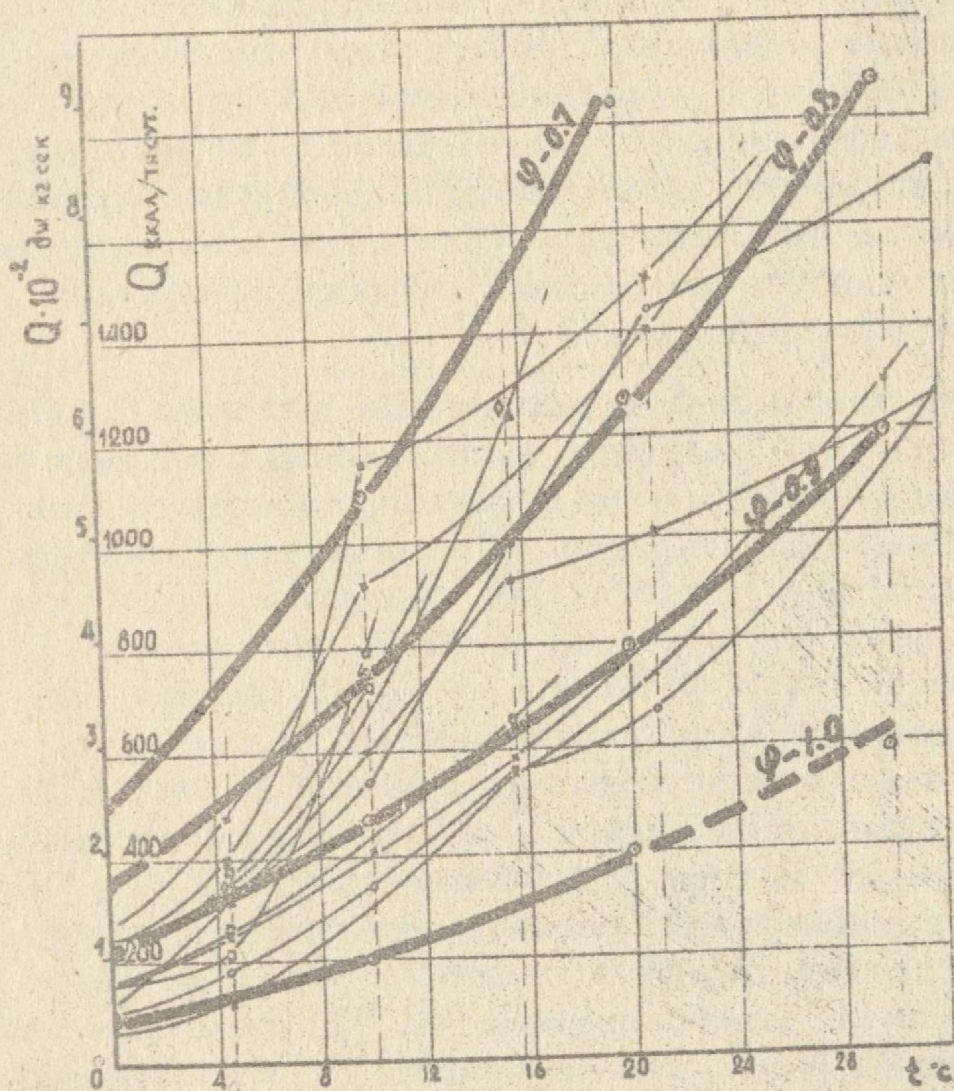


Рис.3.

спективности исследований в этой области, так как решающим фактором при отмирании замороженного растения является не

степень достигнутого охлаждения, а степень обезвоживания за счет образующегося льда. Зависимости тепловыделений имеют важное значение не только с теоретической, но и с практической точки зрения. Они могут быть использованы и коммерческими работниками при распределении расходов по предварительному охлаждению плодов, при выборе типа судна или изоконтейнера и в других случаях, когда расходы определяются мощностью холодильной установки.

Аэродинамический режим течения воздуха и сопротивление слоя плодов определяются числом Рейнольдса и двумя коэффициентами, зависящими от формы плодов, и подчиняются основным законам гидродинамики уравнением Навье-Стокса. Эквивалентную скорость воздуха в каналах рассчитывали на все сечение слоя по объемному расходу воздуха. В работе рассчитана вентиляционная таблица для трюмов рефрижераторных судов типа „Чапаев“ в зависимости от количества работающих вентиляторов, так как фирма-судостроитель таких данных не предоставляет.

