

Автореферат
У-18

ОДЕССКИЙ ИНСТИТУТ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ

к.т.н., проф. ЧАН ДЫК БА

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ
И ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СРВ

Специальность: - 05.04.03. Машины и аппараты холодильной
и криогенной техники и систем кондицио-
нирования.
- 05.18.12. Процессы, машины и агрегаты
пищевой промышленности.

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени доктора
технических наук в форме научного доклада.

xv 1028

Институт холода
ОНАХТ
Бібліотека

ОДЕССА - 1991

Работа выполнена в Одесском институте низкотемпературной техники и энергетики и в Политехническом институте города ХОШИМИН.

Научный консультант: Заслуженный деятель науки УССР, академик Академии технологической кибернетики Украины,
ЧУМАК Игорь Григорьевич

Официальные оппоненты:
-ЧЕПУРЕНКО Виктор Павлович - Заслуженный деятель науки и техники УССР, доктор технических наук, профессор ОИНТИЭ;

-ЗАГОРУЙКО Василий Анисимович - доктор технических наук, профессор Одесского института морского флота;

-КОЗЬМИНЫХ Анатолий Васильевич - доктор технических наук, профессор Одесской государственной морской академии.

Ведущая организация: Всесоюзное научно-производственное объединение консервной и овощесушильной промышленности.

Защита состоится " " декабря 1991г. в часов на заседании Специализированного совета Д.068.27.01 при ОИНТИЭ по адресу: 270057 , г.Одесса, ул. Петра Великого, 1/3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан " " ноября 1991г.

Р.К. НИКУЛЬШИН

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Реорганизация экономики Социалистической республики Вьетнам способствует быстрому подъему сельскохозяйственного производства, в результате которого экспорт морской и речной продукции уже достиг 200 млн.долларов, а экспорт плодов и овощей - 70 млн.долларов. В 1990 году объем производства плодово-овощной продукции превысил 3 млн.тонн.

Однако, эти достижения оказались предельными для существующего уровня производительности холодильной и перерабатывающей промышленности СРВ. Дальнейший рост сельскохозяйственного производства, не сопровождаемый увеличением холодильных ёмкостей и перерабатывающей базы, может привести к резкому увеличению потерь и повышению себестоимости товарной продукции. Основной причиной, сдерживающей строительство новых перерабатывающих предприятий и холодильников, является недостаточное развитие энергетики.

В настоящее время общее годовое потребление электроэнергии в СРВ составляет около 8500 млн.кВт.ч, в том числе 640 млн.кВт.ч в сельском хозяйстве. Всего 10,2 кВт.ч электроэнергии производится для сельского хозяйства на душу население в год. Очевидно, что при таком энергетическом потенциале развитие холодильных и перерабатывающих мощностей сталкивается с непреодолимыми трудностями.

Прямое наращивание энергетических мощностей требует огромных капитальных затрат и связано с решением сложнейших экономических, экологических, транспортных и других проблем. Но пока эти проблемы не решены происходит отставание пищевых отраслей от потребностей экспорта и внутреннего рынка. Это вызывает необходимость, наряду с традиционной энергетикой, разрабатывать и внедрять альтернативные методы энергообеспечения и развития хо-

лодильной и перерабатывающей отраслей страны.

Актуальность настоящей диссертационной работы определялась необходимостью дальнейшего развития перерабатывающей и холодильной отраслей (ПХО) в условиях дефицита мощностей традиционной энергетики.

Основная концепция этого развития, предложенная автором, содержит следующие положения:

- зависимость развития перерабатывающей и холодильной отраслей от традиционной энергетики может быть в значительной степени уменьшена в результате осуществления комплексной программы энергосбережения и экологической защиты;
- программы энергосбережения и экологической защиты должны включать задания, направленные на прямую экономию энергии, разработку и внедрение малоэнергоемких технологий и конструкций в холодильной промышленности, использование вторичных энергетических ресурсов и развитие возобновляемых источников энергии;
- научной основой программ энергосбережения и экологической защиты в перерабатывающей и холодильной отрасли должны стать результаты исследований особенностей социальной структуры СРВ и национальных традиций питания, особенностей климата и возможностей использования местных ресурсов, биохимических и теплофизических свойств тропических плодов, овощей и морепродуктов, условий теплового и энергетического баланса традиционных и прогрессивных конструкций холодильников в тропическом поясе, реальных характеристик материального и энергетического баланса осуществляемых процессов холодильной технологии, возможностей увеличения экспорта путем включения в ассортимент новых ценных тропических продуктов с малоэнергоемкими технологиями.

Работа выполнена в соответствии с Программой энергосбережения Международного агентства по энергии ООН, Продовольственной

программой СРВ и Программой СРВ производства продукции на экспорт, принятым на VI съезде КПВ в декабре 1986 года.

Цель работы. Разработка научных основ проектирования малоэнергоемких предприятий холодильной промышленности для тропических условий СРВ, создание конструкций и технологических схем, внедрение которых имеет важное значение для народнохозяйственных программ энергосбережения и экологической защиты.

Научная новизна работы. Развито новое направление в научных основах проектирования и эксплуатации предприятий холодильной промышленности, предназначенных для тропических условий - энергосбережение и экологическая защита в процессах холодильной обработки и хранение пищевых продуктов.

Впервые установлены основные закономерности влияния климатических условий СРВ на процессы холодильной технологии и определены теплофизические свойства видов морской и сельскохозяйственной продукции, подвергаемой в СРВ холодильной обработке с целью последующего экспорта. Изучена зависимость величины потребления энергии от конструктивных особенностей охлаждающих систем и зданий предприятий холодильной промышленности и предложены варианты конструкций, учитывающие климатические особенности СРВ.

Впервые сформулированы научные основы организации непрерывной холодильной цепи СРВ на основе единой концепции, учитывающей географические и климатические особенности тропического пояса, помологические особенности местных плодов и овощей, биохимические и теплофизические свойства морепродуктов, национальные традиции питания и особенности сложившейся структуры пищевой и холодильной отрасли, реальные возможности энергосбережения на основе использования вторичных энергетических ресурсов, возобновляемых

источников энергии и малоэнергоемких технологий.

Впервые исследована возможность использования возобновляемых источников энергии на предприятиях холодильной промышленности СРВ, разработаны расчетные методики и рекомендации по их внедрению.

Практическая значимость и реализация результатов работы.

Разработаны и внедрены:

- новые проектные решения охлаждающих систем и строительных конструкций на холодильниках в Хайфоне, Ханое, Донае и Хошимине;

- проектные решения холодильников с использованием традиционных местных строительных и изоляционных материалов в Донае, Хайфоне и Ханое;

- новый ассортимент ценных продуктов для замораживания и охлаждения с целью поставки на экспорт, отличающихся меньшими энергозатратами при холодильной обработке;

- принципиально новая технология холодильной обработки плодов и овощей на холодильниках хладокомбинатов в провинциях Тиен Зан, Хау Зан, Кен Зан, Донг Зиа и др.;

- рекомендации по утилизации отходов производства замороженных бананов и ананасов с целью получения биогаза;

- программа энергосбережения в холодильной и перерабатывающей промышленности СРВ.

Новизна разработок подтверждена 5 авторскими свидетельствами.

Материалы диссертации вошли в разделы монографии, учебников и справочников.

Экономический эффект от внедрения результатов исследований составил 530 млн. донгов.

Апробация работы. Результаты работы докладывались на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава Ханойского политехнического института /Ханой, 1968, 1971, 1973г.г./, XXVIII и XXIX научных конференциях ОТИХП/Одесса, 1969, 1970 г.г./, I, II, III, IV и V научных конференциях политехнического института в г.Хошимин / 1978, 1980, 1982, 1985, 1990 г.г./, XVII Международном конгрессе по холоду в Австрии / Вена, 1987 г./, форуме "Технология и качество пищевых продуктов" /Хошимин, 1989 г./, съезде Вьетнамской Ассоциации химиков / Хошимин, 1991 г./, съезде Вьетнамской Ассоциации предприятий по холодильной обработке продуктов моря / Хошимин, 1991 г./ и др.

Публикации. По теме диссертации опубликованы 1 монография, 8 книг, 59 статей, 14 тезисов докладов и получено 5 авторских свидетельств (2 в СССР и 3 в СРВ).

Автор защищает:

- концепцию развития холодильной технологии и техники для замораживания, охлаждения и хранения ценных тропических плодов и морепродуктов в СРВ;
- механизм воздействия географических, климатических и экологических условий СРВ на проведение нормализованных холодильных технологий;
- экспериментальную информацию о теплофизических свойствах тропических плодов и морепродуктов;
- механизм процессов в трехслойной теплоизолированной панели "сэндвич" в условиях эксплуатации СРВ;

- механизм процессов в предложенной конструкции термического вентилятора воздушного конденсатора;
- механизм процессов в предложенной конструкции гравитационной охлаждающей системы камеры для хранения растительного сырья;
- технологию замораживания кокосовых орехов;
- технологию замораживания ананасов;
- разработку и применение охлаждающих систем, строительных конструкций холодильников, систем вентиляции крыш, изоляционных конструкций, абсорбционно-эжекторных и компрессионно-эжекторных установок.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

I. Особенности климатических условий СРВ. Населенная и обрабатываемая часть территории СРВ расположена в северном тропическом поясе в дельтах рек Хонгха и Меконг, протекающих в узкой прибрежной полосе Южно-Китайского моря, и занимает менее 15% общей площади страны. Остальная часть территории занята горами высотой до 3000м. Много небольших рек. Южно-Китайское море и близость экватора обуславливают муссонный и тропический характер климата, а холодные вершины гор и испарения множества рек способствуют практически постоянному насыщению и перенасыщению воздуха влагой. При этом средние температуры изменяются мало: на юге - от 26°C в декабре до 29°C в апреле, на севере - от 15°C в январе до 29°C в июле. Количество осадков составляет до 3000 мм в год. Постоянство повышенных температур и высокое влагосодержание воздуха являются наиболее характерными чертами климата на всей территории СРВ.

Указанные климатические и географические особенности приводят к практически постоянному существованию туманной дымки.

Результаты исследований процессов образования пересыщенного пара и тумана, выполненных автором, совпадают с данными *William E. T* (США), *Wakeshima E. T* (Япония), *Corneg G* (Англия) /1,2,3/ и др., и позволяют объяснить это явление в СРВ особым сочетанием геофизических условий. Обычно к образованию пересыщенного пара и тумана приводит адиабатическое расширение газовой смеси и ее лучеиспускание. Адиабатический процесс расширения воздуха происходит при его подъеме в верхние более холодные слои. По мере подъема воздуха пересыщение пара растет, и поскольку в атмосферном воздухе имеются гигроскопические ядра конденсации - образуются кап-

ли тумана. В то же время водяные пары обладают значительной излучательной способностью, и так как они граничат со средой, имеющей более низкую температуру (горы), то за счет лучеиспускания температура газовой смеси снижается. Так как давление пара при этом не меняется - его пересыщение увеличивается. По данным исследований Прибрама (ЧССР), Вильсона и Пауэла (США) и других для начала конденсации паров воды на легких ионах в воздухе с начальной температурой 293 К требуется пересыщение $\delta = 3,7-6,0$. Причиной такого пересыщения в СРВ является внешний поток влаги, приходящий с постоянными муссонами. Эта же причина объясняет возникновение пересыщения в приземных слоях атмосферы и над поверхностью воды в прибрежной полосе. В результате все технологические процессы, осуществляемые в СРВ в некондиционируемых помещениях, протекают при повышенном влагосодержании воздуха. В таких условиях возникновения небольших ($1-3^{\circ}\text{C}$) разностей температур приводит к образованию конденсата на различных поверхностях, что в свою очередь при высоких температурах воздуха и высокой степени микробной зараженности окружающей среды создает благоприятные условия для развития очагов плесени и микробного поражения.

Более того, в отличие от условий других стран, при пересыщении совершенно реальным является перенос микробного заражения и спор плесени конденсационными аэрозолями.

Не менее важным является то, что по сравнению с условиями других стран процентное содержание основных газов в воздухе (азот, кислород) уменьшено на 2-5% в связи с повышенным влагосодержанием и пересыщением водяных паров в воздухе.

Это подтверждается исследованиями автора в Ханойском политехническом институте и совпадает с данными П.Н.Тверского и Л.Т. Матвеева (СССР).

Значительное содержание водяных паров в атмосфере оказывает

существенное влияние на ослабление прямой солнечной радиации, которая в тропических широтах является важной составляющей в общем тепловом балансе холодильных сооружений.

Автором установлено, что при увеличении упругости водяного пара в 3-4 раза, величина показаний биметаллического актинометра, полученных при измерениях в Ханое, уменьшаются на 30-35%.

Это приводит к тому, что при одинаковых высотах солнца плотность прямого радиационного потока в СРВ не превышает плотность прямой солнечной радиации, измеренную в более северных широтах.

Однако, в тропических условиях Вьетнама солнце стоит высоко над горизонтом и в зените значительно большую часть дня, чем в северных широтах, в результате чего проходимый лучами путь оказывается меньше, а энергетическая экспозиция прямой солнечной радиации намного больше. При этом наибольшая часть прямой солнечной радиации приходится к поверхностям горизонтальной ориентации.

Таким образом, проведенные исследования показали, что основными климатическими особенностями, оказывающими влияние на процессы и объекты холодильной технологии, являются постоянство высокого температурного уровня, пересыщение воздуха водяными парами, относительно пониженное содержание кислорода в воздухе и преобладающая величина вертикальной составляющей прямой солнечной радиации на протяжении светового дня.

2. Исследование свойств тропических плодов и овощей. При разработке методов холодильной технологии основное внимание было уделено сельскохозяйственной продукции, предназначенной для экспорта. В перечень видов этой продукции вошли ананасы,

бананы, кокосовые орехи, манго, авокадо и др.

Химический состав этих видов плодов вьетнамского происхождения был достаточно полно исследован Нгуен Ван Тхоа, Фан Конг Тханем и Дан Тхи Чук (СРВ). Сопоставление химического состава этих видов плодов, выращиваемых в разных странах, было выполнено А.Ф.Наместниковым (СССР). На основе этого сопоставления можно сделать вывод о том, что плоды вьетнамского происхождения содержат больше клетчатки и отличаются высоким содержанием витаминов.

В данной работе тропические плоды рассмотрены как объекты холодильной технологии, в связи с чем автор уделил основное внимание их термодинамическим и теплофизическим свойствам.

Исследования проводились в СРВ совместно с сотрудниками кафедры холодильных установок ОИНТиЭ Лихницким С.Г.

