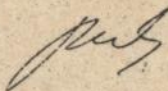


ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

ВЕРХИВКЕР Яков Григорьевич



ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА
СТЕРИЛИЗАЦИИ КОНСЕРВОВ В СОВРЕМЕННЫХ
АППАРАТАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО И НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Специальности:

05.18.12 - процессы, машины и
агрегаты пищевых производств;

05.18.13 - технология консерви-
рованных пищевых продуктов.

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук



00816862 (V)

...ско... выполнена в Одесском технологическом институте пищевой
 ...ости им. М.В. Ломоносова и в Украинском научно-исследова-
 ... и проектно-конструкторском институте "Консервпромплекс"
 ...сса/.

Научный консультант:

доктор технических наук, профессор В.Л. Флауменбаум

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор М.С. Аминов

доктор технических наук, профессор В.М. Лысянский

доктор технических наук, профессор Н.В. Остапчук

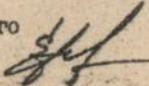
Ведущая организация: Научно-производственное объединение кон-
 сервной и овосесушительной промышленности /г. Видное, Моск. обл./

Защита состоится "23" декабря 1992г. в 10³⁰ час.
 на заседании специализированного совета Д 066.35.01 при Одесском
 технологическом институте пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова
 по адресу: 270039, Одесса, ул. Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского тех-
 нологического института пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова.

Автореферат разослан "22" 11 1992г.

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


 Б.В. Егоров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Предприятия агропромышленного комплекса являются крупными потребителями топливно-энергетических ресурсов. Только на плодоперерабатывающих предприятиях консервной промышленности ежегодно расходуется 38,6 млн. т. условного топлива, 933,6 ПДж тепловой и 29,4 млрд. кВт.ч. электрической энергии. Поэтому, даже небольшое повышение эффективности функционирования оборудования является чрезвычайно важным и экономит в масштабе отрасли большое количество энергоресурсов.

Отрасль является потребителем разнородных видов энергоносителей, причем каждый технологический процесс может реализовываться на различных типах машин (аппаратов), которые даже при одинаковой производительности потребляют различные количества разнородных энергоносителей.

Изучение эффективности реализации различных технологических процессов переработки плодов и овощей требует приведения разнородных энергоносителей к обобщающему параметру. В термодинамике таким параметром является эксергия энергоресурса – понятие достаточно широко распространенное в энергетике и широко применяемое для анализа различных энергетических систем, но совершенно не применяемое до настоящего времени при оценке эффективности технологических процессов консервного производства.

Системное рассмотрение плодоперерабатывающего консервного предприятия и оценка иерархии процессов (операций), составляющих систему, по расходу эксергии на их проведение позволяет наиболее полно сопоставить различные схемы консервного производства и применяемое оборудование, оптимизировать процесс по минимуму расхода эксергии, т.е. первичных энергоресурсов, и выработать рекомендации по выбору технологического оборудования для проведения оптимальных с энергетической точки зрения процессов (операций).

Вопросы энергосбережения приобретают особую актуальность в настоящее время в связи со значительным ростом (на 1-2 порядка) стоимости энергоносителей. Анализируя с этих позиций основные технологические процессы и операции плодоперерабатывающего консервного производства можно отметить, что в связи с распространенностью процесса заключительной тепловой обработки продукции в таре (стерилизации) на все технологические схемы производства консервируемой продукции, эта операция является наиболее энергоемкой. Удельный расход эксергии

на проведение процесса стерилизации составляет 207 2 МДж/кг., что в 1,5 раза превышает такие энергосемкие технологические операции как концентрирование и стерилизация продуктов "в потоке".

Таким образом, для эффективного функционирования плодоперерабатывающего консервного предприятия с точки зрения минимизации расходов энергосносителей и достижения максимального технологического эффекта необходимо в первую очередь детально и всесторонне исследовать процесс тепловой стерилизации продуктов в тере и реализующего его технологическое оборудование.

Исследованиями теории и практики стерилизационных процессов в аппаратах периодического и непрерывного действия, работавших как под избыточным, так и при атмосферном давлении занимались и продолжают работу в этом направлении зарубежные и отечественные ученые и специалисты. Среди них в первую очередь должны быть названы *C. O. Ball, E. Olson, C. A. Stumbo, O. Schultze, T. G. Gillespy, J. Hicks*, Б.Л. Флауменбаум, В.И. Роговичев, М.С. Аминов, Ф.И. Коган, В.П. Бабарин, Р.И. Лехно. Однако, в выполненных работах практически не уделялось внимания энергетическим особенностям процесса стерилизации. Кроме того, бурное развитие в последнее время стерилизационного и пастеризационного оборудования, отсутствие систематизированных сведений о нем, появление новых, использующих принципиально различные технологические и конструкторские решения аппаратов, требует проведения подробного изучения особенностей его функционирования и протекания тепловых процессов.

На основании изложенного выше представляется, что выполнение исследования, посвященного изучению энергетики стерилизационного процесса в современных аппаратах периодического и непрерывного действия должно способствовать решению народно-хозяйственных задач по созданию энергосберегающих технологических схем в консервной отрасли пищевой промышленности.

Цель и задачи работы. Основной целью работы является создание энергосберегающих технологических комплексов для переработки плодовоовощного сырья в консервном производстве, позволяющих существенно снизить энергозатраты при производстве продукции. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- обосновать возможность комплексной оценки технологического оборудования с энергетической, эргономической и материалоемкой позиций единым критерием сопоставления;
- разработать методологию научно-обоснованной оценки эффективности

использования энергоёмкого оборудования в технологических схемах производстве консервов;

- создать методический материал для практической реализации разработанного подхода, позволяющий оценивать целесообразность применения конкретной конструкции технологического оборудования в конкретной технологической схеме переработки сырья;
- с системных (взаимосвязанных) позиций исследовать технологию производства консервированной продукции из плодОВОЩНОГО сырья;
- выявить иерархию (значимость) энергоёмких процессов и операций в плодОперерабатывающей промышленности;
- провести комплексное теплоэнергетическое и теплофизическое исследование процесса заключительной тепловой стерилизации консервной продукции - основного технологического процесса консервирования, и оборудования для его осуществления;
- разработать конкретные технические решения, направленные на снижение энергетических затрат при производстве готовой продукции с обеспечением высокого качества консервов.