Темп охлаждения  $m = 0,057$  1/час, аналогичный для многих плодов и овощей, рассчитывали по формуле Кондратьева Г.М. Расход энергии на охлаждение определяли по уравнению теплового баланса и составляет 30 дж/кг сек, что на 5% меньше, чем приводится в справочной литературе для субтропических плодов.

Для расчета коэффициента влагообмена в слое исследовали влияние скорости воздуха на интенсивность транспирации, в результате чего методом моделирования мы получили зависимости  $\Delta G = f(\psi, T, Re)$ . Наиболее отрицательное (убыточное) влияние скорости воздуха на транспирацию проявляется при  $t > 4^{\circ}\text{C}$ . В области  $4 \div 0^{\circ}\text{C}$  влияние аэрации на усушку становится соизмеримо с влиянием  $T$  и  $\psi$  воздуха. При отрицательных температурах до  $-2^{\circ}\text{C}$  естественная убыль достигает рациональной величины и практически не зависит от интенсивности аэрации. Это явление имеет большое практическое значение, так как позволяет при незначительных потерях намного увеличить темп охлаждения плодов воздухом отрицательных температур (до  $-8^{\circ}\text{C}$ ) и тем самым сократить

их весьма нежелательное пребывание в нестационарном режиме. В нестационарном режиме охлаждения (т.е. в наиболее теплонапряженной и ответственной фазе работы холодильной установки)  $\varphi$  мало влияет на влаговыделение плодов, причем это влияние уменьшается с ростом температурного напора. Высокая начальная температура плодов является основной причиной повышенных потерь, (даже при эффективной теплоизоляции хранилищ).

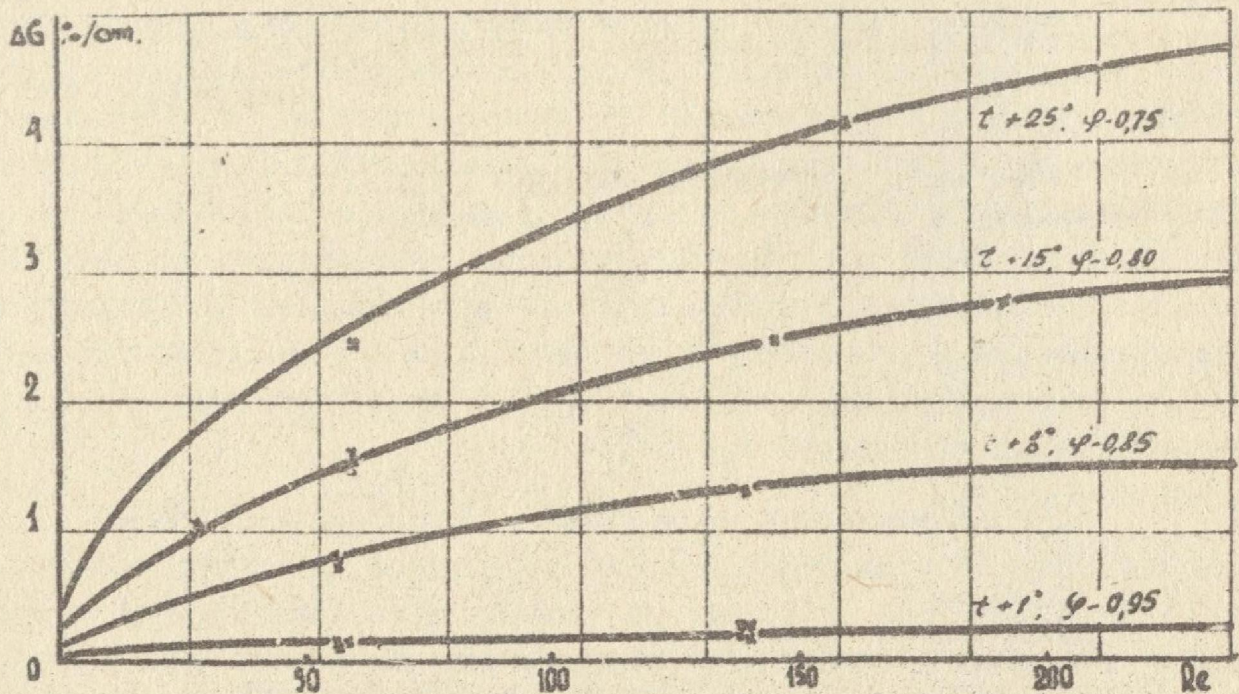


Рис.4.