В процессе исследований были определены температуры заморзания, теплоемкость выше и ниже температуры заморзания, скрытая теплота заморзания, температуропроводность и теплопроводность. Измерение температур осуществлялось медно-константановыми термопарами с точностью $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Плотность определялась с погрешностью $1,5\pm 2\%$ путем предварительного определения объема и взвешивания.

Теплоемкость и скрытая теплота заморзания определяли с точностью до $5-7\%$ калориметрическим методом.

Температуропроводность определялась по двум точкам методом регулярного режима в ультратермостате с погрешностью $3-5\%$.

Теплопроводность определялась на основе предварительных измерений теплоемкости и температуропроводности расчетным путем с точностью до $5-7\%$.

Для бананов и апельсинов была определена теплота дыхания.

Отдельные результаты выполненных исследований приведены в табл. I и на рис. I.

Теплофизические свойства плодов

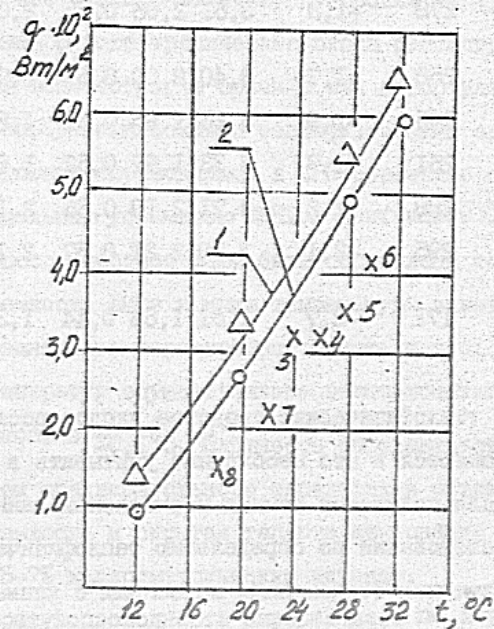
Таблица I

Наименование плодов	r , кДж/кг	$t_{кр}$, $^{\circ}\text{C}$	G ,		λ ,		$a \cdot 10^7 \text{ м}^2/\text{с}$	
			кДж/(кгК)		Вт/(м·К)			
			$t > t_{кр}$	$t < t_{кр}$	$t > t_{кр}$	$t < t_{кр}$	$t > t_{кр}$	$t < t_{кр}$
Ананасы								
Сорт Виктория	291	-1,2	3,74	2,11	0,56	2,16	2,1	14,2
Сорт Келью	278	-1,3	3,61	2,06	0,55	2,06	2,24	10,2
Бананы								
Сорт Кавендиш	258	-1,7	3,40	2,00	0,53	1,94	2,23	17,6
Сорт Пуван (местный)	245	-1,9	3,26	1,95	0,52	1,85	3,00	17,9
Сорт Бон (местный)	251	-1,7	3,33	1,97	0,52	1,89	3,09	18,9
Манго (местный)	288	-2,2	3,71	2,19	0,56	2,13	2,60	16,7
Папайя (местный)	295	-2,1	3,78	2,21	0,57	2,18	2,39	15,6
Сорт Авокадо (местный)	171	-2,7	2,51	1,64	0,44	1,37	3,08	14,6

Очевидно, что теплофизические свойства плодов после заморозки значительно изменяются и это необходимо учитывать в инженерных расчетах. Однако, для получения точных нормативных данных необходимо продолжить исследование по определению теплофизических свойств плодов с целью исключения отклонений, связанных с климатическими флуктуациями.

На рис. I видно, что в условиях пересыщения $S = 2+4$ интенсивность дыхания созревающих бананов опускается ниже интенсивности дыхания зеленых плодов при тех же температурах. Эти данные хорошо согласуются с результатами А.А.Колесника (СССР) и подтверждают предположения Р.Ульрича (Канада), сделанные еще в 1950 году.

Рис. I Изменение тепла дыхания бананов Кавендиш



1, 2 - изменение тепла дыхания зрелых и зеленых бананов при $\phi = 80 \pm 95\%$

3, 4, 5, 6, 7, 8 - Тепло дыхания зрелых бананов при пересыщении $S = 2 \pm 4$

3. Исследования теплофизических свойств океанических рыбопродуктов. Значительное количество видов рыбопродуктов, добываемых в СРВ, отличается высокими вкусовыми качествами и калорийностью.

Однако, зарубежному потребителю они до настоящего времени практически неизвестны, а теплофизические свойства и химический состав мало изучены.

Для внедрения этой продукции в промышленное производство и экспортный оборот впервые были определены теплофизические свойства некоторых из наиболее массово добываемых видов.

Определенные исследования приведены в табл. 2.

Теплофизические свойства морских продуктов

Наименование продукта	Криоск. температура, °C	Теплота замерз., кДж/кг	Таблица 2					
			C, кДж/(кгК)		λ, Вт/(мК)		α · 10 ⁷ м ² /с	
			t > t _{кр}	t < t _{кр}	t > t _{кр}	t < t _{кр}	t > t _{кр}	t < t _{кр}
Диа (<i>Hizudo medicinalis</i> L.)	-1,9	66,5	3,61	2,10	0,56	2,10	1,57	10,1
Нгеу (Clam)	-1,1	58,2	3,26	1,90	0,50	1,85	2,09	12,87
Шовет (Oyster)	-1,7	61,0	3,37	2,00	0,53	1,95	1,92	11,82
Устрицы (Arg shell)	-2,2	64,2	3,5	2,05	0,54	2,00	1,71	10,63
Омары	-1,8	60,5	3,37	1,95	0,53	1,92	2,53	15,56
Пиявки	-2,5	68,0	3,67	2,20	0,56	2,11	1,45	9,13

4. Особенности эксплуатации промышленных холодильников различной конструкции в условиях тропиков. На протяжении последних 10 лет под руководством автора и при его участии было проведено

обследование более ста холодильников вместимостью от 50 до 4000 т на территории СРВ. Для этих холодильников были определены отчетная кратность грузооборота, предельно-допустимая кратность грузооборота, коэффициент рабочего времени холодильника, показатель энерговооруженности, коэффициент использования мощности холодильного оборудования, выработка холода на тонну товарной продукции и приведенные затраты, связанные с использованием искусственного холода.

Эти данные и полученная информация о конструктивных особенностях холодильников позволили выделить основные типы конструкций и провести их классификацию по критериям энергоемкости и экологической чистоты, а также определить степень их физического износа.

Как правило, конструкции холодильников, выстроенных в СРВ на протяжении последних 20 лет, можно отнести к разряду прогрессивных. Эти холодильники поставлены и смонтированы фирмами Японии (DAIICHA, MITSUBISHI), Австралии (INDEPENDENT SEAFOODS AUSTRALIA), ФРГ (HANZA, BOCK), Нидерландов (SABROE) и предназначены, в основном, для замораживания и хранения замороженных морских продуктов и тропических плодов с целью последующего экспорта.

Они выполнены в виде сборных одноэтажных каркасных конструкций с навесными охлаждениями из трехслойных теплоизолированных панелей "сэндвич". Крепление панелей в конструкциях различных фирм выполняется изнутри либо снаружи каркаса. Предусмотрены различные варианты защиты потолочных панелей от прямой солнечной радиации с помощью вентилируемых и невентилируемых крыш и навесов. Важной особенностью проектных решений всех обследованных холодильников является конструкция пола идентичная конструкции междуэтажных перекрытий, выполненная в виде теплоизолированной платформы,

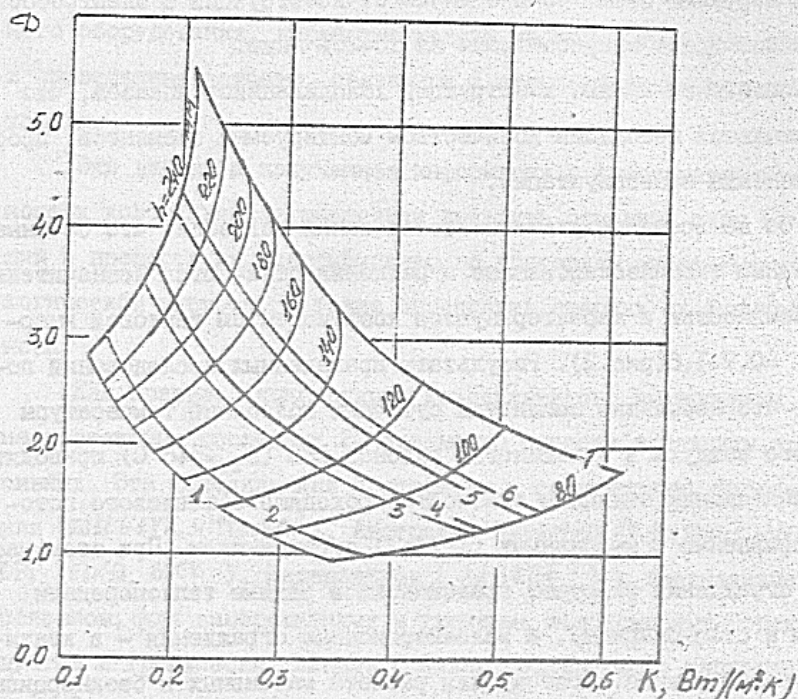
приподнятой над поверхностью грунта на 0,8+1,2 м. В условиях постоянства высоких температур наружного воздуха вентилируемая воздушная прослойка надежно предохраняет грунт от промерзания. Для таких конструкций теплопритоки через полы рассчитываются так же как для наружных стен, но в отличие от конструкций с электрообогревом полов здесь энергозатраты на 15+20% ниже.

Выполненный анализ конструкций холодильников показал, что они отличаются небольшим количеством монтируемых элементов, простотой монтажа и эксплуатации.

В то же время результаты исследований показали, что сборные трехслойные теплоизолированные ограждения отличаются незначительной массивностью и характеризуются коэффициентом тепловой инерции $D = 0,9+1,6$ (рис.2). Результаты проведенных исследований показали, что небольшие амплитуды суточных колебаний температуры наружного воздуха в большинстве районов СРВ ($A_t = 5+6^{\circ}\text{C}$) приводят к незначительным отличиям плотности проходящего теплового потока по сравнению с массивными ($D = 4+7$) ограждениями. При этом массивные ограждения работают практически в режиме теплопередачи близком к стационарному, а малоинерционные ограждения - в квазистационарном режиме. Поэтому для расчета массивных и безинерционных ограждений определяющими являются в основном сезонные изменения температуры наружного воздуха.

Установлено, что в легких ограждениях, подвергаемых прямому воздействию солнечной радиации, плотность проходящего теплового потока в 1,2-1,8 раза выше, чем в традиционных массивных ограждениях с таким же термическим сопротивлением. Более длительные наблюдения за эксплуатацией панелей "сэндвич", подвергаемых прямому солнечному воздействию, показали, что в климатических условиях СРВ происходит довольно быстрое разрушение герметич-

Рис.2. Изменение теплозащитных характеристик панелей в зависимости от толщины панелей и вида материалов



Тип панели	$C, \text{Клж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$	$\lambda, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$	$\rho, \text{кг}/\text{м}^3$
1 - ППУ-40	1470	0,029	40
3 - ППУ-80	1470	0,041	80
5 - ПХВ-125	1260	0,038	125
7 - ППУ-280	1400	0,052	280
(с добавкой жидкого стекла)			
2 - ППС-40	1340	0,038	40
4 - ППС-100	1340	0,041	100
6 - ППС-150	1340	0,050	150

ных швов в стыках панелей, отслаивание обшивок от изоляционного слоя и увеличение коэффициента теплопроводности изоляции. То есть происходит не только прямое возрастание проходящего теплового потока, связанное с малой тепловой инерцией и ухудшением теплоизоляции, но и потери механической прочности панелей и возникновение инфильтрации воздуха.

Влияние инфильтрации воздуха в условиях тропиков СРВ, характеризующихся высокой температурой и влажностью воздуха, в ряде случаев приводит к полной потере работоспособности холодильных камер. Поэтому защита ограждений от прямого воздействия солнечной радиации является важной задачей энергосбережения в условиях СРВ.

Автором, совместно с кафедрой холодильных установок ОИИТиЭ, проведено исследование механизма поведения легких ограждений из панелей "сэндвич" толщиной от 40 до 125 мм, с коэффициентом теплопроводности изоляции $\lambda = 0,029 \pm 0,052 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ и плотностью от 40 до 280 $\text{кг}/\text{м}^3$. Исследовались двух- и однопролетные панели с длиной пролета 3м.

В качестве теплоизоляционных материалов рассматривались пенополистирол, пенополиуретан и пенопласты типа ПХВ японского производства. В процессе проведения исследований при вспенивании полистирола применялось в качестве добавки жидкое пеностекло, что позволяло довести плотность материала до 280 $\text{кг}/\text{м}^3$, сохраняя при этом теплопроводность на уровне $0,048 \pm 0,052 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$. Исследование процессов, происходящих в панелях под воздействием солнечной радиации, проводилось на сменных горизонтальных потолочных панелях сборной холодильной камеры в условиях СРВ и в лаборатории кафедры холодильных установок ОИИТиЭ.

Для определения теплозащитных характеристик панелей применялись тепломеры и медно-константановые термопары. Интенсивность

деформаций определялась в реальных условиях визуально с помощью передвижной метки.