Научная новизна работы состоит в том, что в ней:

- выполнено исследование плодОВОЩНОГО консервного производства с энергетической точки зрения. Для оценки эффективности энергоёмкого технологического оборудования и процесса консервного производства применены понятия "эксергия" и "эксергетического коэффициента полезного действия";
- предложено при сопоставительной оценке стерилизационного оборудования понятие "эксергостерилизационная характеристика аппаратов";
- на основе системного представления плодОперерабатывающего консервного предприятия, как последовательности взаимосвязанных технологических процессов, выявлена иерархия операций для производства готовой продукции. На примере наиболее значимых видов из ассортимента выпускаемых в стране плодОВОЩНЫХ консервов, получено доказательство того, что заключительная тепловая обработка готовой продукции (стерилизация консервов в таре) является наиболее энергоёмким технологическим процессом. На основе оценки целостности и стабильности производства плодОВОЩНЫХ консервов определено его соответствие слабоорганизованной суммативной системе. Получены численные значения стабильности каждой из составляющих систему частей и доказана приоритетность оптимизации по энергопотреблению проведения процесса стерилизации продуктов в таре при реализации энергосберегающих технологических схем;

- разработана классификация стерилизационного и пастеризационного оборудования различных типов, позволяющая обобщить существующие конструкции и определить направление конструирования нового оборудования;
- разработаны взаимосвязанные методы моделирования и аналитического расчета процессов стерилизации и пастеризации консервируемой продукции в таре. на основе этих методов проведены изучение и расчет теплофизических и энергетических особенностей процесса стерилизации, а также выявление эффективности использования реализующего оборудования в конкретных технологических схемах плодоперерабатывающей промышленности при проектировании и эксплуатации;
- определены процессные характеристики стерилизационного и пастеризационного оборудования различных видов и типов, включая данные о режимах подачи энергоносителей, условиях протекания теплопередачи, конструктивных особенностях составных частей подсистемы "аппарат - обрабатываемая продукция";
- установлена существенная зависимость между условиями протекания процесса и полем стерилизующего эффекта как в вертикальных, так и в горизонтальных конструкциях. Получена зависимость эффективности процесса тепловой обработки продукта в таре от различных факторов (скорости изменения температуры среды, температурного уровня процесса, температурного фазования продукта, частоты ротации, консистенции продукта и т.д.). Предложены методики расчета эффективности ротационной стерилизации и изменения температурного поля в конвективно-кондуктивнопрогреваемой продукции;
- разработаны новые схемы, технические решения (защищены авторскими свидетельствами) и технологические режимы стерилизации и пастеризации, обеспечивающие существенное повышение технико-экономических характеристик плодоперерабатывающих консервных предприятий;

Защищаются следующие основные научные положения:

1. Производство плодовоовощных консервов широкого ассортимента описывается системой, ядром которой, с точки зрения энергопотребления, является заключительная тепловая обработка продукции в таре;
2. Техничко-экономическая эффективность технологического оборудования должна оцениваться с энергетической точки зрения, в частности для оценки стерилизационного оборудования необходимо использовать предложенную автором эксергостерилизационную характеристику аппаратов. В этом случае наиболее корректно оцениваются все необходимые для функционирования технологической схемы производства готовой продукции материальные (энергетические и неэнергетические) по-

токи;

3. Стерилизационное оборудование (стерилизаторы, пастеризаторы, автоклавы) плодоовощной отрасли консервной промышленности является сложным с точки зрения многообразия факторов, влияющих на достижение требуемого конечного результата, реализуемого на нем технологического процесса. Эффективность его использования зависит от режима эксплуатации и конструктивных особенностей составляющих частей подсистемы "аппарат-продукция";

4. Разработанные автором методы расчета и моделирования пастеризаторов, стерилизаторов и автоклавов непрерывного и периодического действия различных видов, обеспечивают получение данных, необходимых при проектировании и эксплуатации этих установок. Для возможности модельных расчетов технологии производства конвективно- и кондуктивнопрогреваемой продукции на ПЭЭМ разработаны блок-схемы программы расчетов.

Практическая ценность работы заключается:

- в разработке методики анализа и оценке эффективности использования энергосиокого технологического оборудования консервной промышленности с использованием эксергетического подхода . Реализация разработанного подхода к оценке эффективности использования стерилизационного оборудования в зависимости от вида обрабатываемой продукции позволяет экономить до 50% первичной энергии;
- в создании на этой основе энергорациональных режимов пастеризации и стерилизации широкого ассортимента плодоовощных консервов;
- в разработке технических решений по рекуперации тепловой энергии и исключению влияния случайных факторов (расположение автоклавной корзины в аппарата, перегрев и переохлаждение среды относительно требуемого значения температуры), направленных на повышение эффективности эксплуатации стерилизационного и пастеризационного оборудования, на улучшение его технологических, энергетических и технико-экономических показателей;
- в получении новых данных о динамике энергопотребления, о соотношении полезно используемой теплоты и полного количества подводимой энергии, о равномерности температурного поля и поля летальности в стерилизационном и пастеризационном оборудовании различных видов и типов, позволяющих создать энергосберегающие технологические комплексы.

Экономический эффект от использования разработанной конструкции пастеризатора непрерывного действия марки РЗ-КСВ и автоклавной корзины марки РЗ-КСК.5 составляет, соответственно, 8130руб. и 90 руб.

на 1 м.б. готовой продукции, а от использования разработанных режимов стерилизации и пастеризации в зависимости от вида продукции от 0,3 до 21,19 руб. при выпуске 1 туб. консервов в ценах 1970 года.

В диссертации решена научная проблема повышения эффективности использования стерилizаторов и пастеризаторов периодического и непрерывного действия, одного из основных видов энергоемкого технологического оборудования консервной отрасли пищевой промышленности.

Проблема имеет важное народнохозяйственное значение в связи с созданием и эксплуатацией энергосберегающих технологических схем переработки сельскохозяйственного сырья.

Апробация работ. Результаты диссертации докладывались и обсуждались на институтских, республиканских, союзных и международных конференциях и совещаниях, в том числе на: Всесоюзной научно-технической конференции по вопросам теории и практики стерилизации и пастеризации пищевых продуктов (Махачкала, 1981 г.), Всесоюзной научной конференции "Проблемы влияния тепловой обработки на пищевую ценность продуктов питания" (Харьков, 1981 г.), Всесоюзной научно-практической конференции в ТИХП (Ленинград, 1986 г.), Всесоюзной научно-технической конференции "Научно-технический прогресс в агропромышленном комплексе" (Батуми, 1985 г.), школе-семинаре "Тепломассообменные ресурсосберегающие технологии переработки сельскохозяйственного сырья" (Москва, 1987 г.), Республиканской научно-технической конференции молодых ученых и специалистов по ускорению создания и ускор освоения новой техники, технологии и повышения качества готовой продукции пищевой промышленности (Тбилиси, 1987 г.), Республиканской научно-технической конференции "Интенсификация технологии и совершенствование оборудования перерабатывающих отраслей АПР" (Киев, 1989 г.), Национальной научно-технической конференции с международным участием на тему: "Новые технологии и машины в консервной промышленности" (Болгария, Пловдив, 1989 г.), IV школе-семинаре "Энергетический метод анализа и его приложения в технических и экономических задачах" (ИТФ АН Украины, Николаев, 1990 г.), Всесоюзной конференции и "Научные основы создания энергосберегающей техники и технологий" (Москва, 1990 г.), Республиканской научно-технической конференции "Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающие отрасли АПК" (Киев, 1991 г.).

Публикации. По результатам исследований опубликован репринт, более 55 статей и тезисов докладов, в том числе и за рубежом, получено 14 авторских свидетельств на изобретения.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, девяти глав, общих выводов, списка использованной литературы и приложений. Содержание диссертации изложено на 248 стр. основного машинописного текста, 116 рисунках и 22 таблицах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении, основываясь на известном количественном потреблении теплоэнергоресурсов консервной отрасли пищевой промышленности обосновывается актуальность направлений исследований, выполненных в настоящей диссертационной работе. Сформулирована цель и задачи для ее достижения.