Коэффициент влагопереноса рассчитывали по закону Фика, а зависимость  $\beta = f(Re)$  имеет аналогичный рис.4 вид и для режима  $T = +1^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 95\%$ ,  $Re = 20-250$  изменяется в пределах  $\beta = (2,5 \div 25,8) \cdot 10^{-6}$  м/сек. Критериальное уравнение интенсивности влагопереноса в слое имеет вид  $Nu_m = (1,3 + 1,35 Re^{0,5}) Gi$  для областей  $Re = 0,01-250$  и  $Gi = (1 \div 35) \cdot 10^{-3}$ . Свободный член зависит от критерия  $Gi$ . Ниже указанных пределов зависимость будет иметь более сложный вид, а минимальный влагоперенос составит, например, при  $T = 0^\circ\text{C}$  и  $\varphi = 1,0$   $Nu_m = 0,65 \cdot 10^{-3}$ . Этот массоперенос вызывается небольшим температурным градиентом в результате процессов дыхания плодов (рис.4).

Полученные закономерности физического взаимодействия плодов с воздухом путем влаго-, тепло- и газообмена позволили выявить и тестетически обосновать рациональный режим транспортировки, обеспечивающий минимум потерь и максимум сохранения плодами своих вкусовых и товарных качеств. Режим представляет собой способ изотермического хранения плодов в охлажденном состоянии при  $t = -0,5 + -2^{\circ}\text{C}$  и повышенной влажности воздуха  $\psi = 93-96\%$ . Работа вентиляторов в режиме рециркуляции обеспечивает быстрое охлаждение - за 10-14 часов и равномерность влаго-, тепло- газового поля массы плодов, а также небольшой градиент температуры по высоте слоя