В результате установлено следующее:

- изменение температуры по толщине панелей "сэндвич" в условиях эксплуатации приводит к появлению различных температурных напряжений в материале обшивок, в результате чего возникают усилия, приводящие к деформации прогиба всей панели;

- в климатических условиях СРВ, при относительно небольшой (5-6°C) амплитуде колебаний температуры наружного воздуха, прогиб панелей возникает сразу же после введения холодильных камер в режим и поддерживается на протяжении всего периода эксплуатации холодильника;

- для наружных панельных ограждений, защищенных от прямого воздействия солнечной радиации, величина прогиба обуславливается разностью температур наружного воздуха и воздуха камеры. В среднем, для камер охлажденных грузов эта разность составляет 20-30 градусов, для камер замороженных грузов 40-60 градусов;

- величина измеренного прогиба панелей с длиной пролета 3м, шириной 1м и толщиной 125мм в камерах хранения мороженных грузов сразу же после вхождения в режим в среднем составляла для затененных панелей 12-15мм, для освещенных - 30-35мм;

- величина измеренного прогиба панелей с длиной пролета 3м, шириной 1м и толщиной 80мм в камерах хранения охлажденных грузов сразу же после вхождения в режим составляла для затененных панелей 10-20мм, для освещенных панелей - 25-30мм;

- в равных условиях прогиб панелей с алюминиевыми обшивками выше на 25-30%, чем у панелей с обшивками из оцинкованной стали;

- суточная амплитуда прогиба панелей в температурных условиях СРВ составляет от 5-7мм до 30-50мм в зависимости от усло-

вий и продолжительности эксплуатации;

- для трехслойных теплоизолированных панелей ($\Phi < 1,5$) величина прогиба может быть определена из зависимости

$$f = \xi \frac{\Delta t \cdot l^2}{h + \delta} (t_n - t_k), \quad (I)$$

где l, h, δ - пролет панели, толщина среднего слоя и толщина обшивки, см;

Δt - температурный коэффициент обшивки, 1/К;

ξ - эмпирический коэффициент, принимаемый в зависимости от прочностных и теплофизических характеристик обшивок и заполнителя, и определенный экспериментально для алюминиевых обшивок

$$\xi_{st} = 0,105 + 4,15 \cdot 10^{-3} \cdot h, \text{ для стальных обшивок}$$

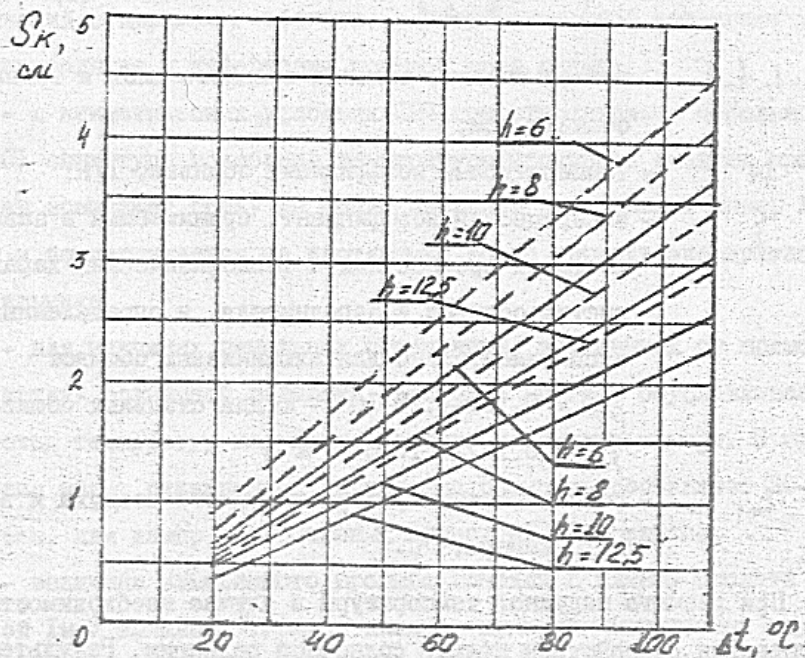
$$\xi_{cm} = 0,127 + 7,1 \cdot 10^{-3} \cdot h;$$

t_n, t_k - расчетные температуры наружного воздуха и воздуха камеры, °С.

При расчете наружной температуры в случае необходимости учитывается воздействие прямой солнечной радиации. Результаты расчетов различных панелей по данной зависимости приведены на рис.3.

- для трехслойных теплоизолированных панелей с показателем тепловой инерции $\Phi > 1,5$ запаздывание температурных колебаний приводит к более высокой разности температур обшивок, а в результате к более высоким значениям прогиба, поэтому при расчете прогиба в таких случаях в зависимость (I) следует вместо температур воздуха подставлять температуры обшивок, определяя их с учетом показателей сквозного затухания γ и запаздывания во времени ξ по известным зависимостям А.Н.Шкловера либо по приближенной зависимости автора.

Рис.3. Изменение прогиба панелей в зависимости от конструктивных характеристик и разности температур



— стальная обшивка

- - - - - алюминиевая обшивка

$$t_{b,0} = t_n - \tau^m \cdot \Delta t^{noc},$$

где τ - время отсчета с момента воздействия прямой солнечной радиации, час;

Δt^{noc} - начальная разность температур внутренней поверхности и наружного воздуха, град;

m - эмпирический показатель степени,

$$m = 4 \cdot 10^{-2} (R - 5);$$

R - термическое сопротивление панели, $(m^2 \cdot K / Вт)$.

- в результате проведенных наблюдений была предложена модель физико-механических изменений в трехслойной панели, основанная на предположения о том, что часть энергии теплового потока, проходящего в панели, расходуется в процессе прогиба на сжатие заполнителя (промежуточного слоя), которое усиливается при увеличении разности температур обшивок и ослабляется при ее уменьшении. При этом, при сжатии газонаполненных изоляций происходит диффузия газов в атмосферу, а при снятии напряжений и возвращении в исходное положение - деконцентрация газовой смеси в результате подсоса воздуха.

Справедливость предложенной модели была подтверждена измерениями, которые зарегистрировали повышение концентрации паров фреона в воздухе у продольных стыков панелей при повышении разности температур обшивок.

Выяснение механизма физико-механических явлений, происходящих в процессе эксплуатации ограждений из панелей "сэндвич", позволило сделать следующие выводы:

1. В климатических условиях СРВ переход от традиционных массив-

ных конструкций к прогрессивным малоинерционным в большей степени сказывается на потерях, связанных с механическими деформациями ограждений, чем на потерях, связанных с тепловой инерцией.

2. Задача снижения величины механических деформаций может быть решена путем уменьшения разности температур обшивок, либо путем повышения жесткости конструкций самих панелей.

Для этого автором был сделан ряд предложений и проведены исследования различных затеняющих устройств над кровлями и ограждениями легких холодильников, а также проведены исследования по применению панельных ограждающих конструкций с наполнителем из пенопласта с пеностеклом и керамзитом. Так как солнечная радиация в наибольшей степени влияет на поверхность кровли холодильника - применение вентилируемых крыш является одним из основных методов тепловой защиты. Исследованию процессов воздухообмена и теплообмена в вентилируемых крышах посвящены многочисленные работы *Seiffert* и *Daus* (ФРГ), *Meus W* и *Фомкенук* (ПНР), Э.М.Ариевич и Н.М.Вавуло (СССР) и других. Основывалась на методах исследований *Seiffert* (ФРГ), автор провел самостоятельные исследования воздухообмена в вентилируемых крышах на ряде сборных холодильников СРВ. В результате был подтвержден вывод *Seiffert* (ФРГ) о том, что при скате крыши меньше 5° подвижность воздуха практически равна нулю. При относительно небольшой подвижности наружного воздуха в СРВ ($w = 1,0 \pm 2,5$ м/с), это приводит к образованию застойных зон перегретого воздуха в подкрышном пространстве и увеличению теплового потока в камеру через кровлю. Экспериментально подтверждено предположение *Seiffert* (ФРГ) о том, что подвижность воздуха в подкрышном пространстве в равных условиях зависит от величины угла наклона крыш.

Установлено, что для конструкций холодильников с подвесными потолками, где угол ската крыши не превышает $5-7^\circ$, скорость

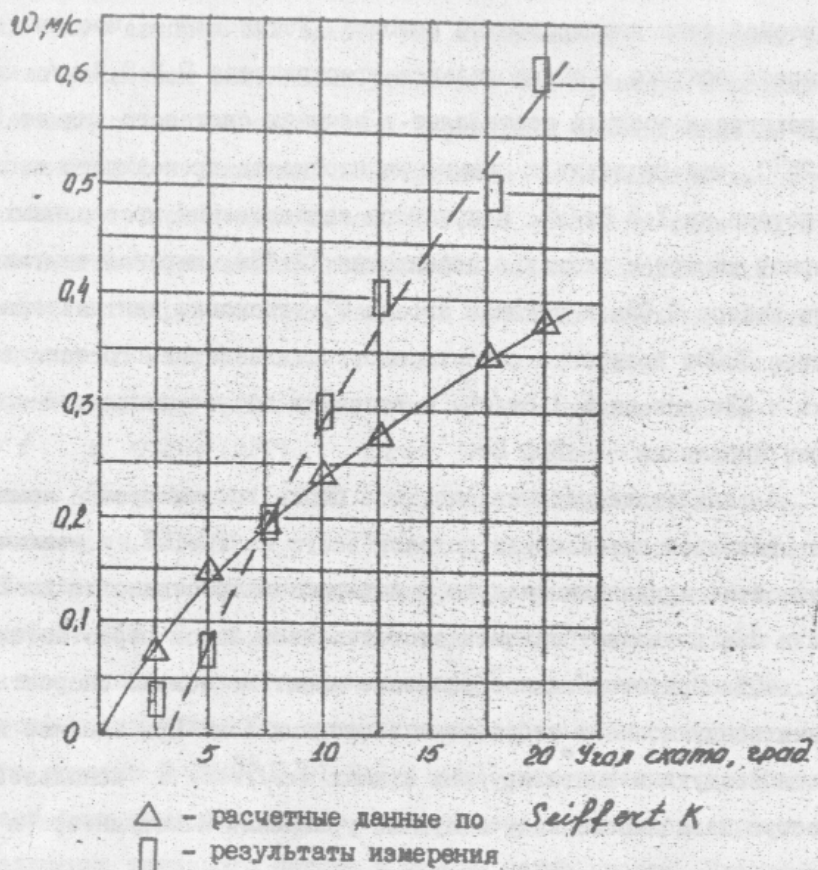
движения воздуха составляет $0,15 \pm 0,3$ м/с, что крайне недостаточно. Измерения температуры и скорости воздуха в подкрышном пространстве проводилось с помощью электроанемометра, датчик которого протягивался по натянутой струне в подкрышном пространстве. При этом измерялась плотность теплового потока, проходящего сквозь подвесной теплоизолированный потолок. Установлено, что при подвижности воздуха в подкровельном пространстве $0,2 \pm 0,4$ м/с величина перегрева воздуха составляет в течении светового дня от 5 ± 8 до $20 \pm 25^\circ\text{C}$, что приводит к повышению плотности проходящего теплового потока на 1 ± 5 Вт/м². В процессе исследований, проведенных на сборной камере с площадью перекрытия 12×12 м, шириной вентиляционного зазора $0,05$ м и уклоном кровли 5° , установка вентилятора мощностью 300 Вт позволила снизить плотность измеряемого теплового потока в 13ч дня на $5,2$ Вт/м², а величину общего теплового потока через кровлю на 500 Вт.

В результате установлено, что плохо вентилируемая крыша снижает тепловой поток через потолок всего на $10 \pm 15\%$, а увеличение кратности циркуляции воздуха в подкрышном пространстве до 20 объемов в час позволяет снизить этот тепловой поток через потолок на $35 \dots 40\%$. При этом важное значение имеет не только скорость движения воздуха, но и отсутствие застойных зон. При анализе подвижности воздуха в вентилируемых крышах *Seiffert K* использовал простую зависимость полученную из уравнений И.Мейдингера и Бернулли.

Однако, результаты проведенных исследований показали, что изменение угла наклона влияет в большей степени, чем по этой зависимости, рис.4.

Таким образом, можно сделать вывод, что для организации эффективной защиты от солнечной радиации необходимо обеспечить достаточную вентиляцию подкрышного пространства путем увеличения высо-

Рис. 4. Изменение скорости воздуха в зависимости от угла ската при температуре наружного воздуха 30°C в 13 часов



ты конька или создания принудительной вентиляции. Так как принудительная вентиляция связана с дополнительным энергопотреблением, более предпочтительным оказывается способ, связанный с архитектурными изменениями.

Проведенные исследования привели автора и сотрудников кафедры холодильных установок ОИНТИЭ к мысли о том, что прогрессивные конструкции применяемых зданий холодильников являются продуктом европейской и американской культуры, и практически не учитывают многовекового опыта сооружения хранилищ для пищевых запасов, созданного культурами народов тропической зоны. В результате были рассмотрены конструкции традиционных хранилищ пищевых запасов характерные для районов Индии, южных районов Китая, районов Мали и Верхней Вольты в Африке, и других районов тропической зоны, рис.5.

Вместимость рассмотренных хранилищ составляет от 0,5 до 500т. В основном, форма этих сооружений близка к пирамидальной, цилиндрической, сферической и полусферической. Общей чертой является достаточно низкое отношение наружной поверхности к грузовому объему - $1:3 \text{ м}^2/\text{м}^3$ и размещение вентиляционных отверстий по вертикали.

Установлено, что для всех традиционных хранилищ характерно выполнение условия

$$Q_R = Q_T + Q_{\text{вент}}, \quad (2)$$

при минимальном перегреве груза,

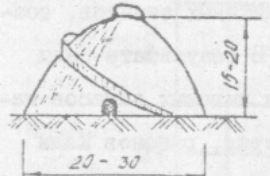
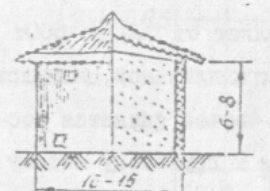
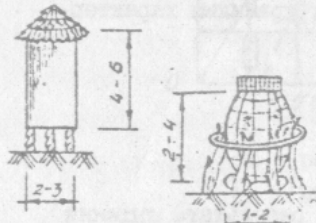
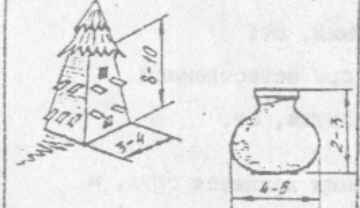
где Q_R - тепловой поток, возникающий в результате дыхания растительной продукции, Вт;

Q_T - тепловой поток через ограждения, Вт;

$Q_{\text{вент}}$ - тепловой поток, переносимый при естественной вентиляции и инфильтрации воздуха, Вт.

* В этом случае источником тепловыделения является груз, а

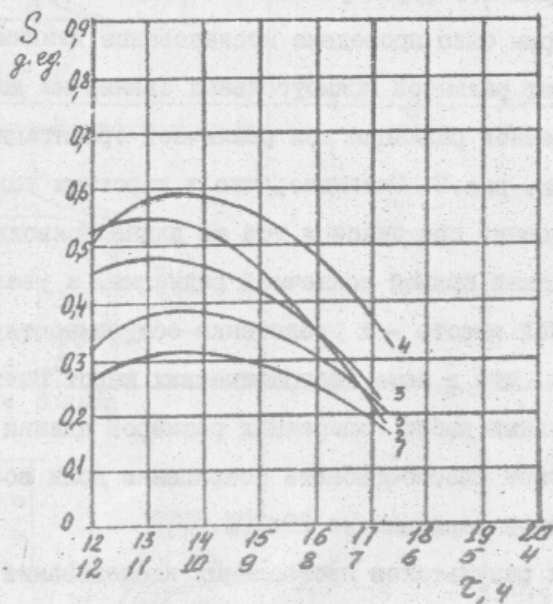
Рис.5. Характеристики хранилищ традиционного типа в странах тропического пояса.