В первой главе "Флодоперерабатывающая отрасль консервной промышленности как система энергопотребляющих технологических процессов" рассмотрена классификация и ассортимент плодосовощных консервов, выпускаемых отечественными предприятиями. Показано, что с учетом доли в общем объеме выпуска плодосовощных консервов, наиболее значительную часть составляют томатные консервы, фруктовые соки, нектары, напитки и натуральные овощные консервы. В общем выпуске плодосовощных консервов эти группы составляют свыше 56%. В связи с этим, для создания рациональных энергетических комплексов по переработке плодосовощного сырья в консервной промышленности, рассмотрены технологические схемы производства этих консервов. Сравнение структуры этих схем позволило представить плодоперерабатывающее консервное производство в виде системы взаимосвязанных технологических процессов и оценить с энергетических позиций их иерархию. В рассмотренных литературных источниках, посвященных реализации технологических процессов плодоперерабатывающего консервного производства, приводятся описания машин и аппаратов для осуществления всех процессов и операций. Однако, из-за того, что для функционирования значительной части технологического оборудования необходимы разнообразные источники энергии, оценка энергетической иерархии процессов и операций возможна лишь при использовании обобщенного критерия энергопотребления.

Одним из путей по реализации такого подхода, является использование энергетического метода анализа, который в настоящее время нашел широкое применение в исследованиях процессов и оборудования тепловых и холодильных установок, металлургических и химических производств. Энергетический подход к исследованию консервного производства позволяет сопоставить разнородное технологическое оборудование по единому энергетическому критерию — удельному расходу энергии на осуществление конкретного процесса конкретной машиной (аппаратом, агрегатом). Такой подход обобщенного представления обратных

конструкций хорошо сочетается с принятым в исследовательской практике системным подходом к рассмотрению технологических схем. В целом, обобщение сведений, изложенных в дочной главе, позволило аргументировать приоритетность исследования теплофизики и энергетики заключительного процесса консервирования - тепловой стерилизации при создании рациональных энергосберегающих технологических комплексов для переработки плодовоовощного сырья в консервной промышленности.

Во второй главе "Анализ конструкций и тепловых схем стерилизационного и пастеризационного оборудования консервных предприятий" предложена подробная классификация оборудования для заключительной тепловой обработки консервируемой продукции. На основе выполненной классификации рассмотрены особенности конструкций, принципиальные тепловые схемы, принципы эксплуатации и управления основными типами и видами стерилизационного оборудования. Рассмотрены следующие аппараты: БС-КАВ, WAA-II, LW-2002, Steriflow, Flavoz Ace, Phomix, J. Lagarde, Steristeam, АЭ-КОТ, СР, Steromat, WS AI, Stock, Ster-zot, Lube ca-3003, Хунистер, Кукер-кулер, АЭ-ХА, РЗ-КСЗ, ТП, РР, РР/А.

Так как большинство рассмотренных аппаратов практически эксплуатируются на отечественных консервных предприятиях, то приведены их подробные технические характеристики. Однако, имеющихся данных недостаточно для аргументированного выбора наиболее приемлемой в интересующей технологической схеме конкретной конструкции стерилизационного оборудования. Обобщение изложенного, в главе материала позволяло обосновать необходимость выполнения экспериментальной работы, связанной с исследованием динамики потребления теплоэнергоресурсов стерилизационным и пастеризационным оборудованием и его функционированием в различных режимах эксплуатации.

В третьей главе "Стерилизация, методология и техника проведения исследований" приведены организационные, методологические и технические аспекты выполненных исследований, включающие два этапа: экспериментальный и теоретический. При проведении экспериментального этапа использовались как модельные, так и натурные методы исследований. Модельные эксперименты осуществлялись на специально разработанных и созданных стендах, учитывающих все многообразие существующих и возможных энергетических схем стерилизационного технологического оборудования консервной промышленности.

Для реализации поставленных в диссертации задач были изготовлены: установка для моделирования процессов тепловой обработки в автоклавах и стерилизаторах; стенд для изучения гидродинамики при ротационной стерилизации; стенд для изучения процессов пастеризации консер-

вов в аппаратах погружного и оросительного типов с водяным теплоносителем: стенд для исследования процесса пастеризации в аппаратах с паровым и воздушным теплоносителями. Для выявления фактического потребления энергоресурсов в различных конструкциях стерилизационных аппаратов при их производственной эксплуатации, часть экспериментов проводилась в условиях действующих производств. Для измерения всех необходимых параметров процесса тепловой обработки консервируемой продукции использовались современные исследовательские комплексы и сборки аппаратуры. В частности, для выполнения температурных измерений применялись приборы "Эллаб" и "Термобиль". В тех случаях, когда опыты проводили в производственных условиях на промышленных образцах оборудования для измерений использовались и штатные приборы управления.

Теоретический этап исследований заключался в разработке методов проведения экспериментов, обработке получаемых результатов, создании математических моделей и блок-схем расчетов теплопроницаемости при стерилизации конвективно- и кондуктивнопрогреваемой продукции. Кроме того, теоретически этап включал в себя разработку методики обобщенной оценки энергоемкого технологического оборудования, выявление его иерархии и составление классификации стерилизационных и пастеризационных аппаратов, а также обоснование выбора ассортимента продуктов для выполнения исследований. В этот ассортимент, кроме натуральных пищевых продуктов, прогреваемых кондуктивно, конвективно и смешанно, были введены и модельные водяные растворы различной концентрации, имитирующие теплофизические и гидродинамические характеристики консервируемой плодовоовощной продукции.

Промышленная апробация разработанных технических решений и режимов стерилизации и пастеризации проводилась на консервных предприятиях, в частности, на Одесском экспериментальном консервном заводе им. В.И.Ленина, Одесском консервном заводе, Херсонском консервном комбинате, Витебском консервном заводе, Симферопольском консервном заводе им. 1 Мая, Азовском комбинате детского питания. Схема проведения исследований, иллюстрирующая взаимосвязь между экспериментальными и теоретическими этапами, представлена на рис.1.

Глава четвертая "Комплексное теплофизическое и энергетическое исследование процесса тепловой стерилизации консервов в вертикальных автоклавах" посвящена подробному изучению наиболее распространенных в практике отечественной консервной промышленности стерилизационных аппаратов периодического действия. При энергетическом рассмотрении автоклавов вертикального типа получены гистограммы потребления энергоресурсов в "паровом" и в "водяном" вариантах эксплуатации и пред-

ложен вариант перевода их в эквивалентные диаграммы. Определены фактические значения тепловых расходов энергоносителей при функционировании вертикальных автоклавов в "водяном" и "паровом" режимах. Эти значения составляют, соответственно, по насыщенному водяному пару - $2,8 \cdot 10^{-3}$ и $3,22 \cdot 10^{-3}$ кг/кг(град.ч); по воде - $0,28$ кг/кг(град.ч); по сухому воздуху - $2,99 \cdot 10^{-3}$ и 0 кг/кг(град.ч).