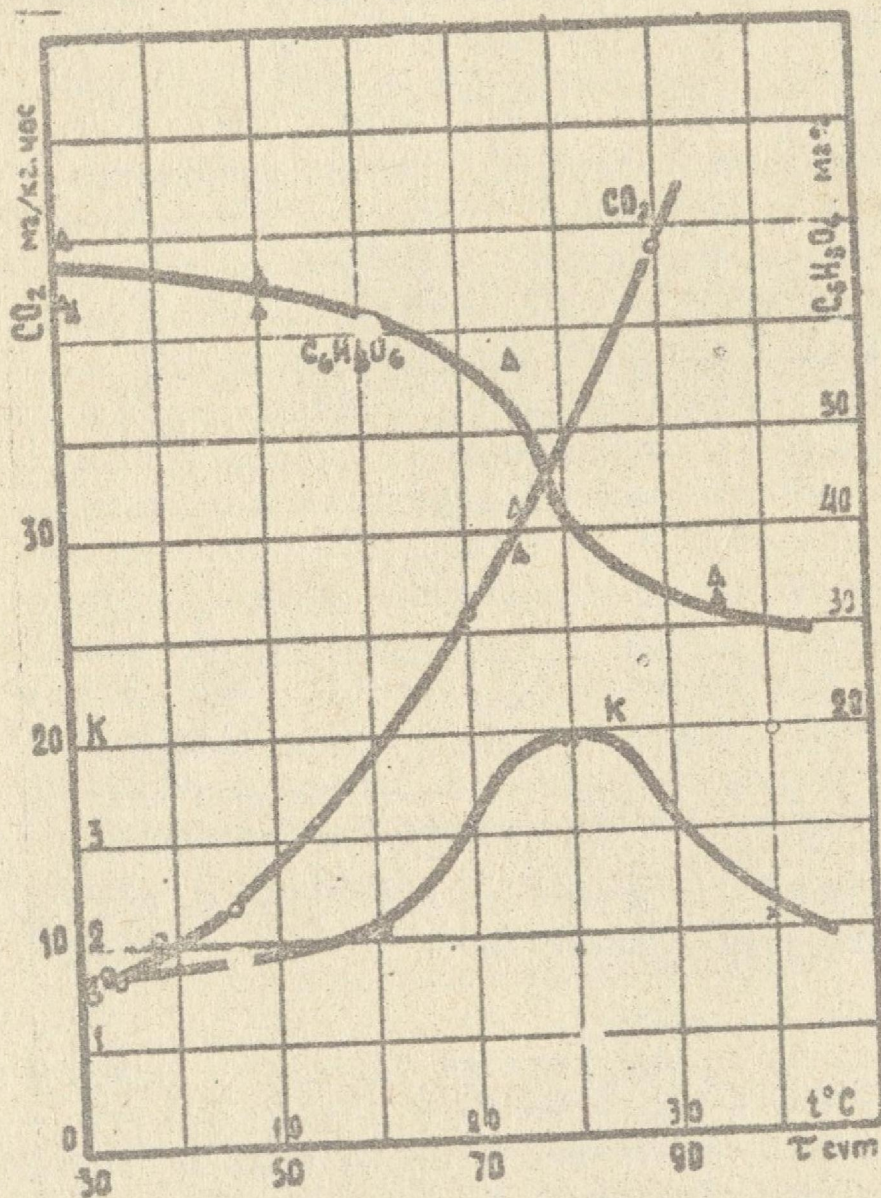


Рис.5.

0,5 град/м. Мощность вентиляторов должна обеспечивать скорость 0,02-0,2 м/сек воздуха в каналах слоя. Существенным преимуществом предлагаемого нами способа является его универсальность (применимость ко всем 20 видам и 200 сортам citrusовых плодов, независимо от сезона и района произрастания). Известные же способы "привязаны" к определенному виду или сорту плодов, а также имеют республиканскую, ведомственную или фирменную применимость. 15

В последнее время в зарубежной печати появились предложения стандартизировать вкус, следовательно и сортность плодов, основываясь на изменении „вкусового индекса“ — сахаро-кислотного коэффициента (по Церевитинову Ф.В.) такие предложения заслуживают внимания, но для этого необходимо знать динамику основных биохимических составляющих плодов в зависимости от времени и условий хранения. На рис.5 изображены полученные нами зависимости сахаро-кислотного коэффициента, витамина С от времени при хранении апельсинов в изотермических условиях  $0^{\circ}\text{C}$ , и  $\text{CO}_2 = f(T)$ . У лимонов зависимости аналогичные, но меньшие по абсолютной величине. Максимум первой показывает момент полной физиологической зрелости (климактерик, по Кидду и Весту) и, следовательно, допустимый срок хранения плодов. При повышении температуры максимум сместится влево (плоды созреют раньше), при понижении — вправо. Арктангенциальная зависимость содержания витамина С от времени согласуется с явлением, установленным Метлицким Л.В., когда при хранении цитрусовых плодов сначала расходуется запасная часть аскорбиновой кислоты, находящаяся в кожуре, а после наступления климактерика — основная часть, содержащаяся в мякоти. Зависимости  $\text{CO}_2 = f(T)$  отличаются от литературных данных несколько большей абсолютной величиной и меньшим температурным коэффициентом  $\gamma = 0,025$ . Это обусловлено тем, что в наших экспериментах применялись более молодые и физиологически здоровые плоды. Приведенные зависимости, аналогичные „графику Раковского А.В.“, служат наглядным проявлением взаимосвязи биохимических и термодинамических процессов, происходящих в плодах, и согласуются с правилом Вант-Гоффа — Аррениуса и принципом Ле-Шателье.

На основе положений Солдатенкова С.В. сделан примерный расчет интенсивности газообмена в камере с плодами.