Страна, вид хранилища	Наименование характеристик		
	$V, \text{ м}^3$	$G, \text{ т}$	$\frac{F}{V_{гр}}, \frac{\text{м}^2}{\text{м}^3}$
Штат Бихар, Индия 	500 - 1500	150 - 500	1,0 - 1,5
Китай, Юго-Восточная Азия 	200 - 400	80 - 120	1,0-1,8
Верхняя Вольта 	5 - 10	1,5 - 3, 5	1,2 - 3,0
	0,5 - 2	0,2 - 1,0	1,8 - 3,0
Мали 	30 - 50	10 - 20	5,2
	5 - 10	1,5 - 3,0	1,2 - 3,5

интенсивность дыхания, зависящая от температурного уровня процесса, определяется воздействием прямой солнечной радиации на сооружение и эффективностью отвода тепла в вентилирующем воздухе. В этой связи был проведен теоретический анализ степени облученности традиционных и прогрессивных сооружений различной формы. На рис.6,7 показано изменение облученности сооружений различной формы и ориентации на с.ш.15° в сентябре месяце. Очевидно, что для этих условий наименее выгодными являются сооружения полусферической и полусферической формы, и наиболее приемлемым сооружением прямоугольной формы и в форме усеченного конуса. Для сооружений прямоугольной формы было проведено исследование влияния соотношения конструктивных размеров прямоугольных зданий на долю приходящей прямой солнечной радиации при различной ориентации зданий в различных широтах, рис.8. Очевидно, что в широтных условиях увеличение высоты зданий при одной и той же длине приводит к уменьшению доли приходящей прямой солнечной радиации, а увеличение длины при неизменной высоте - к увеличению облученности. В результате установлено, что в зоне географических широт Вьетнама ($\gamma = 8^\circ - 20^\circ$ с.ш.) правильный выбор габаритных размеров здания при заданной ориентации может способствовать сокращению доли воспринимаемой прямой солнечной радиации на 20-30%.

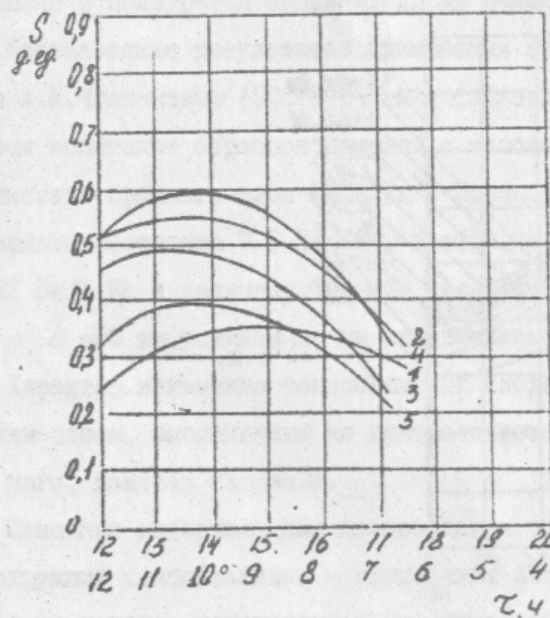
Рассмотрение общих результатов проведенных исследований привело автора к выводу, что наряду с оптимизацией формы и ориентации зданий принцип вертикального размещения вентиляционных отверстий может принести желаемый результат при вентиляции подкрышных пространств холодильников. Для этого было предложено установить по длине конька крыши на расстоянии 6м вентиляционные трубы сечением 100x400 мм длиной 6м с наружной поверхностью окрашенной в черный цвет, наклоненные под углом 45° в сторону от экватора.

Рис.6. Изменение приведенного коэффициента облученности для сооружений различной формы в течение светового дня



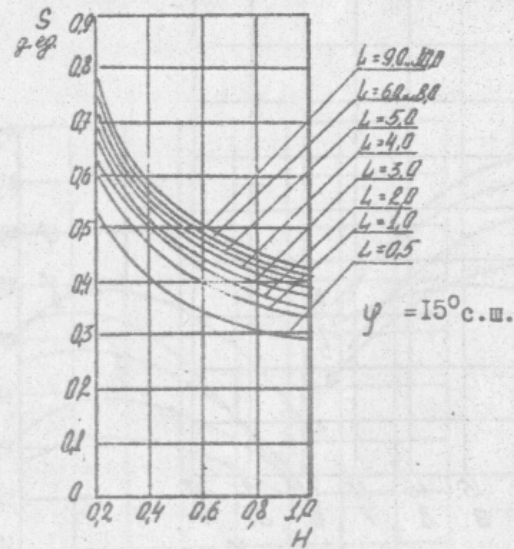
- 1 - параллелепипед;
- 2 - полуцилиндр;
- 3 - пирамида;
- 4 - полусфера;
- 5 - усеченный конус

Рис.7. Изменение приведенного коэффициента облученности для сооружений различной формы в течение светового дня



- 1 - параллелепипед;
- 2 - полуцилиндр;
- 3 - пирамида;
- 4 - полусфера;
- 5 - усеченный конус

Рис.8. Влияние соотношения конструктивных размеров прямоугольных зданий на долю приходящей прямой солнечной радиации при различной ориентации зданий в различных широтах



S - приведенный коэффициент облучения;
 H - высота здания в долях ширины;
 L - длина здания в долях ширины
 Ориентация оси здания СЗ-ЮВ. Июнь. 13 часов

При этом происходил нагрев поверхности труб до $60-95^\circ\text{C}$ и образовывался поток воздуха со скоростью до $0,6+1,5$ м/с, позволяющий с помощью вентиляционных труб снизить избыточную температуру воздуха в вентилируемой крыше ($12 \times 12 \times 0,2$) до $1,5+2$ градусов. Методика расчета была разработана автором.

Уменьшение возможного прогиба панелей под воздействием ветровой и термической нагрузки было предложено автором на основе введения в полиуретан заполнителя из пеностекла или керамзита.

Исследование результатов применения этого метода было проведено А.М. Чистяковым (СССР), Gibson LJ (Англия) и другими. Автор провел испытание образцов панелей с заполнителем из пеностекла и плотностью среднего слоя 280 кг/м^3 . Прочность на сжатие для этого материала составила $7-9 \text{ Па} \cdot 10^5$, коэффициент теплопроводности $0,052 \text{ Вт/м К}$, а величину прогиба для трехслойной панели, начиная с $h = 80$ мм, установить не представилось возможным.

Характер изменения теплозащитных свойств панелей с промежуточным слоем, выполненным из пенополиуретана с заполнителем и без него, показан на рис.2.

Основные материалы для производства теплозащитных сборных конструкций холодильников - обшивочный алюминиевый и стальной лист, компоненты пенополиуретана, пенополистирола и различные заполнители - не производятся в СРБ, являются предметом импорта и отличаются чрезвычайно высокой стоимостью. Поэтому автор провел исследование местных материалов, пригодных для использования в качестве теплоизоляции.

Наибольший интерес представляют отходы при обработке кокосовых орехов. Этот традиционный материал в виде шерсти применяется для плетения ковриков и других изделий. Отличается чрезвычайно высокой стойкостью к гниению и не поражается насекомыми и гры-

зунами. Известен опыт использования этого материала в качестве изоляции в начале века французами при строительстве холодильника. Пробы теплоизоляции, взятые через 80 лет, показали, что она находится все еще в хорошем состоянии. Исследования, проведенные автором, показали, что коэффициент теплопроводности изоляции из кокосового волокна при температуре 30°C составляет:

при плотности 162 кг/м³ - 0,057 Вт/(мК);

180 кг/м³ - 0,06 Вт/(мК);

201 кг/м³ - 0,071 Вт/(мК).

Даны рекомендации по использованию этого материала в традиционных строительных конструкциях холодильников и предложены конструкции изоляционных плит.

5. Исследование возможностей энергосбережения в охлаждающих системах холодильников. В результате обследования холодильного хозяйства страны установлено, что за исключением небольшого числа устаревших холодильников (5%) на севере СРВ, все остальные оборудованы воздушными системами охлаждения с бесканальной системой воздухораспределения и воздушным или, в очень редких случаях, испарительным охлаждением конденсаторов. Следует отметить, что при всем обилии водных ресурсов СРВ, конденсаторы с водяным охлаждением, как правило, охлаждаются проточной водой. Отсутствие оборотных систем водяного охлаждения конденсаторов объясняется сложностью биологической очистки воды, в которой при относительно высокой температуре быстро развиваются колонии микроорганизмов, плесени и водоросли. После первого обрастания труб грибами и водорослями все дальнейшие мероприятия, как правило, никаких результатов не дают. В результате давление конденсации при оборотном водоснабжении практически не отличается от давле-

ния при воздушном охлаждении, но износ оборудования происходит быстрее и загрязнение окружающей среды больше. В то же время воздушное охлаждение конденсаторов связано с необходимостью затрат электроэнергии на работу вентиляторов, а уменьшение этих затрат является важной задачей.

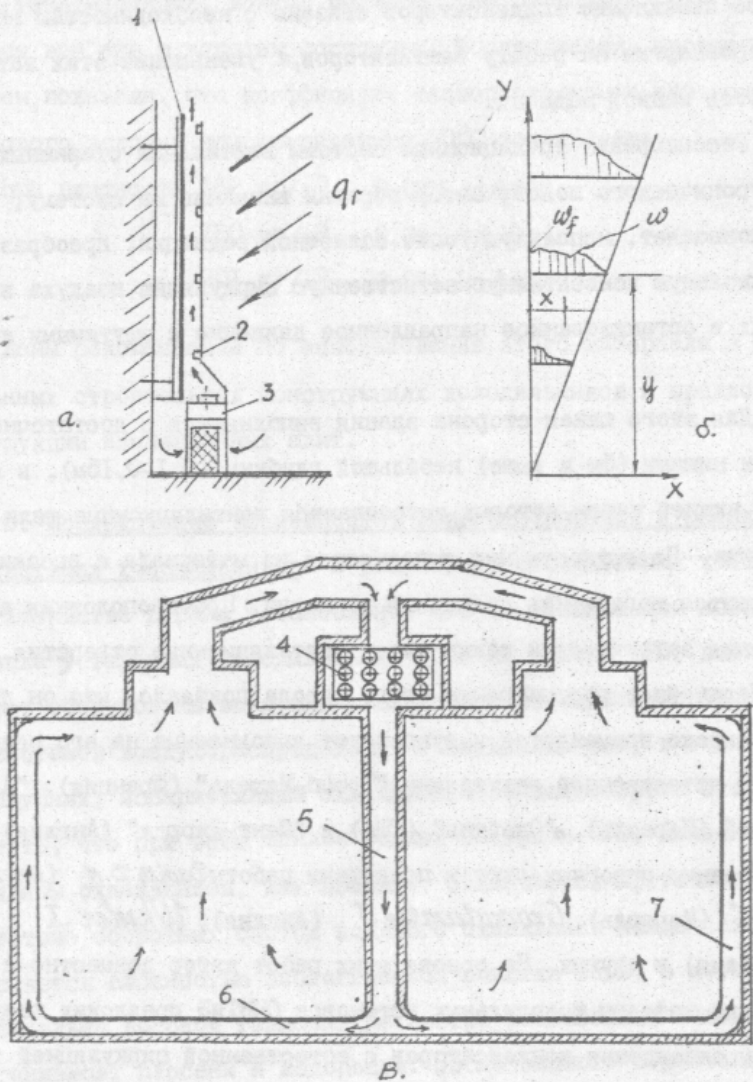
Рассматривая традиционные системы вентиляции старинных зданий тропического пояса, автор обратил внимание на систему, которая позволяет, используя тепло солнечной радиации, преобразовать произвольную конвективную естественную циркуляцию воздуха в помещениях в организованное направленное движение с ощутимыми скоростями.

Для этого южная сторона здания выполняется с достаточно высокими нишами (5м и выше) небольшой глубины (0,1-0,15м), в верхней и нижней части которых устраиваются вентиляционные щели со шторками. Поверхность ниш выполняется из материала с высоким коэффициентом поглощения солнечной радиации. Противоположная стена помещения затеняется и также имеет вентиляционные отверстия.

Дальнейшее рассмотрение этого метода показало, что он достаточно широко применяется и существуют выполненные на его основе системы естественной вентиляции. "Тромб-Мишель" (Франция), "Альтенкирх" (Израиль), "Скайлид" (США) и "Сент-Джордж" (Англия). Исследованию подобных систем посвящены работы *Davies D.M.* (Англия), *Adler S.* (Израиль), *Groundwater J.* (Англия), *Whaler J.* (Австралия) и других. На основе этих работ автор совместно с сотрудниками кафедры холодильных установок ОИИТиЭ предложил новую систему охлаждения конденсаторов с естественной циркуляцией воздуха, рис.9, и провел исследование экспериментального образца.

Из рис.9 а,б можно представить, что в результате нагрева солнечными лучами "черной" стенки, температура ее поверхности

Рис.9. Применение естественной циркуляции воздуха на холодильниках СРВ



- а. Принципиальная схема термонасоса конденсатора
 б. Расчетная схема термонасоса конденсатора
 в. Принципиальная схема термонасоса холодильной камеры
 1. Черный экран 2. Полиэтиленовая пленка
 3. Воздушный конденсатор 4. Потолочный испаритель
 5. Центральный канал для холодного воздуха
 6. Подпольный канал 7. Пристенный боковой канал

T_w становится выше температуры воздуха T_f и это приводит к образованию пристенного конвективного потока. Пренебрегая толщиной пограничного слоя и на основе известных представлений о распределении скоростей и температур воздуха в конвективном потоке, можно записать выражение для профилей избыточной температуры и точности теплового потока в виде

$$\theta = \theta_y e^{-\frac{\alpha}{2} \left(\frac{x}{cy}\right)^2}; \quad (3)$$

$$w\theta = w_y \theta_y e^{-\frac{1+\beta}{2} \left(\frac{x}{cy}\right)^2}, \quad (4)$$

где θ - избыточная температура в произвольном сечении потока, К;

θ_y - избыточная температура точки с максимальной скоростью в данном сечении, К.