Изучено влияние различных факторов (технологических и конструктивных) на эффективность осуществления процесса. Установлено, что фактические зависимости от величины живого сечения перфорации центра автоклавных корзин (эта величина в экспериментах изменялась от 5,78% до 24,25%) оценка однородности температурного поля может быть выражена в виде $\sum (t_{ip} - t_{ij})^2$ где: t_{ip} - соответствующее значение температуры в i -тый момент времени по трицепидальному закону, t_{ij} - соответствующее значение температуры в i -тый момент времени в j -той точке. Выявлено, что наибольшая неравномерность температурного поля в рабочем объеме вертикального автоклава наблюдается в период охлаждения консервов. Эта неравномерность температурного поля в большей степени характерна для корзины расположенной сверху. Разброс температур в центральной (серой) части корзины больше, чем в периферийной. Температурное поле в циркуляционном зазоре однородно. Статистически значимых различий между точками, расположенными на разной высоте автоклава не обнаружено. Показания автоклавного термометра адекватно отражают температуру в рабочем объеме вертикального автоклава. Изучена прогреваемость различных типов пищевых продуктов и температурных режимов в вертикальных автоклавах. В качестве объектов для определения прогреваемости были взяты следующие консервы: "Морковно-виноградный сок", "Морковный сок" в таре I-58-200 и "Икра казачковая" в таре №12, режимы стерилизации которых, соответственно, составляли 20-25-20; 25-45-25; 20-45-20. Для исследования тепловых режимов объем 120°C автоклава был распределен по высоте и диаметру на зоны. Такое распределение объема позволило изучить поле стерилизующего эффекта в аппаратах. В табл. 1, 2 и 3 приведены результаты исследований для указанных видов консервов, соответственно.

Таблица I

№ п/п	тип автоклавной корзины и ее положение в автоклаве	ее: F_{min} ; F_{max} ; F_{cp}			V , %	R , усл. мин
		усл. м.	усл. м.	усл. м.		
1.	Конструкция с перфорацией 5%					
	верхняя	1,04	4,55	2,59	56,5	3,51
	нижняя	1,89	3,30	2,51	23,9	1,41

Продолжение табл. I

№ : Тип автоклавной корзины и ее положение в автоклаве	F_{min} : усл.м.	F_{max} : усл.м.	F_{cp} : усл.м.	V : %	R : усл.м.
по автоклаву в целом	-	-	2,35	40,1	-
2. Конструкция с перфорацией 25%					
верхняя	2,04	3,69	2,66	24,24	1,65
нижняя	1,79	3,43	2,53	29,15	1,64
по автоклаву в целом	-	-	2,62	25,75	-

Таблица 2

№ : Тип автоклавной корзины и ее положение в автоклаве	F_{min} : усл.м.	F_{max} : усл.м.	F_{cp} : усл.м.	V : %	R : усл.м.
1. Конструкция с перфорацией 5%					
верхняя	3,69	8,50	7,05	32,10	1,82
нижняя	6,35	6,05	7,44	6,82	1,10
по автоклаву в целом	-	-	7,24	21,15	-
2. Конструкция с перфорацией 25%					
верхняя	10,68	13,95	12,72	11,31	3,27
нижняя	11,20	13,10	12,20	7,72	1,90
по автоклаву в целом	-	-	12,37	9,0	-

Таблица 3

№ : Тип автоклавной корзины и ее положение в автоклаве	F_{min} : усл.м.	F_{max} : усл.м.	F_{cp} : усл.м.	V : %	R : усл.м.
1. Конструкция с перфорацией 5%					
верхняя	1,46	,92	0,63	24,78	0,50
нижняя	0,83	1,35	1,00	23,60	0,32
по автоклаву в целом	-	-	0,84	24,41	-
2. Конструкция с перфорацией 25%					
верхняя	0,60	1,06	0,85	25,06	0,46
нижняя	0,89	1,47	1,17	20,00	0,58
по автоклаву в целом	-	-	1,01	22,57	-

Сравнение дисперсии стерилизующего эффекта показало, что увеличенные степени перфорации царги корзины приводит к выравниванию теплового воздействия на обрабатываемую продукцию. Так, для корзины с перфорацией 5% дисперсия стерилизующего эффекта в зонах верхней и нижней корзины неоднородны, а для корзины с развитой перфорацией (25%) эти ве-

личия становятся однородными. Следует отметить, что при малых значениях перфорации наиболее опасна, с точки зрения достижения минимального значения стерилизующего эффекта зона, которая находится в придонной части верхней корзины. С ростом коэффициента перфорации царги корзины отстаивание в прогреве банок, расположенных в этой области, нивелируется. Так же изучено влияние отклонения продолжительности нагрева и охлаждения от заданной формулы для различных низко- и высокотемпературных режимов стерилизации консервов, а также влияние отклонения температуры стерилизации от заданного значения на изменение стерилизующего эффекта. Это было необходимо в связи с решением проблемы стабилизации циркуляционного затора, одного из наиболее значимых конструктивных факторов вертикальных автоклавов. На рис. 2 представлены результаты исследования влияния циркуляционного затора на условия нагрева и охлаждения консервов. Выполненные эксперименты показали, что отклонение температуры стерилизации в диапазоне ± 3 град. приводит, в зависимости от температурного уровня процесса, к изменению величины стерилизующего эффекта на 7-69% к его номинальному значению. Отклонение времени нагрева и охлаждения от заданных значений в диапазоне ± 5 мин. приводит к изменению величины стерилизующего эффекта на 1-111%. Значение этого отклонения от номинального значения также отличается для различных по консистенции продуктов и для высоко- и низкотемпературных режимов стерилизации. При этом, для высокотемпературных режимов эта зависимость наиболее значима. Одним из основных технологических факторов, влияющих на эффективность процесса заключительной тепловой обработки консервируемой продукции является температура стерилизации. Выполненные эксперименты, результаты которых представлены на рис. 3 позволяют отметить, что в зависимости от скорости подъема температуры греющей среды в аппарате, изменение температурного уровня теплового процесса, например от 120°C до 135°C , уменьшает, для продуктов различной консистенции, продолжительность периода собственно стерилизации на 30-35%.

В пятой главе "Комплексное теплофизическое и энергетическое исследование процесса завершающей тепловой стерилизации консервов в горизонтальных автоклавах" с позиций, аргументированных рассмотрению материала в четвертой главе, изучены широко применяющиеся в настоящее время горизонтальные стерилизационные аппараты периодического действия. В качестве объектов исследования выбраны аппараты, входящие в состав технологических линий, эксплуатируемых на отечественных плодоперерабатывающих консервных предприятиях, марок "Steigflaw", "J. Lagarde", "Lubeca", "Единство", АЭ-КСТ. Энергетическое рассмотрение особенностей этих аппаратов позволило определить фактические значе-

ния удельных расходов энергоносителя при их функционировании. В табл.4 приведены эти величины.

Таблица 4

Итактическое удельное значение : расхода энергоносителя	Конструкция автоклава				
	: <i>Steriflow</i> : J. Lagak		: <i>Isbera</i> : ИГИНСТЭС : АЭКОСТ		
Намешенный водной пар, 10^3 , кг/кг(град.ч)	0,126	0,108	4,69	4,69	2,15
Вода, кг/кг(град.ч)	0,044	0,156	0,307	0,393	0,204
Сжатыи воздух, 10^5 , кг/кг(град.ч)	2,72	41,2	-	-	9,82
Электрэнергия, 10^5 , кВт/кг(град.ч)	2,36	21,26	5,53	28,9	3,59

Экспериментальное исследование температурного поля в рабочем объеме горизонтальных автоклавов показало, что оно полностью однородно. Этот эффект достигается за счет значительно интенсификации процесса теплопередачи. В связи с этим, при исследовании горизонтальных автоклавов особое внимание было уделено изучению вопроса теплопроводности в кондуктивно прогреваемые продукты. На рис.4^а приведена динамика послойного изменения температуры консервов "Румяные щечки" в таре I-58-250 при различной скорости изменения температуры греющей среды в аппарате. Основным результатом проведенных опытов, является доказательство того, что интенсификация теплообмена в горизонтальных автоклавах парализует отрицательное влияние низкой температуры в аппарате перед началом цикла стерилизации. Это особенно важно в аппаратах с водяной системой нагрева, так как интенсификация теплообмена достаточно быстро восстанавливает температуру в пограничных слоях продукта до соответствующих значений. Иллюстрацией отмеченного являются представленные на рис.5 прогреваемости консервов "Румяные щечки" в таре I-58-250 в автоклаве "*Steriflow*" по интенсифицированному и обычному (соответствующему вертикальным автоклавам) режимам стерилизации. Формулы режимов следующие: $10-40-25/120^{\circ}\text{C}$ и $25-30-30/120^{\circ}\text{C}$. Сопоставление полученных результатов показывает, что, несмотря на худшие условия реализации интенсифицированного режима (более низкая температура воды в аппарате перед началом обработки) достигается сокращение суммарной продолжительности цикла стерилизации на 12% при обеспечении практически неизменного значения детальности тепловой обработки продукции.