Рассмотрено влияние охлаждения на поведение микроорганизмов. Выяснено, что в изотермическом режиме вегетативный период гриба *Botrytis cinerea* на несколько суток превышает период сохранения плодам начального тургора. Это приводит к важному выводу: в случае быстрого охлаждения

плодов после сбора и дальнейшей их транспортировки в таком состоянии мы в течение 24 суток будем гарантированы от порчи плодов вообще или иметь минимальный брак — в зависимости от организации сбора урожая и

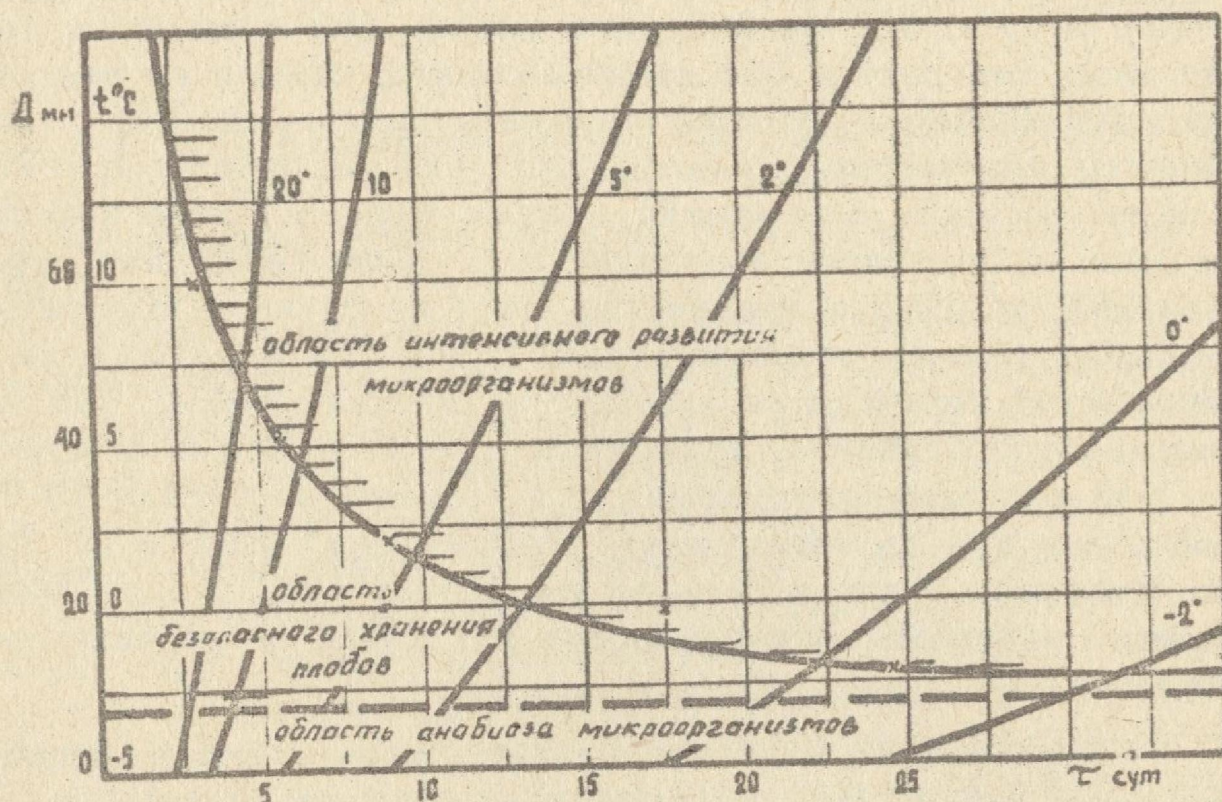


Рис.6.

доставки плодов к холодильникам. По данным Бочаровой З.З. мы построили зависимость вегетативного периода гриба *Botrytis cinerea* от температуры (рис.6) и тем самым обозначили область безопасного хранения плодов. Кривая описывается уравнением:  $\lg T = 2,430 + 0,074/\tau$ . Кроме того, отрицательные температуры  $-1$   $-2^{\circ}\text{C}$  оказывают более эффективное воздействие и на личинки средиземноморской плодовой мухи, которые гибнут в таких условиях через 7-8 суток.