Импульс конвективного потока в сечении y можно записать в виде

$$I_y = \int_0^l \rho_f w^2 dF. \quad (5)$$

Подставляем $dF = l dx$ и $w = w_y e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x}{cy}\right)^2}$ в (3) и получаем

$$\frac{I_y}{\rho l} = \frac{\sqrt{\pi c}}{2} w_y^2 y. \quad (6)$$

Выражение для приращения напора в слое толщиной dy

$$dP_y = [g \int_0^l (\rho_c - \rho) dF] dy. \quad (7)$$

Считаем $\rho_c - \rho = \frac{\rho_f}{T} \theta$, а также принимаем, что приращение импульса потока dI_y по толщине слоя dy равно приращению

напора $d p_y$. В результате получаем

$$\frac{d p_y}{\rho_y l} = \sqrt{\frac{\pi}{2z}} \cdot c \cdot \frac{q}{T_f} a_y y dy. \quad (8)$$

Количество тепла, проводимое воздухом через сечение y потока

$$Q_y = c_p \rho_f \int \omega \theta df. \quad (9)$$

После интегрирования

$$Q = c \cdot \sqrt{\frac{\pi}{2(1+z)}} \cdot c_p \rho_f \cdot l \cdot \omega_y \cdot \theta_y \cdot y. \quad (10)$$

В то же время количество тепла, переданное от нагретой стенки к воздуху на высоте

$$Q_z = q_0 \cdot l y. \quad (11)$$

Т.к. количество тепла пронесимого воздухом сквозь сечение y можно считать равным количеству тепла переданному от стенки к воздуху на этой высоте, приравнявая (10) и (11) получаем

$$\omega_y \theta_y = \frac{l}{c} \sqrt{\frac{2(1+z)}{\pi}} \cdot \frac{q_0}{c_p \rho_f}. \quad (12)$$

После преобразований получаем

$$\left(\frac{y}{\rho_f l}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot l \left(\frac{y}{\rho_f l}\right) = \sqrt{\frac{2\pi(1+z)}{2z}} \cdot \frac{q q_0}{c_p \rho_f T_f} y^{\frac{3}{2}} dy. \quad (13)$$

После интегрирования от 0 до текущих значений имеем

$$\left(\frac{y}{\rho_f l}\right)^{\frac{5}{2}} = 0,118 \frac{c \sqrt{\pi} (1+z)}{z} \cdot \left(\frac{q q_0}{c_p \rho_f T_f}\right)^2 y^{\frac{5}{2}}. \quad (14)$$

Тогда скорость в поперечном сечении конвективного потока

$$\omega_y^{\frac{5}{2}} = \frac{1,2}{c} \sqrt{\frac{1+z}{z}} \cdot \frac{q q_0 y}{c_p \rho_f T_f}, \quad (15)$$

избыточная температура в сечении в точке с максимальной скоростью

$$\theta_y^{\frac{5}{2}} = \frac{5}{z} \frac{\sqrt{2} (1+z)}{\pi c^2} \cdot \frac{T_f}{q c_p^2 \rho_f^2} \cdot \frac{q_0^2}{y}. \quad (16)$$

Количество воздуха в потоке

$$\left(\frac{V_y}{l}\right)^3 = \frac{5 \pi c^2}{5} \sqrt{\frac{1+z}{2z}} \cdot \frac{q q_0 y^4}{c_p \rho_f T_f}. \quad (17)$$

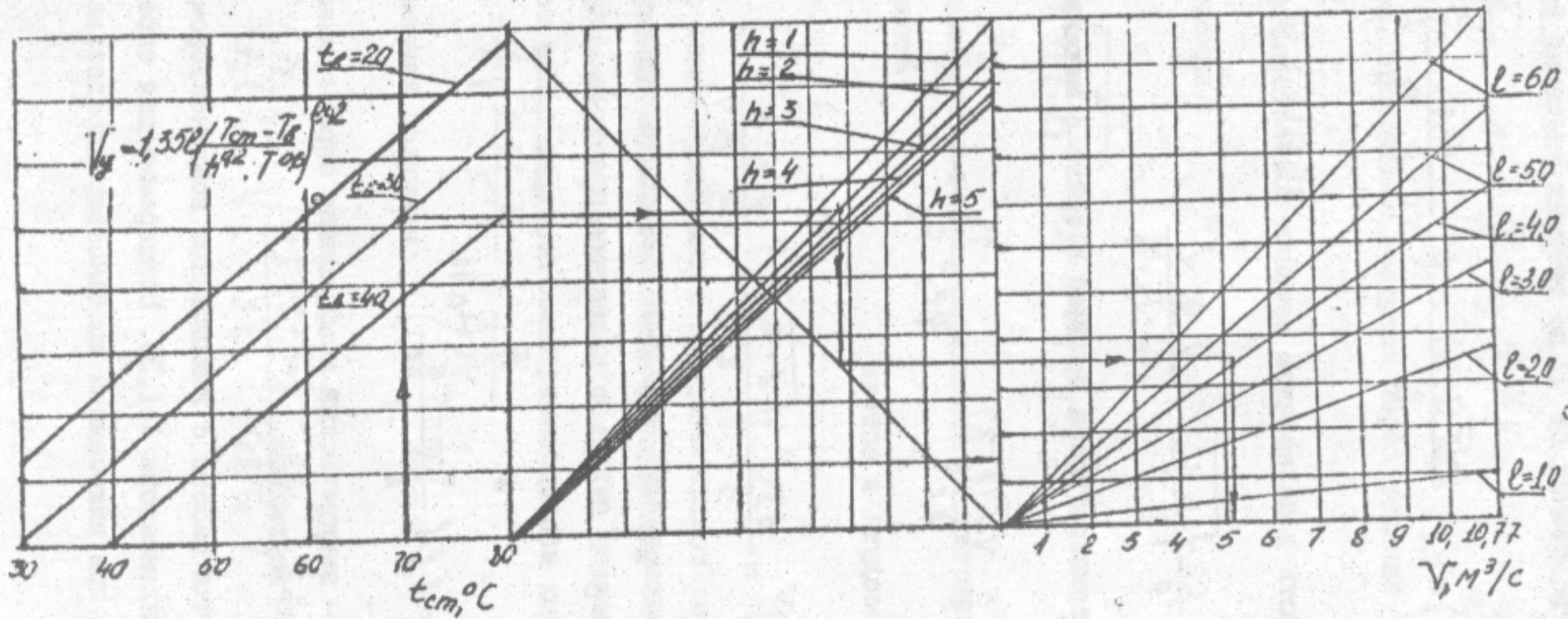
Полученная зависимость является достаточно общей и приближенной, но позволяет судить о характере процесса. На основании экспериментальных исследований была получена более точная зависимость.

$$V_y = A l \cdot \left(\frac{T_{cm} - T_a}{h^{0,42} \cdot T^{0,5}}\right)^{0,42}, \quad (18)$$

где A - эмпирический коэффициент определяемый экспериментально.

Для случая работы с выключенным конденсатором $A=0,87$, при включении конденсатора $A=1,35$. Номограмма для определения расхода воздуха при включенном конденсаторе представлена на рис.10.

Рис. 10. Номограмма определения расхода воздуха при термической тяге в канале



- t_{cm} - температура стенки, $^\circ\text{C}$
- t_s - температура воздуха, $^\circ\text{C}$
- h - ширина канала, м
- l - длина канала, м

Проведенные испытания показали, что канал с "черной" стеной бхбм и толщиной 1м позволяет в течение светового дня обслуживать воздушный конденсатор при отключенных вентиляторах общей производительностью 16000 м³/ч и подогреве воздуха в конденсаторе на 9...10⁰С. Предложенная конструкция позволяет отключить вентиляторы на 4-6 часов в период максимальной тепловой нагрузки, что является существенным вкладом в энергосбережение.

Исследование охлаждающих систем холодильных камер, предназначенных для хранения свежего растительного сырья, показало, что наиболее широко применяемая воздушная система охлаждения обладает рядом недостатков, которые в условиях Вьетнама являются существенными. Это незначительная тепловая инерция системы после отключения электроэнергии, значительное потребление энергии в процессе работы, нарушение общего температурно-влажностного режима при погрузочно-разгрузочных работах, одинаковые условия охлаждения хранения груза. Эти недостатки практически устранены в системе охлаждения, предложенной автором и сотрудниками кафедры холодильных установок ОИИТиЭ, рис. 9в.

В этой системе охлаждающая батарея размещена вне камеры, над ней, в теплоизолированном корпусе, который связан теплоизолированными каналами с горизонтальным продухом и верхней частью камеры.

Воздух, подогретый чистым грузом и теплом его дыхания, поднимается вверх, где поступает на смену охлажденному воздуху, охлаждается и опускается вниз по вертикальному каналу в подпольный продух, откуда через перфорацию поступает в штабель.

При этом большая часть воздуха поступает там, где груз имеет более высокую температуру. Результаты проведенных исследований показали, что при охлаждении бананов в штабеле высотой 3м

изменение температуры от $25+30^{\circ}\text{C}$ до $8+12^{\circ}\text{C}$ воздуха в штабеле приводило к изменению скорости движения воздуха в вертикальном канале ($h=7\text{м}$, $\delta=0,15\text{м}$) от 1,5 до 0,7 м/с, на выходе из щелей в полу от 0,5 до 0,3 м/с и средней части штабеля на высоте 1,5 м от 0,08 м/с до 0,04 м/с, рис. II. Интересно отметить, что в начальный период охлаждения кратность циркуляции воздуха составляет 7-10 объемов камеры в час, а в конце 3-5, что соответствует требованиям технологии при хранении бананов. В условиях принудительной циркуляции воздуха для создания воздухообмена с такой кратностью циркуляции необходимо затратить $22+26$ кВт·ч в сутки на работу вентилятора и $4+6$ кВт·ч на работу компрессора для компенсации теплопритоков от вентилятора.

Скорость движения воздуха на выходе из щели в полу может быть определена из зависимости

$$W = 0,572 \frac{F_k}{F_n} \left(\frac{H \sum Q_i}{\delta_k \sum \xi} \right)^{0,35}, \quad (19)$$

где F_k, F_n - площадь сечения канала и суммарная площадь щелей в полу; м^2 ;

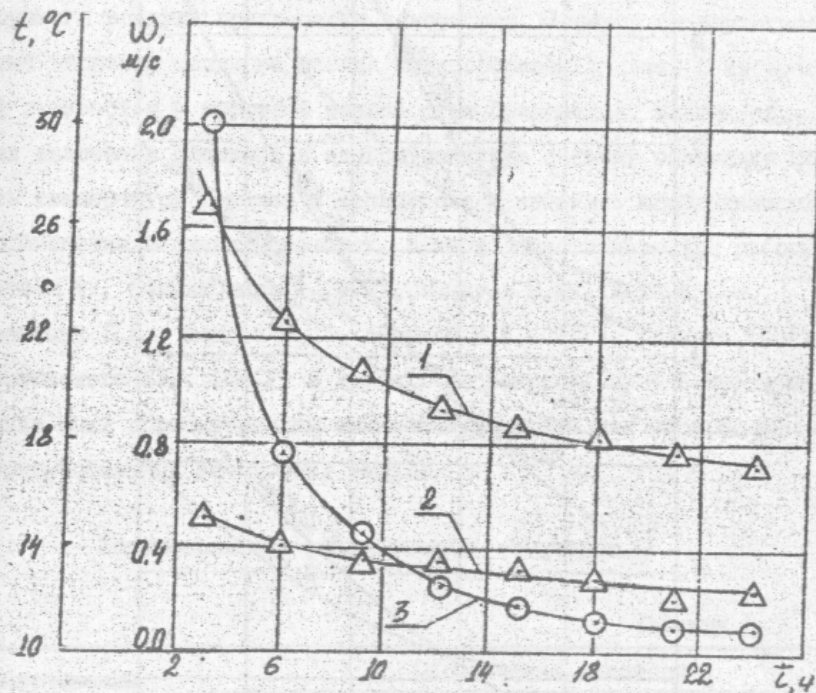
H, δ - высота и ширина канала, м;

$\sum Q_i$ - тепловая нагрузка на охлаждающие приборы, отнесенная к 1м длины канала, Вт;

$\sum \xi$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений.

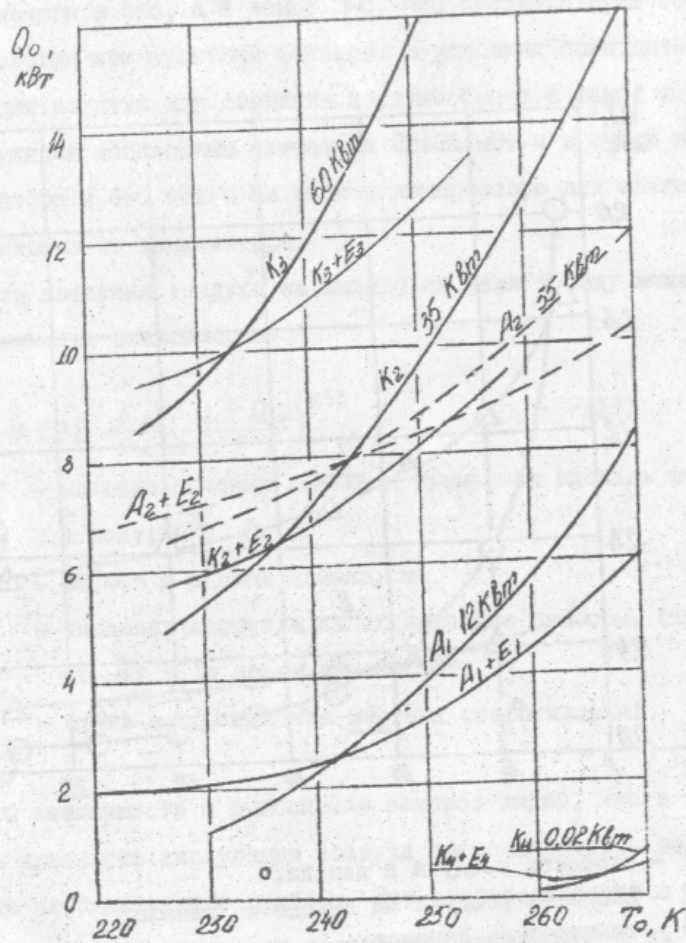
Из этой зависимости и выполнение замеров видно, что в такой системе кратность циркуляции воздуха пропорциональна тепловой нагрузке на охлаждающие приборы. Это свидетельствует о том, что система не только позволяет сократить энергозатраты на циркуляцию воздуха, но и обеспечивает такую систему саморегулирования, искусственное выполнение которой потребовало бы значительных зат-

Рис. II. Изменение скорости воздуха и температуры бананов при охлаждении



- 1 - скорость воздуха в канале;
- 2 - скорость воздуха на выходе из канала;
- 3 - температура бананов.

Рис.12. Сравнение холодопроизводительностей машины без эжектора и с эжектором



- Е - эжектор;
- А - одноступенчатая абсорбционная холодильная машина;
- К - одноступенчатая компрессионная холодильная машина;

рат. Интересно отметить, что при догрузке камеры теплым грузом, скорость движения воздуха повышается только в месте размещения этого груза. В щелях незагруженной части камеры скорость минимальна и обусловлена только теплопритоками через грунт.