Интенсификация теплообмена путем механического воздействия на обрабатываемую продукцию является широко известным технологическим приемом, который реализован во многих конструкциях горизонтальных автоклавов. В диссертации на основе модельных и натуральных исследований предложена математическая модель, позволяющая рассчитать оп-

тимальную скорость ротации тары с продуктом при тепловой обработке в зависимости от сочетания определяющих факторов (вид продукта, тара, степень наполнения, температура фасования, температура греющей среды в аппарате). На рис. 6 приведена блок-схема расчета параметров рстационанной стерилизации консервов по разработанной математической модели.

В основу расчета положено условие статики паргазового "пузыря" размера d_2 в продукте:
$$\frac{\rho \mu d_2^2}{Re} = a(t-k) V \rho'$$

так как его выполнение при частоте ротации N_1 определяет верхний предел диапазона изменения этой величины в конкретном продукте при определенной степени заполнения K тары вместимостью V и скорости U всплывания паргазового "пузыря":

$$U = \left(\frac{13066^2 \rho'}{\rho^2 \mu} \right)^{0,2}$$

Сопоставление результатов расчетов с данными экспериментальных исследований позволило сделать важный, с точки зрения энергосбережения, вывод о целесообразности применения ротации в пассивный период теплообмена. Длительность этого периода достигает до 58% от общей продолжительности процесса тепловой обработки.

Шестая глава "Экспериментальное исследование особенностей протекания процесса тепловой стерилизации консервов в непрерывнодействующем технологическом оборудовании". В отличие от четвертой и пятой глав, в этой главе, с энергетических и технологических позиций, рассматриваются стерилизаторы и пастеризаторы непрерывного действия.

Так как процессы, происходящие в непрерывнодействующих конструкциях стерилизационного оборудования, аналогичны процессам, реализуемым в периодически действующих автоклавах, то при рассмотрении стерилизаторов и пастеризаторов основное внимание уделялось аппаратам, имеющим характерные принципиальные конструкторские отличия. Одним из таких стерилизаторов является "Кукер-кулер", в котором вращение банки с продуктом вдоль оси осуществляется периодически. На рис. 7 приведены результаты экспериментальных исследований прогреваемости различной продукции в аппарате в зависимости от степени заполнения тары и частоты вращения, а в таблице 5 - зависимость летального эффекта теплового режима обработки "Соча томатного" в банке 13 от расположения точки замера температуры при различной степени заполнения тары.

Анализ кривых и результаты расчета полностью подтверждают выводы, полученные в пятой главе при физическом моделировании механического воздействия на стерилизуемую продукцию об определяющем влиянии гидродинамической обстановки в банке на интенсификацию тепловых процессов. При большой скорости ротации, либо, что аналогично, при

практически полностью заполненной продуктом банке, движение парогазовых включений, практически не оказывает перемешивающего эффекта и нагрев (охлаждение) продукции происходит только за счет её тепловых свойств.

Таблица 5

Степень заполнения банки	Детальный эффект теплового режима $L_{21}^{3.5^{\circ}C}$, усл. мин		
	: положение точки замера температуры на вертикальной оси		
	: 1/2 высоты	: 1/3 высоты	: 1/4 высоты
0,22	15,53	16,60	16,22
0,956	15,35	16,07	16,26
0,979	15,04	16,55	16,20
0,990	5,40	6,15	6,20

На следующем этапе исследований изучали особенности протекания тепловых процессов в пастеризационном оборудовании непрерывного действия. Из уравнения энергетического баланса аппаратов

$$Q_{\Sigma} = \sum Q_n + \sum Q_{нт}$$

по тривиальным соотношениям определены абсолютные значения и соотношения между суммарно подводимой к пастеризаторам энергией Q_{Σ} , её полезно используемой частью Q_n и потерями $Q_{нт}$. На рис. 8 приведены энергетические диаграммы аппаратов погружного и оросительного типов и аналогичные диаграммы горизонтального и вертикального автоклавов. Расчеты показывают, что в непрерывнодействующих аппаратах полезно используемая энергия составляет до 70% от суммарно подводимой, в то время как у периодически действующего оборудования эта величина не превышает 32%. Особенностью проведения процесса тепловой обработки продукции в непрерывнодействующих аппаратах является неравномерность потребления теплоты по их длине. Этот момент также нашел отражение в диссертации. На рис. 9 представлена динамика потребления теплоты по длине непрерывнодействующего пастеризатора при обработке консервов "Пюре из яблок" в тере I-53-250 и соответствующее изменение среднеобъемной температуры продукта. Полученные результаты позволяют обосновать конструктивное исполнение теплопередающих поверхностей и нагревательных элементов аппаратов.

В седьмой главе "Эксергетический анализ стерилизационного оборудования" обоснована целесообразность применения для сопоставительной оценки автоклавов, пастеризаторов и стерилизаторов обобщенного критерия - эксергостерилизационной характеристики аппарата (ЭСХ).

С физической точки зрения, ЭСХ представляет собой соотношение суммарных затрат эксергии при проведении процесса стерилизации консер-

всех к достигнутому значению стерилизующего эффекта в данном тепловом аппарате при обработке 1 кг. продукции. Размерность этой величины - кДж/кг(усл.мин.). Чем меньше полученное в результате расчетов численное значение ЭСХ в рассматриваемом случае, тем более эффективно использование данного аппарата в технологической линии производства данной продукции с точки зрения экономии первичной энергии.

Компьютерный характер ЭСХ требовал разработки подходов оценки как энергетических затрат на проведение процесса стерилизации (пастеризации), так и технологических характеристик теплового воздействия. Под первыми можно понимать ранее упоминавшиеся затраты энергии (первичной энергии) на проведение процесса, а под вторыми - принятой в консервной промышленности, стерилизующий эффект тепловой обработки продукции.