1У

По условиям закупочных контрактов импорт плодов в Советский Союз осуществляется преимущественно иностранными судами, поэтому на.урный эксперимент проводился в Одесском портовом холодильнике в сезоны 1968-71 гг. после

17



морской перевозки. Во время выгрузки иностранные суда неоднократно замерялись температурные поля трюмов. Полученные неупорядоченные данные с четко выраженными застойными зонами показывают, что капитаны иностранных вентилируемых судов, стремясь уменьшить естественную убыль плодов в пути, не вентилируют трюма. Это и понятно: по условиям контрактов они должны сдавать плоды по весу. Отсутствие надлежащего воздухообмена подтверждается также большим количеством „отпотевших“ (по терминологии ВТП), а на самом деле совершенно мокрых ящиков, число которых по данным Одесского отделения В/О „Союзвнештранс“ достигает 20% от общего количества мест на судне. Температурные поля трюмов рефрижераторов стабильны и одномерны, по абсолютной величине не выходят за пределы  $4-6^{\circ}\text{C}$ , что подтверждается судовыми термограммами и записями в журналах (на вентилируемых судах эти пределы достигают  $15-21^{\circ}\text{C}$ ). Застойных зон не обнаружено, „отпотевших“ ящиков не бывает. Выгрузка судов и дальнейшая переработка плодов производятся пакетами, формируемыми в трюмах на деревянных поддонах.

В камере холодильника пакеты укладывали в штабели размером  $4 \times 6 \times 2,7$  м с проходами между ними  $0,3-0,5$  м для доступа воздуха и установки приборов. Выверенные недельные термографы и гигрографы устанавливали с расчетом регистрации температуры и влажности воздуха по высоте и площади камеры, после чего камеру закрывали и включали вентиляторы воздухоохладителя. Через 10 часов плоды практически охлаждаются до  $0^{\circ}\text{C}$ . Работа вентиляторов в режиме рециркуляции обеспечивает равномерность газо-, термо-влажностного поля камеры и температуру плодов  $-0,5 - 2^{\circ}\text{C}$  сверху и внизу штабеля соответственно. В штабели закладывали биологические пробы — плоды с личинками средиземноморской плодовой мухи. Через 16 суток (согласно действующей инструкции) плоды допускались к вывозу вглубь страны. При отгрузке на железную дорогу начальников мехсекций предупреждали о необходимости поддерживать в пути нулевую температуру. Процент брака после такой железнодорожной перевозки не увеличивался, а в отдельных случаях был ниже ве-

личины, определенной представителями ВТП до закладки плодов в холодильник (при экспертизе проверяется только каждый 25-й ящик партии). Естественная убыль составляла 0,02-0,04 %/сут. Выпуск каждой партии плодов оформляли актом с участием представителей холодильника, погранпункта по карантину растений и автора.

В процессе эксперимента было выяснено также изменение веса тары, при этом вес "отпотевших" ящиков за время рефрижерации уменьшался на 35-45%, а "сухих" - на 10-15%.

Произведенные расчеты подтверждают необходимость тщательного учета весов тары и плодов. При существующем же порядке приема-сдачи вес тары, определенный вначале и е д и н о ж д ы представителями ВТП, почему-то считается постоянным на всех участках пути, что открывает возможности для различных злоупотреблений при реализации плодов.

Как известно, качественная сторона продукции транспорта характеризуется сроками доставки грузов, их сохранностью и народнохозяйственными затратами. Одним из резервов уменьшения транспортных издержек и роста производительности труда являются нормы естественной убыли цитрусовых плодов. Использование предлагаемых нами унифицированных норм позволит народному хозяйству реализовать дополнительно значительные денежные суммы как за счет применения более жестких режимов транспортировки, так и за счет более точного учета фактической убыли плодов.

Анализ затрат при морской перевозке на условиях ФОб показывает, что себестоимость перевозки 1 тонны плодов судами с принудительной вентиляцией на 54% ниже, чем на рефрижераторах, но затраты при этом у первых почти в 5 раз выше. Кроме того, использование нового режима позволит совмещать стационарный карантин с морской или железнодорожной перевозкой. Изменение коммерческих условий закупки плодов СИФ на ФОб позволяет ликвидировать объективное противоречие интересов отдельного ведомства (пароходства) - интересам народного хозяйства в целом, когда по условиям СИФ пароходству выгоднее использовать как раз неспециализированные и более дешевые в эксплуатации суда и не нести ответственность за повышение потери плодов в пути. На схемах изображены существующий и предлагаемый транспортные процессы.