В ряде случаев внедрение новых технологий быстрого замораживания в СРВ требует получение температур кипения $-30 \pm -35^{\circ}\text{C}$, достижение которых в одноступенчатом варианте компрессионных или абсорбционных машин при высоких температурах охлаждающей воды и наружного воздуха практически невозможно. Переход на двухступенчатые варианты машин не всегда целесообразен в связи с их высокой стоимостью и короткой сезонностью применения. В этих случаях включение эжектора в одноступенчатую систему позволяет понизить температуру кипения в испарителе и избежать необходимости в применении сложных установок. В этой области известны работы Меркеля Ф., Бошняковича Ф. (ФРГ), Минкуса Б.А., Жадана С.З., Левенсона С.Д., Блнера Б.Н., Дёринга К.Л. (ФРГ), Гайчака (ПНР), Шумелинского М.Г. (СССР) и других. По разработанной автором методике были спроектированы аммиачные эжекторы для абсорбционных и компрессионных установок, табл.3.

Характеристика разработанных эжекторов

Таблица 3

Наименование характеристик	Обозначение эжектора			
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄
I	2	3	4	5
Диаметр сопла, d мм	2,6	4,6	5-5,3	0,5
Холодопроизводительность, Q_0 кВт	12	35	60	0,02
Место разработки и испытаний	г.Одесса УССР	г.Ханой СРВ	г.Хошимин СРВ	г.Хошимин СРВ

Продолжение табл.3.

I	2	3	4	5
Система	Абсорб.-эжекторная ($A_1 + E_1$)	Абсорб.-эжекторн., компрес.-эжекторн. ($A_2 + E_2$) ($K_2 + E_2$)	Компрессион-но-эжект. ($K_3 + E_3$)	Компрес.-эжект. ($K_4 + E_4$)
Понижение температуры, Δt , °С	6-10	6-12	8-14	2-6

Названные комбинированные системы проявили высокую устойчивость характеристик в процессе исследований и последующей эксплуатации, рис.12.

Автор утверждает, что комплексное применение предложенных методов энергосбережения при проектировании и эксплуатации охлаждающих систем позволили создать энергетические резервы для дальнейшего внедрения холодильной технологии в перерабатывающей промышленности СРВ.

6. Решение вопросов энергосбережения и экологической защиты в холодильной технологии обработки тропических плодов и морепродуктов. В разделе 4 было указано о выполнении условия (I) для традиционных неохлаждаемых хранилищ, небольшой вместимости. Рассмотрение этого условия показывает, что температурный уровень дыхания дышащих грузов в этих хранилищах зависит от условий вентиляции и теплопередачи через ограждения.

Изменение этих условий, связанное, например, с увеличением массы хранимого груза, может привести к состоянию, при котором условие баланса будет соблюдаться на более высоком температурном уровне дыхания, не соответствующем требованиям технологии

хранения этого растительного сырья в неохлажденном виде. В результате возрастающие объемы хранения заставляют переходить к технологии понижающей интенсивность дыхания, т.е. к технологии холодильного хранения.

Для этой технологии хранения также существует условие баланса

$$Q_{ав.} = Q_g + Q_T,$$

где $Q_{ав.}$ - тепловой поток, отводимый охлаждающим устройством, кВт.

Для температурного уровня, предусматриваемого холодильной технологией конкретного продукта, условие баланса в процессе хранения можно представить в виде

$$\frac{Q_T}{Q_{ав.} - Q_g} = 1$$

откуда

$$\frac{K_F (t_K - t_H)}{\epsilon_{Ф} n_{Ф} (i_{вх} - i_{вх}) - (1 - \epsilon)_{Ф} q_0 t^M} = \frac{V_{гр}}{F_P}, \quad (20)$$

где $V_{гр}$ - грузовой объем камеры, м³;

F_P - расчетная площадь теплопередачи ограждений камеры, м².

Для каждого вида дышащего груза в зависимости от предусматриваемой для него технологии холодильного хранения существует диапазон изменения величины $(V_{гр}/F_P) = d_{тс}$. Выполненные измерения и расчеты показывают, что величина $d_{тс}$ для различных видов тропических плодов находится в пределах $d_{тс} = 0,07 \div 1,2$. Например,

для зрелых бананов $d_{\%} = 0,8+0,9$, для манго и лимонов $d_{\%} = 0,95+1,1$. Измеренные и рассчитанные на холодильниках величины $V_{\text{вп}}/F_p$ могут быть больше или меньше $d_{\%}$.

Многолетний контроль за эксплуатацией хранилищ с дышащими грузами показал, что при $d_t < d_{t_0}$ возрастают естественные потери и удельные энергозатраты, а при $d_t > d_{t_0}$ возрастают потери от гнили. Во всех этих случаях уменьшение выхода товарной продукции приводит к возрастанию себестоимости продукции и нерациональному использованию энергии.

Поэтому с целью энергосбережения было предложено провести специализацию хранилищ различных конструкций по отдельным видам сырья.

Однако, эта работа внедряется медленно, т.к. требуется создание постоянного контроля за теплофизическими свойствами поступающего груза и точное знание характеристик хранилищ. Экспорт плодоовощной продукции и морепродуктов является одним из основных источников валютных поступлений в государственный бюджет СРВ. Однако, экспорт свежей продукции длительное время являлся рискованным в связи с частыми случаями больших потерь при морской транспортировке на судах рефрижераторах.

Автор провел исследование различных ценных видов плодоовощной продукции и морепродуктов с целью определения максимальной продолжительности сохранения их товарного качества, табл.4.

Результаты исследований показали, что только апельсины соответствуют требованиям к продолжительности хранения при транспортировке свежих продуктов в Европу. Остальные прибывают к месту назначения в перезревшем виде и не соответствуют международным стандартам.

Поэтому, начиная с 1971 года, автором проводятся исследования промышленного замораживания нового ассортимента продуктов

Продолжительность хранения при $t = 8^{\circ}\text{C}$

Таблица 4

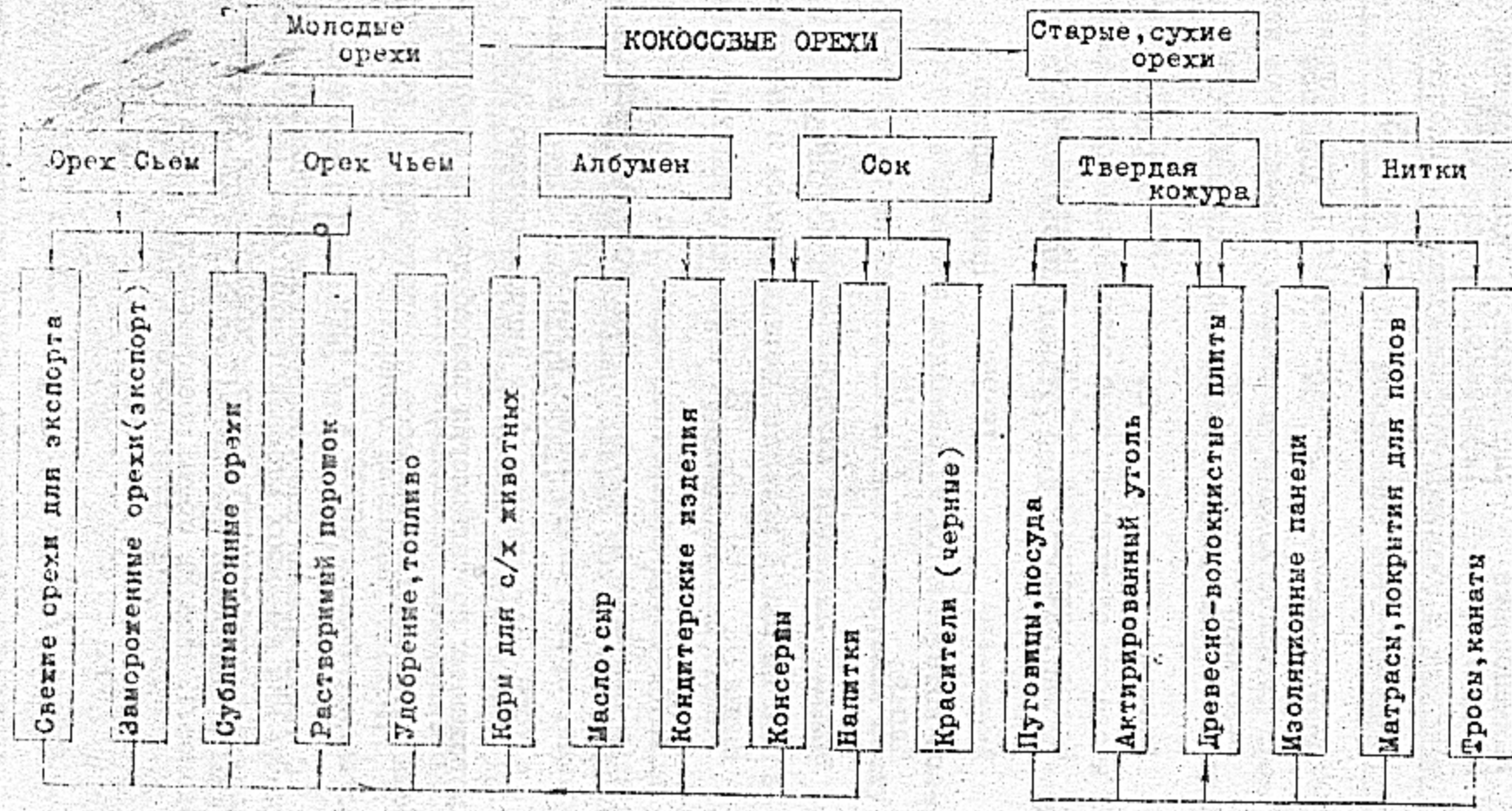
Наименование продуктов	Продолжит. хранения, сутки	Наименование продуктов	Продолжительн. хранения, сутки
1	2	3	4
Апельсины	60	Абрикосы	5+8
Тхан Лонч	30	Клубника	5
Авокадо	25	Морковь	30
Бананы зеленые	20+25	Цветная капуста	20
Ананасы	18+25	Цветы артишо	26
Папайя	15		
Манго	18	Крабы, нгеу, шохет	6+7
Вишня	8		

с целью поставки на экспорт. Это ананасы, папайя, манго, бананы, авокадо, крабы, нгеу, шохет и др.

В 1975 году впервые было экспортировано 3000 т ананасов, замороженных по технологии разработанной автором. В настоящее время производство ананасов замороженных по этой технологии составляет больше 30000 т в год.

С точки зрения энергосбережения наибольший интерес представляет разработанная автором холодильная технология заморозки кокосов. Кокосовые орехи представляют особую ценность для переработки

Рис. 13. ПРОДУКЦИЯ ИЗ КОКОСОВОГО ОРЕХА



важней промышленности, т.к. являются основой для производства, более 60 видов пищевых продуктов, рис.13. До 1975 года все попытки транспортировки орехов в замороженном виде были сопряжены с большими потерями, т.к. их заморозка приводила к разлому кожуры у 90% от общего количества орехов. Количество такой продукции оценивалось очень низко и эти попытки оказывались экономически невыгодными.

Технология, предложенная автором, предусматривает снятие кожуры кокоса до мягкой оболочки. При этом в нижней части ореха остается часть кожуры в виде цилиндрической подставки, рис. 14,15. Обработанный таким образом орех теряет 65% массы и представляет собой после заморозки продукт, готовый к употреблению. Упругая оболочка, остающаяся после обработки, не разрывается при заморозке, что резко повышает качество импортируемой продукции. Перед заморозкой, в соответствии с технологией автора, часть сока может отбираться специальными шприцами, а вместо него могут вводиться различные вкусовые добавки. Во всех случаях стоимость обработанных кокосов повышается. Сокращение удельной массы замораживаемых единиц продукции (орехов) на 65% приводит к уменьшению энергозатрат на 40-42%, что позволило увеличить производство замороженных кокосовых орехов на 40% на плодоовощном хранилище в провинции Тиси Занг. Замороженные орехи экспортируются во Францию и пользуются большим спросом в СРВ.

Появление новых прогрессивных технологий во многих случаях приводит к образованию значительного количества отходов, которые могут быть использованы для получения новых видов продукции, рис. 16, 17. Но получение новой продукции из отходов, как правило, связано со значительными энергетическими затратами. При этом, энергетические затраты тем значительнее, чем дешевле отходы и

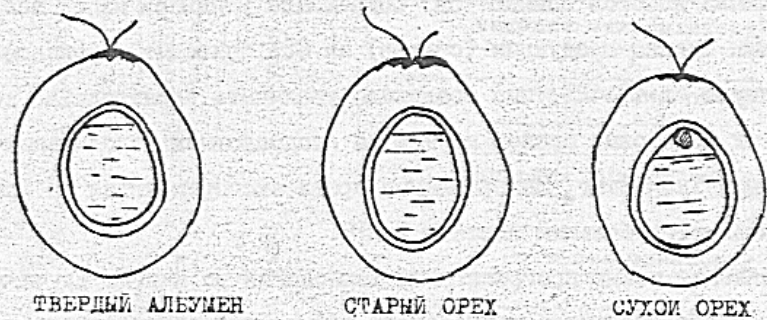
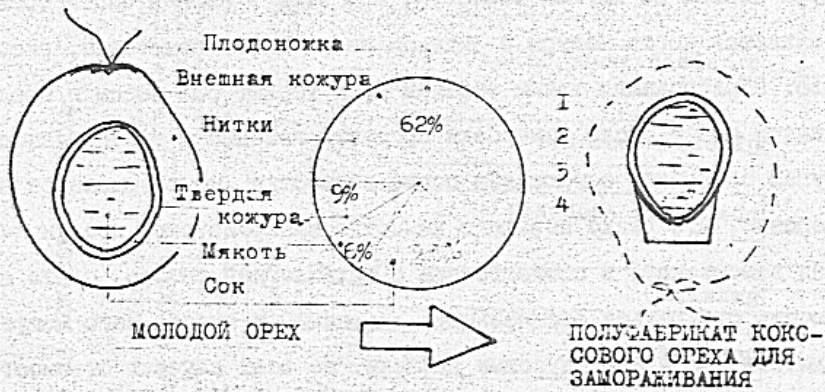


Рис.14. СТЕПЕНЬ ЗРЕЛОСТИ КОКСОВЫХ ОРЕХОВ

1.Мякоть;2.Сок ; 3.Твёрдая кожура ; 4.Основание(Нитки).