При энергетическом методе анализа оптимальное деление энергетической части ЭСХ не вызывает трудностей при знании удельных значений - "потребление энергоресурсов при функционировании аппаратов", подход к определению которых изложен в диссертации. Технологическая часть потребовала разработки методики расчета динамики изменения температуры при тепловой обработке кондуктивно- и конвективнопрогреваемой консервируемой продукции на основе решения конечно-разностной формы уравнения теплопроводности:

$$T_{(i,j)}^{(2+\Delta\tau)} = T_{(i,j)}^{(\tau)} + \frac{a\Delta\tau}{\Delta z^2} [T_{(j,i-1)}^{(\tau)} - 2T_{(j,i)}^{(\tau)} + T_{(j,i+1)}^{(\tau)}] + \frac{a\Delta\tau}{2\Delta z^2} [T_{(j,i-1)}^{(\tau)} - T_{(j,i+1)}^{(\tau)}] + \frac{a\Delta\tau}{\Delta z^2} [T_{(i,j-1)}^{(\tau)} + 2T_{(i,j)}^{(\tau)} + T_{(i,j+1)}^{(\tau)}]$$

Решение, в отличие от известных методов, учитывает наличие теплового сопротивления поверхности теплопередачи, то-есть $Bi \neq \infty$. Расчеты, выполняемые по созданной программе на ЭЭМ, показали хорошее совпадение с экспериментальными результатами. Для конвективнопрогреваемой продукции при определении динамики изменения температуры во время тепловой обработки использовался тот же подход, что и для кондуктивнопрогреваемых продуктов, однако, по аналогии со случаем теплообмена при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве, сложный процесс переноса тепла заменен эквивалентным процессом теплопроводности. При этом, в расчетных соотношениях используется эквивалентное значение коэффициента теплопроводности, равное $\lambda_0 = \varepsilon \lambda$ (λ - коэффициент теплопроводности продукта; $\varepsilon = f(GzBi)$ - комплекс теплофизических свойств продукта). При сопоставлении расчетных и экспериментальных значений температуры в наименее прогреваемой точке объема продукта в банке показы-

вает их хорошее совпадение. Величина абсолютного отклонения не превышает 1,5 градуса.

Знание динамики изменения температуры консервируемых продуктов различной консистенции позволяет по известному выражению

$F = \int_0^T \frac{1}{10^{\frac{T-T_0}{k}}} dt$ определить вторую составляющую критерия ЭСУ - достигаемое значение стерилизующего эффекта теплового режима. На рис. 10 приведены результаты расчета эксергостерилизационных характеристик различных аппаратов при тепловой обработке кондуктивно- и конвективнопрогрываемой продукции в стеклянной таре различной вместимости. Анализируя полученные кривые можно отметить, что разработанный критерий сопоставления стерилизационных аппаратов по эффективности их использования позволяет достаточно четко определить, какой тип стерилизатора наиболее целесообразно использовать в интересующей технологической схеме производства консервной продукции. Подробный подход к такой оценке рассмотрен нами в препринте, изданном учебно-методическим кабинетом Минбузе Украины.

Глава 8 "Эксергетическая характеристика энергоемкого технологического оборудования консервной промышленности" развивает идеи, заложенные при рассмотрении эффективности использования стерилизационного оборудования. В технологической схеме консервного производства имеется ряд энергоемких процессов, которые также могут осуществляться на различном оборудовании и, поэтому, в этих случаях, целесообразно использовать для выявления наиболее оптимального технологического решения обобщающий критерий сопоставления. В общем виде, по аналогии с ЭСУ этот критерий представляется в виде:

$$A = \frac{\sum E_3 + \sum Bc_3}{\sum T_3}$$

($\sum E_3, \sum Bc_3$ - суммарные энергетические и вспомогательные затраты, необходимые для нормального функционирования изучаемого аппарата (процесса, операции), соответственно; $\sum T_3$ - суммарный удельный технологический эффект, достигаемый в продукте после проведения изучаемого процесса (операции) обработки в данном технологическом аппарате (машине, агрегате)).

Фактически, такое представление критерия легко трансформируется в известное соотношение эксергетического коэффициента полезного действия:

$$\eta_3 = \frac{E_{вых}}{E_{вх}}$$

($E_{вх}, E_{вых}$ - соответственно, эксергии входящих и выходящих материальных и энергетических потоков), однако позволяет дополнительно учесть получаемый полезный технологический эффект.

Подробное рассмотрение этого материала выполнено нами в "Методике проведения анализа и энергетическая оценка энергоемкого технологического оборудования консервной промышленности" рассмотренной и согласованной в ассоциации предприятий по доовощной промышленности "Консервплодоовощ" и утвержденной генеральным директором НИО "Консервпромкомплекс". Указанный методический материал представлен в приложениях к основному тексту диссертации.

Глава 3. "Использование результатов исследований в народном хозяйстве" посвящена вопросу внедрения проведенных в диссертации исследований в практику предприятий консервной промышленности. Внедрение осуществлено по аппаратурным и процессно-технологическим направлениям.

К аппаратурным разработкам, используемым в практике перерабатывающих предприятий, относятся пастеризатор непрерывного действия марки РЗ-КСВ и автоклавная корзина РЗ-КСК.5 с перфорацией тарги свыше 25%. Конструкции этого оборудования содержат элементы, защищенные авторскими свидетельствами на изобретения. В настоящее время, только Хабаровским экспериментально-механическим заводом выпущено свыше 25 пастеризаторов и свыше 19000 штук корзин. Также к аппаратурным разработкам относятся и сформулированные, в результате исследований, условия, которым должен отвечать идеальный аппарат для проведения заключительной тепловой обработки консервируемой продукции. Возможность трансформирования сформулированных условий для любого вида технологического оборудования и приведенные конкретные технические расчеты, позволяют использовать предложенный подход при проектных и конструкторских работах.

К процессно-технологическим разработкам отнесены режимы тепловой обработки широкого ассортимента плодовоовощных консервов в различных видах и типоразмерах тары. Разработано свыше 50 режимов стерилизации и пастеризации продуктов детского питания и томатных консервов. Режимы прошли все этапы апробирования, утверждены в установленном порядке и являются действующей нормативно-технической документацией.

В приложениях к работе представлены расчеты экономической эффективности от использования выполненных в диссертации разработок на предприятиях консервной отрасли пищевой промышленности.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1 Эффективность энергоемкого технологического оборудования консервной промышленности можно оценить понятиями "энергия" и "энергетический коэффициент полезного действия". Для стерилизационного

оборудования введена эксергостерилизационная характеристика (ЭСХ), учитывающая энергетические, технологические, эргономические и материальные затраты на проведение основного процесса консервного производства — заключительную тепловую обработку продукции. Величина ЭСХ может колебаться в диапазоне от 0,1 до 1000 и имеет размерность кДж/кг (усл.мин.). Минимальное значение ЭСХ позволяет в конкретных случаях выбрать наиболее предпочтительную конструкцию аппарата. Для практических расчетов ЭСХ конечным-разностным методом решена задача теплопроникновения в конвективно- и кондуктивнопрогреваемой продукции. При правильном выборе стерилизационного оборудования в зависимости от вида обрабатываемой продукции экономится до 80% первичной энергии.

2. По основным показателям плодовоовощное консервное производство, как система технологических процессов и операций, относится к классу слабоорганизованных суммативных систем. Стабильность процесса заключительной тепловой обработки продукции более чем в 6 раз ниже стабильности других составляющих и оказывает решающее влияние на стабильность всей технологической системы. Затраты эксергии на осуществление заключительной тепловой обработки продукции более чем в 50 раз превышают суммарные затраты на мойку, инспекцию, сортировку плодовоовощного сырья и транспортировку полуфабриката и готовой продукции.

3. Анализ конструкций и тепловых схем современных стерилизационных и пастеризационных аппаратов консервного производства показал ограниченность имеющихся экспериментальных и теоретических разработок, посвященных вопросам энергосбережения при проведении заключительной тепловой обработки продукции.