СУЩЕСТВУЮЩАЯ СХЕМА ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА ЦИТРУСОВЫХ ПЛОДОВ

(например, с о-ва Сицилия до гор. Москвы на условиях ФОБ)  
 Погрузка Морская пере- Карантин Жел/дор. Вьг -  
 в инпорту возка вентилир. Пере - на холод. Пере- перевоз. рузка Итого  
 судном валка предпр. валка мехсекц.

Продолжит. в									
сутки	5	6 - 10	3	16 - 24	3	3	3	3	40-51
Режим (темпер.)	+20°C	+20 +6	+2 -2	-1 +1,5	-	+6	+9		осенне-
(влажн.)	70-80%	80 - 100	80-90	85-93	-	80-90			зимний
Потери: ест.убыль	-	0,6 - 1%	не учитыв.	3-4,5	-	2-3			1
порча	-	2 - 7	не учитывается			10			по факт.
прочие			не учитываются						2-3
Итого потеря		3 - 8%	1	3-4,5	-	2-13			3-4 12-30
Себестоимость									
переработки									
1 тонны	9 руб.		3	6	3	21			3 45 руб.
Затраты на 1 тону	42-110 руб.		14	42-63		28-180			42-56 170-420

П р и м е ч а н и я : Карантин (рефрижерация) часто проводится и после железнодо-  
 рожной перевозки. Практически из-за неравномерной подачи мех-  
 секций, судов и других организационных и метеорологических  
 причин общий транспортный процесс достигает 70 суток.  
 Большая естественная убыль в карантине получается за счет  
 быстрого охлаждения "горячих" плодов (за 12-14 часов). При  
 существующих условиях закупок СИФ эти потери должны отно-  
 ситься на поставщиков.

ПРЕДЛАГАЕМАЯ СХЕМА ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА

Погрузка	Морская перевоз-	Жел/дор. пере-	
в инопорту	ка рефрижерат.	перевалка	Выгруз-
	судном	возка мехсек.	Итого
			ка

Продолжитель -  
ность в сутках 5 3-5 3 3 17-19 сут.  
Р е ж и м В процессе погрузки плоды охлаждаются и тр. экспортируются при по -  
стоянном режиме:

$$T = -1 \quad -2^{\circ}\text{C} \quad \text{и} \quad \psi = 93-96\%$$

Потери: ест. убыль 2-3 0,2 не учитывает. 0,2 не учитыв.  
порча 0,5-1% Процент порчи заявляется поставщиком 1-1,5  
прочие Учитываются при последней выгрузке 1

Итого потерь	2,5-4%	0,2	2-2,5%	5-7%
Себестоимость				
переработки				
1 тонны	14 руб.	3	21	3 41 руб.
Затраты на 1 тонну	22		28	28-35 70-100 руб.

П р и м е ч а н и е . Потери (2,5-4%) и расходы по предварительному охлаждению во время погрузки могут быть по договоренности поделены между поставщиком и получателем или полностью отнесены на поставщика.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Листопад А.Я. Перевозка цитрусовых плодов морем. Информационный сборник ЦНИИМФ. М., 1969. № 5 (222).
2. Гришин М.А., Листопад А.Я. Определение теплофизических характеристик и равновесного влагосодержания цитрусовых плодов. Тезисы докладов Всесоюзной конференции ОТИПХП, Одесса, 1969.
3. Гришин М.А., Листопад А.Я. Условия оптимального хранения цитрусовых плодов. Известия ВУЗов, „Пищевая технология“, № 2, 21, 1971.
4. Гришин М.А., Листопад А.Я. Коэффициенты массопереноса цитрусовых плодов. ИФЖ, т.ХХ, № 3, 1971.
5. Листопад А.Я., Гришин М.А. Коэффициенты теплопереноса цитрусовых плодов. ИФЖ, т.ХХIII, № 1, 1972.

---

Подписано к печати 23.10.72г. 1,16. Объем 1,5 Уч.-изд.л. 1,5  
Бумага газетная № 1 Зак. № 715 Тираж 100 экз. Для служеб-  
ного пользования .

---

Лаборатория фотомеханической печати ОТИПП  
имени М.В.Ломоносова, г.Одесса, ул.Свердлова, 112