Рис.15. Технологическая схема холодильной обработки кокосовых орехов

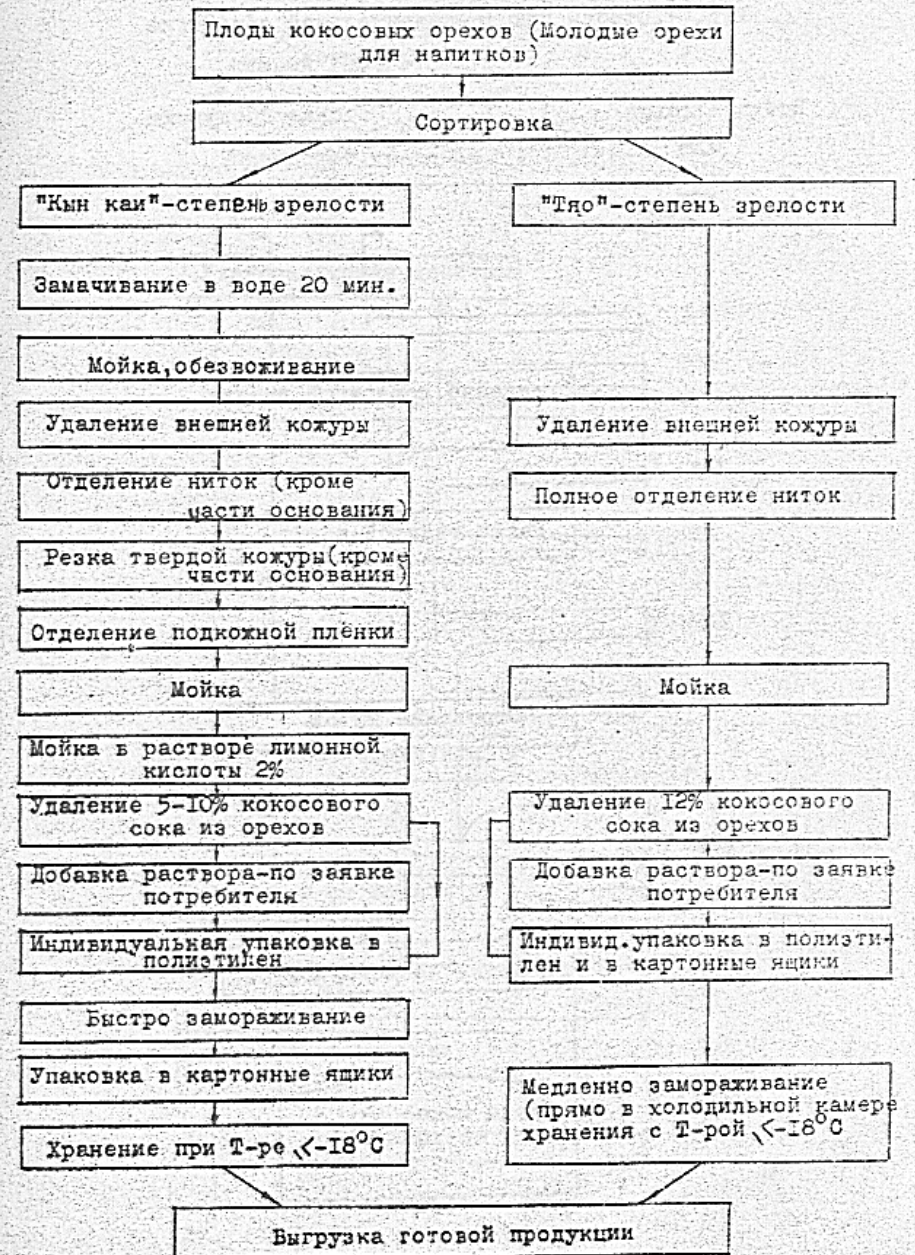


Рис.16.Отходы при предварительной обработке кокосовых орехов

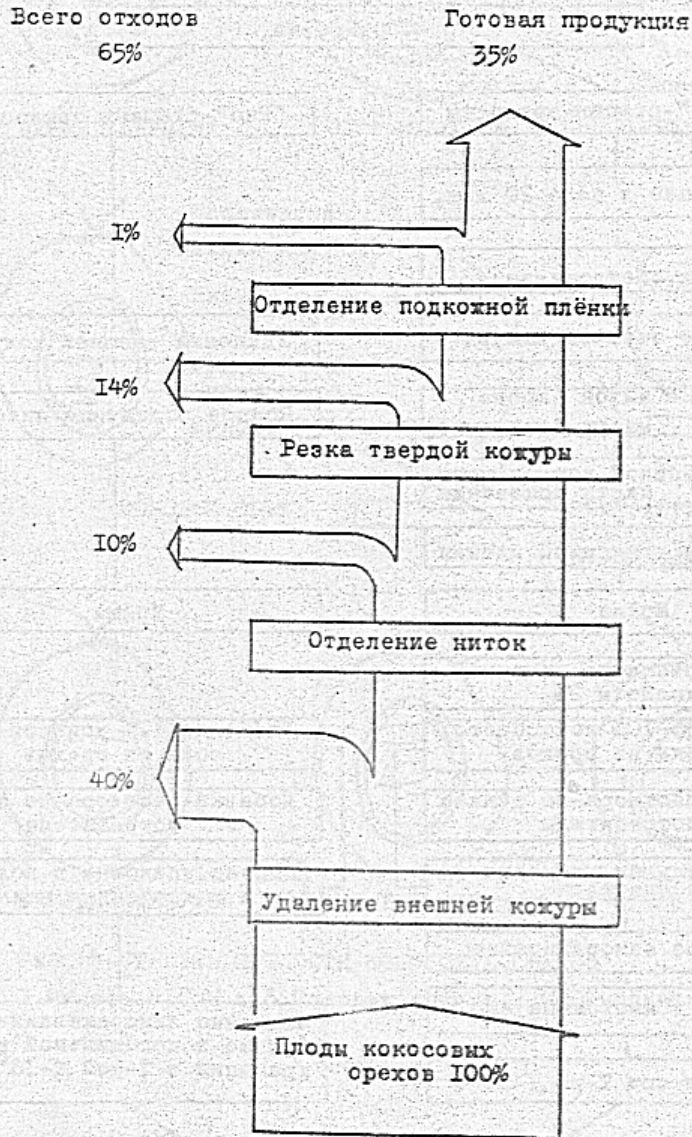
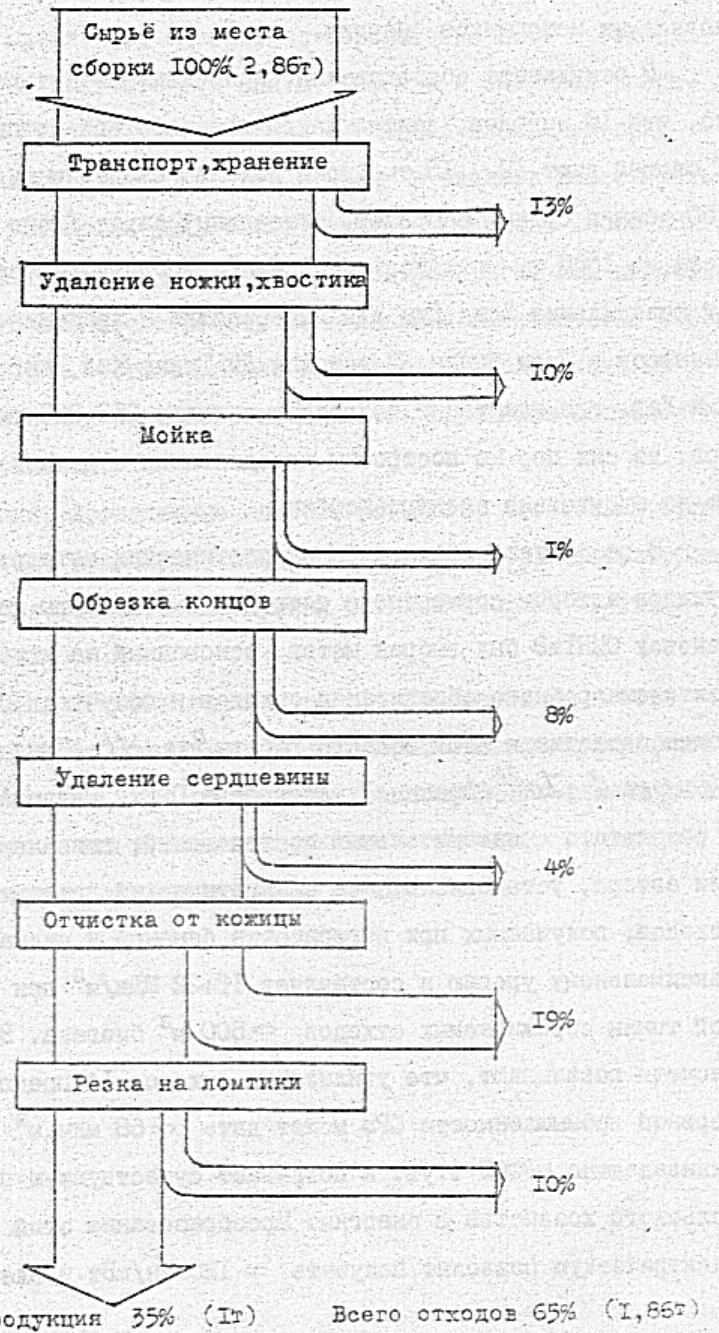


Рис.17.Отходы в отдельных операциях при предварительной обработке ананасов.



больше их масса. Поэтому *UNIDO* (Организация промышленного развития ООН) рекомендует при утилизации пищевых отходов прежде всего оценивать возможность их использования в качестве возобновляемых источников энергии.

В результате обследования, проведенного автором, установлено, что 16 заводов, занимающихся переработкой тропических плодов и овощей, дают 12...15 тыс. тонн отходов ежемесячно, или в среднем 450 тонн в сутки. Например, консервный завод Тьонг Май в Ханое дает до 1500 т отходов ежемесячно. Почти в два раза больше дает холодильник Лонд Дин для переработки и хранения замороженных ананасов в Тиен Чанге. В районах Ди Тханг Хай Занг и Чао Банг Мин Хай, где плантации позволяют снимать 250-300 тыс. тонн ананасов, до сих пор не построены холодильники с цехами переработки из-за отсутствия электроэнергии.

В результате анализа биоэнергетических методов утилизации отходов автором совместно с сотрудниками кафедры холодильных установок ОИНТИЭ был выбран метод, основанный на использовании эффекта анаэробного сбраживания отходов и получения биогаза. Наиболее известны в этой области работы *Barnett* (Канада), *Chartier P.*, *Demeyses A.*, *Loll* (Франция), Ангилеева О.Г., Баева А.А. (СССР). В результате предварительных исследований, выполненных при участии автора, установлено, что энергетический потенциал биогаза из отходов, получаемых при переработке бананов и ананасов близок к максимальному уровню и составляет $18+22$ МДж/м³ при выходе с каждой тонны сбраживаемых отходов ≈ 500 м³ биогаза. Выполненные расчеты показывают, что утилизация отходов 14 предприятий консервной промышленности СРВ может дать ≈ 68 млн.м³ биогаза, что эквивалентно 50000 т.ут. и покрывает существующую потребность сельского хозяйства в энергии. Преобразование этой энергии в электрическую позволит получить ≈ 125 млн/кВт.ч электроэнергии

в год, что составляет $\approx 6\%$ годового объема электроэнергии потребляемой в стране.

Исследования, проведенные для консервного завода Тан Бин в Хошимине, показывают, что анаэробная переработка 3000 т отходов в месяц позволяет получить 1,5 млн.м³ биогаза с энергией сгорания 33 млн.МДж. Такой энергетический потенциал позволяет получить 2,75 млн.кВт.ч электроэнергии в месяц и создать возможность дополнительной установки энергооборудования мощностью 12500 кВт.

Предполагается преобразовывать в электроэнергию 20% полученной энергии, что обеспечит работу холодильника вместимостью 5000т с цехом переработки. Остальная часть газа будет направлена на технологические нужды основного предприятия и решение вопросов обеспечения населения.

Исследования, проведенные автором показали, что весьма эффективным может стать применение абсорбционных термотрансформаторов, особенно в случае высокотемпературных потоков энергии из утилизируемых отходов.

Исследованный автором вариант энергосбережения на основе биоэнергетической утилизации отходов перерабатывающих предприятий привлекателен тем, что он позволяет одновременно решать задачи энергообеспечения и снижения уровня загрязнения окружающей среды, не увеличивая при этом импорт топлива.

ВЫВОДЫ

1. Развито новое направление в научных основах проектирования и эксплуатации предприятий холодильной промышленности, предназначенных для тропических условий - энергосбережение и экологическая защита в процессах холодильной обработки и хранения пищевых продуктов.

2. Установлено, что существующая в СРВ концепция развития экспорта ценных тропических плодов и морепродуктов не учитывает энергетической ценности отходов, получаемых экспортером при обработке сырья, в то время как экспортные поставки некоторых видов вьетнамского пищевого сырья в страны с развитой биоэнергетикой фактически включают поставки топлива в количествах, достаточных для переработки этого же сырья.

3. Новая концепция развития технологии замораживания, охлаждения и холодильного хранения ценных тропических плодов и морепродуктов в СРВ, предложенная автором, позволяет уменьшить расход традиционных энергетических ресурсов и повысить уровень экологической защиты среды в результате соблюдения следующих основных концептуальных принципов:

3.1. Все тропические виды плодов, овощей и морепродуктов, потребляемые в обработанном виде, подлежат заморозке, охлаждению и хранению только после обработки и отделения технологических отходов.

3.2. Все тропические виды плодов, овощей и морепродуктов, предназначенные для экспорта из СРВ в замороженном и охлажденном виде, подлежат отгрузке только в виде готовых продуктов и полуфабрикатов.

3.3. Модернизация действующего холодильного хозяйства СРВ, создание новой холодильной техники и технологии должны базироваться на применении методов прямой экономии энергии, биоэнер-

гетической утилизации отходов и использовании других возобновляемых видов энергии.

3.4. Внедрение новых нормативных технологий в СРВ должно учитывать характерные особенности экосферы СРВ, включая пересыщение воздуха, пониженное содержание кислорода в атмосфере, повышенную микробную и грибковую обсемененность среды, и высокую среднюю температуру наружного воздуха с небольшой суточной амплитудой колебаний.

4. Впервые определенные теплофизические свойства (λ, ϵ, ρ) ценных местных вьетнамских сортов ананасов, манго, бананов, папайя и авокадо использованы для уточнения расчета продолжительности охлаждения и замораживания в естественном виде и после предварительной технологической обработки.

5. Впервые определенные теплофизические свойства (λ, ϵ, ρ) морепродуктов дия, нгеу, шокет, устриц, омаров и шиявок, подвергаемых заморозке с целью последующего экспорта, использованы для расчета продолжительности термической обработки.

6. Впервые в тропических условиях СРВ проведено исследование теплофизических и механических процессов в легких охлаждающих конструкциях холодильников из трехслойных теплоизолированных панелей и предложена модель определяющая термический прогиб панелей как результат преобразования части энергии проходящего теплового потока в механическую.

7. Впервые установлено, что одной из основных причин увеличения теплопроводности газонаполненных изоляций в трехслойных панелях является возникновение периодических температурных прогибов.