4. При комплексном энергетическом и процессном исследовании вертикальных автоклавов определено влияние температурного режима в аппарате на равенство обработки консервируемой продукции. В период нагрева автоклава уменьшение времени приводит к увеличению стерилизующего эффекта по сравнению с номинальной величиной, при чем это изменение увеличивается с ростом температуры среды в период собственно стерилизации. При постоянстве достигаемого значения стерилизующего эффекта для продуктов различной консистенции в зависимости от скорости подъема температуры среды в автоклаве во время периода нагрева, повышение температурного уровня собственно стерилизации со 120°C до 135°C уменьшает продолжительность этого периода на 30-35%.

5. Неравномерность величин циркуляционного зазора по периметру автоклава существенно сказывается в период охлаждения консервов. Зафиксировано, что показания штатного термометра (термометрического датчика) аппарате отличается от действительной температуры среды,

причем отклонение неравномерно по высоте автоклава. При отклонении в 5 градусов в зоне нижней корзины автоклава Б6-КАВ-2, отклонение в зоне верхней достигает 20 градусов. Конструкция автоклавных корзин должна отвечать не только прочностным, но и технологическим требованиям, важнейшими из которых являются степень перфорации щитов корзин (эта величина изменялась в опытах от 5 до 25%) и стабилизация величины циркуляционного зазора.

6. С использованием современных измерительных приборов "Эллаб" и "Термобель" выполнено комплексное энергетическое, теплофизическое и процессное исследование горизонтальных автоклавов. Снижение достигаемого значения летального эффекта из-за низкого уресса начальной температуры среды в аппарате при различной скорости подъема температуры и вида продукции достигает 30%. Возможно сохранение неизменной формулы режима стерилизации в случае изменения начальной температуры греющей среды в аппарате в диапазоне от 35°C до 65°C. Послойные измерения температуры продукта показали, что при постепенном нагреве среды в автоклаве, влияние начальной температуры на летальный эффект становится малозначимым, не превышающим 10%.

7. Предложена математическая модель ротационной стерилизации консервируемой продукции. Выполненные по модели расчеты хорошо согласуются с полученными экспериментальными данными и результатами экспериментов других авторов. Для инженерной практики разработаны блок-схема и алгоритм, позволяющие рассчитать режимы ротации при стерилизации конкретного вида продукции. Экономия энергоресурсов при реализации расчетных режимов ротации достигает 20%. Установлена зависимость достигаемого значения стерилизующего эффекта от степени заполнения тары продуктом при ротационной стерилизации. Так, для продукта "Сок томатный" в металлической банке 13 в зависимости от месторасположения точки измерения температуры в объеме продукта при изменении степени заполнения от 0,979 до 0,99 достигаемые значения летальности уменьшаются соответственно, на 61,7% и 64,5%.

8. Полезно используемая теплота в стерилизационном оборудовании непрерывного действия подается неравномерно во времени осуществления процесса и по длине аппарата. При этом, для погружной системы нагрева в пастеризаторе доля полезно используемой теплоты от суммы подводимой к аппарату энергии составляет 70%, тогда как в случае оросительной системы нагрева эта величина составляет 50%, а для автоклавов Б6-КАВ и "Steriflav" - 18,5% и 32%, соответственно. Величины энергопотерь от испарения воды в аппаратах оросительного типа более чем в 3 раза превосходят аналогичные значения в

аппаратах погружного типа.

9. Разработана, согласована и утверждена методика проведения анализа энергоемкого технологического оборудования консервной промышленности. Сформулированы условия, которым должен отвечать тепловой технологический аппарат. Соответствующие современному уровню технического развития автоклавы периодического действия должны по суммарным показателям, учитывающим энергопотребление, эргономику и материалоемкость, не уступать конструкциям "J. Hagarde", "Ste-ziflow", АЭ-КСГ, "Stegomat", а непрерывнодействующие стерилизационные аппараты — конструкциям РЗ-КСВ, РГ-03, ЭК-18, П1.

10. Созданы и внедрены в практику консервных предприятий пастеризатор непрерывного действия марки РЗ-КСВ и автоклавная корзина марки РЗ-КСК.5, имеющая степень перфорации пагги свыше 25% и оснащенная фиксаторами величины циркуляционного зазора. Обе конструкции защищены авторскими свидетельствами на изобретения. Экономический эффект от использования этих технических решений составляет: для пастеризатора — 8,13 руб. на I туб. готовой продукции; для автоклавной корзины — 90 руб. на I туб. готовой продукции (в масс. цене 1989-1990 гг.).

Разработана и внедрена, защищенная авторским свидетельством на изобретение, энергосберегающая беспротирочная технология переработки томатов. Реализация технологии, по сравнению с традиционной, позволяет снизить затраты тепловой энергии в 1,65 раза, а электрической — в 2,2 раза. Расчетный экономический эффект от использования разработанной технологии в практике консервных предприятий составляет 1,32 руб. при переработке I тонны томатного сырья.

В творческом содружестве с инженерно-техническими работниками консервной промышленности созданы, апробированы и внедрены на предприятия свыше 50 тепловых режимов стерилизации и пастеризации плодовоовощной продукции в различных видах и типах стерилизационного и пастеризационного оборудования. Экономический эффект от использования разработанных режимов в зависимости от вида продукции изменяется в диапазоне от 0,3 до 21,19 руб. при выпуске I туб. готовой консервированной продукции (при уровне цен 1989-1990 гг.).

Основные опубликованные работы по теме диссертации:

1. Берживкер Я.Г. Экспериментальное исследование теплообмена при консервировании фруктов и овощей: Тез. докл. конф. "Респ. конф. по химии и технол. растительного сырья". — Тбилиси, 1977.
2. Берживкер Я.Г. Исследование пароконтактного способа нагрева плодov при консервировании. // Консерв. и овощесуш. прм-сть. — 1979, №11

3. Стабилизация циркуляционного зазора в автоклавах АЗ./Ф.И.Коган, Ю.Д.Рейф, М.И.Дудник, Я.Г.Верховкер// Конс. и овощесуш. пром-сть. - 1981, №3.
4. Анализ конструктивных схем нагрева теплоносителя в пастеризаторах непрерывного действия погружного типа./ Ф.И.Коган, Я.Г.Верховкер, Е.В.Андреева: Тез. докл. Всесоюз. конф. по вопр. теор. и практ. стерилиз. и пастериз. пищ. прод. - Махачкала, 1981.
5. Верховкер Я.Г. Исследование термостойкости стеклянной консервной тары. Материалы Респ. научн. конф. молод. ученых по актуальн. пробл. пищ. пром-сти. - Гбилиси, 1981.
6. Верховкер Я.Г. Влияние пароконтактного нагрева головок на пищевую ценность компотов: Тез. докл. Всесоюз. научн. конф. "Пробл. влиян. темп. обраб. на пищ. ценность продуктов питания". - Харьков, 1981.
7. Верховкер Я.Г. Прогрев плодов в среде насыщенного водяного пара. // Пищ. пром-сть. Вып. 29, 1983.
8. Верховкер Я.Г. Работы по реализации программы комплексной стандартизации "Консервы плод-овощные для детского питания". // Экспресс-информация. Стандарт. - 1983, №34.
9. Коган Ф.И., Верховкер Я.Г. Влияние режимных параметров на экономичность поточных стерилизаторов для консервов детского питания. // Конс. и овощесуш. пром-сть. - 1984, №5.
10. Непрерывная пастеризация консервов "Компот из чернослива" для диетического питания./ Ф.И.Коган, Я.Г.Верховкер, А.П.Ольшевский, Е.Э.Файнгер. // Конс. и овощесуш. пром-сть. - 1984, №5.
11. Верховкер Я.Г., Герасименко Л.Н. Особенности процесса стерилизации в аппаратах непрерывного действия. // Конс. и овощесуш. пром-сть. - 1984, №5.
12. Расчет режимов непрерывной пастеризации консервов. // Я.Г.Верховкер, Ф.И.Коган, А.М.Лилько: Инф. лист. Одес. центра научн.-техн. информ. - №122-84.
13. Верховкер Я.Г., Смяич Т.Н. Непрерывная пастеризация плод-овощных консервов для питания детей: Инф. лист. Одес. центра научн.-техн. информ. - №71-86.
14. Верховкер Я.Г., Вишневецкий Е.Д., Мс-двинова С.А. Применение холода при транспортировании и резервировании томатной массы для производства консервов детского питания: Тез. докл. Всесоюз. научн.-практ. конф. "Интенсиф. произ-ва и примен. искусств. холода". - Ленинград, 1986.
15. Режимы пастеризации томатных консервов в аппаратах непрерывного действия. /С.А.Мордвинова, Я.Г.Верховкер, Н.В.Белоусова // Пищ. и перераб. пром-сть. - 1986, №10.