8. Предложенный критерий оценки соответствия заданных условий хранения теплофизическим, помологическим и товарным особенностям направляемых на хранение дышащих грузов, полученный на основе рассмотрения традиционных и прогрессивных хранилищ для свежего растительного сырья, позволил провести специализацию хранилищ и, в результате, уменьшить потери и энергетические затраты при хранении.

9. Исследование влияния прямой солнечной радиации на величину тяги в вертикальных каналах с "зачерненными" поверхностями позволило предложить конструкции устройств термических вентиляторов для воздушного конденсатора и вентилируемых крыш холодильников, сокращающие энергозатраты при эксплуатации холодильников в дневное время.

10. Предложенная и исследованная охлаждающая система камер хранения и охлаждения дышащих грузов, позволила исключить энергозатраты, связанные с работой вентиляторов в камере, и улучшить условие отвода тепла из объема штабеля; разработана методика расчета.

11. Предложенная, исследованная и внедренная эффективная технология заморозки кокосовых орехов, позволила сократить энергозатраты, отнесенные к тонне поступающего груза на 40-42%.

12. Предложенная, исследованная и внедренная эффективная технология заморозки ананасов, позволила сократить энергозатраты, отнесенные к тонне поступающего груза на 25-30%.

13. Анализ экспериментальных данных по исследованию отходов производства замороженных кокосовых орехов, ананасов, бананов

и других продуктов показал, что биоэнергетическая утилизация этих отходов позволяет ввести в действие новые энергопотребляющие объекты холодильной техники, что может в значительной степени уменьшить зависимость холодильной и перерабатывающей отрасли от традиционной ресурсной энергетики.

14. Предложена технология производства теплоизоляционных матов из кокосового волокна и определены теплофизические свойства изоляции.

15. Научные результаты исследований доведены до практических рекомендаций и применений при разработке новых охлаждающих систем и строительных конструкций на холодильниках в Хошимине, Ханое, Хайфоне, при внедрении новых технологий холодильной обработки на холодильниках хладокомбинатов в провинциях Тиен Зан, Хау Зан, Кен Зан, Донг Зиа и др. Суммарный экономический эффект при внедрении разработок составил 530 млн. донгов.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Чан Дык Ба, Чинь Хуен Хуэ. Вопрос холодильного хранения плодов и овощей для города // Ханойские ведомости. Ханой-1963. - С. 4-6.

2. Чан Дык Ба. Хранение плодов и овощей при низкой температуре // Наука в массы. Ханой-1965. С. 3-4.

3. Чан Дык Ба. Абсорбционные холодильные установки для легкой промышленности // Техника в легкой промышленности. Ханой-1968. - №5. - С. 18-20.

4. Чан Дык Ба. Утилизация сбросного тепла для производства холода в химических предприятиях // Труды министерства тяжелой промышленности, ДРВ, Ханой-1969. - С. 8-10.

5. Чан Дык Ба. Применение водоаммиачных абсорбционных холодильных установок в развитии местной промышленности // Техника в легкой промышленности. Ханой-1970. - №1. С. 12-15.

6. Чан Дык Ба. Использование солнечной энергии для производства холода//Вестник научной деятельности.Ханой-1970.-№3-С.16-19.
7. Чан Дык Ба, Минкус Б.А. Абсорбционные холодильные машины с приводом насоса, работающим на слабом водоаммиачном растворе//Техническая наука.Ханой-1970.-№4-С.5-8.
8. Чан Дык Ба, Минкус Б.А., Жадан С.З. Исследование абсорбционно-эжекторных холодильных машин//Техническая наука.Ханой - 1970-№5-С,II-15.
9. Минкус Б.А., Чан Дык Ба, Биязи Е.Н., Гаврилюк Г.В. Испытание водоаммиачной абсорбционно-эжекторной холодильной машины//Холодильная техника.-1970.-№6-С.7-10.
10. Минкус Б.А., Чан Дык Ба. Абсорбционные холодильные машины, использующие энергию слабого раствора для привода насоса//Холодильная техника и технология.-1970.-№10.-С.69-78.
11. Чан Дык Ба, Жадан С.З., Минкус Б.А. Выбор оптимального давления в приемной камере аммиачного эжектора//Холодильная техника и технология.-1970.-№11.-С.8-10.
12. Минкус Б.А., Жадан С.З., Чан Дык Ба. Регулирование производительности поджимающего эжектора в системе абсорбционной холодильной машины//Холодильная техника.-1970.-№12.-С.28-29.
13. Минкус Б.А., Чан Дык Ба, Биязи Е.Н., Гаврилюк Г.Б. Абсорбционно-эжекторные холодильные машины//Холодильная техника и технология.-1970.-№12.-С.25-32.
14. А:С.№254530 СССР, МИК Г 25Б. Абсорбционная холодильная установка/Чан Дык Ба, Минкус Б.А.- Оpubл. в Б.И.,1969, №32.
15. А.С.№291077 СССР, МИК Г25Б 15/04, Абсорбционная холодильная установка/Чан Дык Ба, Минкус Б.А.- Оpubл. в Б.И., 1971, №3.

16. Чан Дык Ба. Применение простого эжектора для снижения температуры испарения в абсорбционной холодильной машине//Техника в легкой промышленности. Ханой-1970.-№5-С.15-17.
17. Чан Дык Ба. Применение простого эжектора для снижения температуры охлаждения//Пищевая промышленность. Ханой - 1971.-№2-С.6-9.
18. Чан Дык Ба. Анализ АХМ и АЭХМ эксергетическим методом//Техническая наука.Ханой.-1972.-№6-С.19-24.
19. Чан Дык Ба. Анализ АХМ и АЭХМ энтропийным методом//Техническая наука.Ханой.-1974.-№11-С.20-23.
20. Чан Дык Ба. Вопрос переработки апельсина//Техническая наука НЕ АН. ВИН.-1974.-№8-С.10-13.
21. Чан Дык Ба. Обработка свежих апельсинов в НЕ АН//Техническая наука НЕ АН. ВИН.-1975.-№2-С.21-23.
22. Чан Дык Ба. Результаты исследований замораживания ананасов//Пищевая промышленность.Ханой.-1975.-№2-С.26.
23. Чан Дык Ба. Замораживание ананасов//Техническая наука НЕ АН. ВИН.-1975.-№3-С.24-26.
24. Чан Дык Ба. Принадлежность основного исследования кокосовых орехов//Техническая наука-Тхан Хоа.-1975.-№5-С.15-19.
25. Чан Дык Ба. Абсорбционные холодильные машины, использующие уголь и дерево//Техническая наука.Ханой-1975.-№7-С.12-15.
26. Чан Дык Ба. Использование отработанного тепла в химических и металлургических заводах//Техническая наука.Ханой. - 1975.-№9-С.14-17.
27. Чан Дык Ба. Охлаждение углекислотой//Пищевая промышленность.Ханой-1975.-№10-С.19-22.
28. Чан Дык Ба.Исследование по хранению апельсина в НЕ АН. ВИН-1975.-№10-С.21-24.

29. Чан Дык Ба, Нгуен Нгон Фьон, Чьон Зен Донг, Нгуен Ван Хан. Исследование абсорбционной холодильной машины//Научное сообщение ВУЗов. Ханой-1975.-№8-С.1-7.
30. Чан Дык Ба. Вопрос переработки апельсина в совхозах// Совхозы. Ханой-1976.-№2-С.3-5.
31. Чан Дык Ба. Холодильная техника и технология//Популярная наука. Ханой-1976-№475.-С.12-17.
32. Чан Дык Ба. Мнение о технике замораживания и о развитии промышленного замораживания пищевых продуктов в нашей стране// Пищевая промышленность. Ханой-1976.-№6-С.3-6.
33. Чан Дык Ба, Ле Куан Тан. Исследование вихревой холодильной машины//Техническая наука. Ханой-1976.-№11-С.14-17.
34. Чан Дык Ба. О замороженных ананасах для экспорта// Внешняя торговля. Ханой-1977.-№1.-С.5-8.
35. Чан Дык Ба. Замораживание ананасов в совхозах для экспорта//Совхозы. Ханой-1977.-№12-С.3-6.
36. Чан Дык Ба, Дан Хоа АН. Испытание по быстрому замораживанию плодов и овощей на конвейере//Пищевая промышленность. Ханой-1978.-№11-С.24-28.
37. Чан Дык Ба. Абсорбционная холодильная машина//Всеобщая наука. Ханой-1979.-№28С.4-6.
38. Чан Дык Ба. Абсорбционные холодильные машины, использующие уголь, дерево и сбросно-промышленное тепло//Научно-технические труды Политехнического Института города им.Хошимин (ПИ Хошимин). 1979-№6-С.16-21.
39. Чан Дык Ба. Исследование по переработке кокосовых орехов для экспорта//Пищевая промышленность. Ханой-1979.-№11-С.10-13.
40. Чан Дык Ба, Нгуен Ты Тук. Холодильник емкостью 100 тонн// Техническая наука. Ханой-1980.-№4-С.24-27.

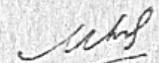
41. Чан Дык Ба. Эжекторная холодильная машина//Наука и жизнь. Ханой-1980.-№18-С.4-7.
42. Чан Дык Ба. Производство, монтаж и испытание компрессорно-эжекторной холодильной машины//Научно-технические труды ПИ Хошимин. 1980.-№7-С.32-36.
43. Чан Дык Ба. Данные по исследованию молочных продуктов в центре коров Дык Чонг//Строительство экономического района. Ханой-1981-№2-С.18-24.
44. Чан Дык Ба, Нгуен Суан Тен. Технические варианты приняты реконструкции и расширения льдозавода Ханоя//Научно-технические труды ПИ Хошимин. 1981-8-С.12-16.
45. Чан Дык Ба. Метод экономии электроэнергии в эксплуатации домашнего холодильника//Всеобщая наука. Ханой-1982-№10-С.2-3.
46. Фам Ван И, Дан Фьок Ки, Чан Тхи Суан, Нгуен Тхи Тхан Хоа, Нго Лой, Чан Дык Ба. Переработка, хранение молока и молочных продуктов в центре коров Дык Чанг//Научно-технические труды ПИ Хошимин. 1982-10-С.40-60.
47. Чан Дык Ба. Киен Занг с большой возможностью для развития экспорта замороженного ананаса//Киен Занг-Весна. Раг Зиа - 1982-№1-С.2-3.
48. Чан Дык Ба. Эжекторная холодильная машина ДР-79// Научно-технические труды ПИ Хошимин. 1982-№11-С.70-75.
49. Чан Дык Ба. Сублимационные продукты//Наука и развитие. Хошимин. 1983-№1-С.3-5.
50. Чан Дык Ба. Чрезвычайно быстрое замораживание//Наука и развитие. Хошимин. 1983-№2-С.7-8.
51. Чан Дык Ба. Обработка кокона в жидком азоте//Наука и развитие. Хошимин. 1983-№4-С.12-13.

52. Чан Дык Ба. Теплоизоляционная конструкция с тонким зазором воздуха//Наука и развитие.Хошимин.1983-№5-С.16.
53. Чан Дык Ба. Производство и применение углекислоты//Известия науки и техники города Хошимин.1984-№1-С.10-14.
54. Чан Дык Ба. Техника сублимации//Наука и жизнь.Ханой.1984-16сС.6-8.
55. Чан Дык Ба, Као Чыон Тхиен, До Дао Хай, Нго Тхан Лой. Технические варианты приемы для постройки и монтажа хладокомбината Дон Най//Научно-технические труды ПИ Хошимин.1985-№12-С.23-25.
56. Чан Дык Ба, Нгуен Ван Тай. Исследование сублимационной сушки пищевых продуктов//Научно-технические труды ПИ Хошимин.1985-№14-С.29-33.
57. Чан Дык Ба, Нгуен Ван Тай, Андре Войлер, Мартино Ломесто. Кокосовый орех замороженный и сублимационный//ХУП Международный конгресс по холоду, ТОМ С, С.408-485.Вена,1987.
58. Чан Дык Ба. Применение холода во Вьетнаме//ХУП Международный конгресс по холоду, ТОМ Г, С.405-409.Вена,1987.
59. А.С.№056 СРВ.Метод хранения кокосовых орехов/Чан Дык Ба, Гуен Ван Ханг.-Опубл. в Б.И.1989,№4.Ханой.
60. А.С.№Н1-0042 СРВ.Метод выращивания французской улитки (Обь)/Доан Дык Тхи, Чан Дык Ба.-Опубл.в Б.И. 1991,№4.Ханой.
61. Чан Дык Ба, Чумак И.Г., Кочетов В.П., Лихницкий С.Г. Современная концепция развития холодильной технологии плодов и овощей в СРВ//Наука-техника-экономика.Хошимин-1991.-№11.-С.6.
62. Чан Дык Ба, Фам Ван Бон и др. Промышленная холодильная машина.-Хошимин:изд-во "Комплекс", 1981.-140С.
63. Чан Дык Ба, Гуен Ман Хен, Гуен Тхан, Фам Ван Бон.Справочник по технике безопасности в холодильных установках.-Ханой:

- изд-во технических рабочих,1981.-136С.
64. Чан Дык Ба, Фам Ван Бон. Основы холодильной техники пищевых продуктов.-Хошимин:изд-во ПИ.Хошимин,1982.-402С.
65. Чан Дык Ба.Техника замораживания пищевых продуктов.-Хошимин:изд-во "Комплекс",1984.-146С.
66. Чан Дык Ба и др. Холодильная технология пищевых продуктов.-Ханой:изд-во "Наука-техника", 1984.-192С.
67. Чан Дык Ба, Фам Ван Бон, Нгуен Ван Тай. Техника промышленного замораживания.-Ханой:изд-во Технические наук,1986.-206С.
68. Чан Дык Ба и др. Общая холодильная техника (ТОМ I, ТОМ II).-Ханой:изд-во высших и средних образований, 1986.- 406С.
69. Чан Дык Ба, Лэ Ви Фук, Нгуен Ван Куан. Холодильная технология водных продуктов.-Хошимин:изд-во высших и средних образований, 1990.-350С.

Принято в печать

70. Чан Дык Ба, Фам Ван Бон, Чумак И.Г., Ларьяновский С.Ю., Парцхаладзе Э.Г. Холодильная техника и технология в условиях тропического климата.-Хошимин:изд-во высших и средних образований,1992.-350С.
71. Чан Дык Ба, Чумак И.Г., Кочетов В.П., Лихницкий С.Г. Современная концепция развития холодильной технологии в СРВ//Сельскохозяйственная промышленность.Ханой-1992-№5.
72. Чумак И.Г., Чан Дык Ба, Кочетов В.П., Лихницкий С.Г. Проблемы энергосбережения холодильных и перерабатывающих предприятий СРВ//Холодильная техника и технология.1992-№55.


TRAN DUC BA