16. Интенсифицированные режимы стерилизации. / Ф.И.Коган, Я.Г.Верхивкер, С.А.Мордвинова, М.В.Белуцова, Е.Д.Аксенюк : Тез. докл. Республ. научн.-техн. конф. молод. ученых спец. по ускор. созд. : освоен. новой техники, технологии и повыш. кач-ва готов. прод. пищ. пром-сти. - Тбилиси, 1987.
17. Режимы тепловой обработки консервов для питания детей "Неженка". / С.А.Мордвинова, Я.Г.Верхивкер, М.В.Белуцова, Е.Д.Аксенюк, Ф.Т.Макарчук : Тез. докл. Республ. научн.-техн. конф. молодых ученых и спец. по ускор. созд. и освоен. новой техники, технологии и повыш. кач-ва готов. прод. пищ. пром-сти. - Тбилиси, 1987.
18. Энергосберегающее оборудование для стерилизации консервов. / А.П.Ольшевский, Б.Э.Майягет, Ф.И.Коган, Я.Г.Верхивкер, Е.В.Андреева // Пищ. пром-сть. НПС Госагропрома СССР, - 1987, №2(132).
19. Верхивкер Я.Г., Бабенко М.Д. Уточнена схема горячего розлива томатного сока. // Пищ. пром-сть. - 1988, №6.
20. Верхивкер Я.Г., Огурцов В.В. Производство концентрированного плодового сока: Ин. лист. Одесск. центра научн.-техн. информ. - №132-3.
21. Энергетическая эффективность систем водяного нагрева пастеризаторов непрерывного действия. / Ф.И.Коган, Я.Г.Верхивкер, Е.В.Андреева // Конс. и овощесуш. пром-сть. - 1981, №10.
22. Верхивкер Я.Г., Молдавский Ф.Г., Ахримчук В.И. Использование на пароконтактно закрывае при производството на консерви. // ЦИТИ - ЦИТВ. София (Болгария). - №84-3526.
23. Верхивкер Я.Г., Шурина И.В. От дигестера до пастеризатора непрерывного действия. // Пищ. пром-сть. - 1990, №2.
24. Верхивкер Я.Г., Иваненко О.Ф. це один вид соусу. // АПК: Наука, техника, практика. - 1990, №7.
25. Верхивкер Я.Г. Эффективность технологических процессов. // Пищ. пром-сть. - 1990, №7.
26. Коган Ф.И., Верхивкер Я.Г. Энергосберегающая технология ротационной стерилизации консервов. // Пищ. пром-сть. - 1990, №8.
27. Яблочно-томатные соусы - новые высококачественные продукты питания. / Я.Г.Верхивкер, Ж.О.Тасаровская, О.Ф.Иваненко и др.: Информ. лист. Одесск. центра научн.-техн. инф. - №138-90.
28. Верхивкер Я.Г. Стерилизационные обрядання консервної промисловості та його енергетичний аналіз. / Препринт. Навч.-метод. кабінет з вищої освіти. - Київ, - 1991.
29. З томатів і яблук. / Галкіна С., Верхивкер Я., Иваненко О., Бабенко М. // Харч. і перероб. пром-сть. - 1991, №1.
30. Стерилизационное оборудование: перспективное, надежное, э эк-

тивное. / Ф.И.Коган, Я.Г.Верхивкер, А.П.Ольшевский, Б.Э.Файнштет
// Пищ. пром-сть - 1991, №6.

31. Новые виды яблочно-томатных соусов и режимы их тепловой обработки. / И.П.Пермянова, Ж.О.Табаровская, Я.Г.Верхивкер и др. : Тез. докл. Республ. научн.-техн. конф. "Разраб. и внедр. высокоэффективн. ресурсосберег. технолог., оборудован. и новых видов пищ. пром. в пищ. и перераб. отрасли АПК". - Киев, 1991.
32. Новые режимы стерилизации консервов детского питания. / Б.Д.Фрауменбаум, Я.Г.Верхивкер, Л.А.Терлецкая и др. // Пищевая пром-сть. - 1991, №11.
33. Комбинированное охлаждение консервов в жестяной таре. / Ф.И.Коган, М.Н.Полин, Я.Г.Верхивкер // Конс. и овощесуш. пром-сть, - 1976, №9.
34. Эфективность высокотемпературной обработки фруктовых соков в потоке. / З.П.Марх, Ф.И.Коган, И.П.Пермянова, Я.Г.Верхивкер // Конс. и овощесуш. пром-сть. - 1979, №3.
35. А.с. 627872 (СССР). Приспособление для фиксации корзины в автоклаве. / Я.Г.Верхивкер, Ф.И.Коган, Ю.Д.Рейр. - Опубл. Б.И. №38, 1978.
36. А.с. 862897 (СССР). Способ производства концентрированных томатпродуктов. / Я.Г.Верхивкер, З.П.Камнева, К.П.Вахрамеев. - Опубл. Б.И. №34, 1981.
37. А.с. 744298 (СССР). Способ определения теплотехнических свойств материалов. / Я.Г.Верхивкер. - Опубл. Б.И. №24, 1960.
38. А.с. 1118336 (СССР). Усадка для пастеризации пищевых продуктов в таре. / Я.Г.Верхивкер, Ф.И.Коган, Б.Д.Кузьмичев и др. - Опубл. Б.И. №38, 1984.
39. А.с. 1346121 (СССР). Устройство для пастеризации жидких и пастообразных пищевых продуктов в банках. / Я.Г.Верхивкер, Ф.И.Коган, В.С.Завилян и др. - Опубл. Г.И. №39, 1987.
40. А.с. 1407477 (СССР). Способ производства концентрированных томатпродуктов. / Я.Г.Верхивкер, В.С.Пененков, Г.М.Евстигичев, В.И.Лернер, Г.М.Грушкова. - Опубл. Б.И. №25, 1988.
41. А.с. 1556637 (СССР). Устройство для домашнего консервирования. / Я.Г.Верхивкер, Ф.И.Коган. - Опубл. Б.И. №12, 1990.
42. А.с. 1413742 (СССР). Устройство для нагрева плодов и овощей в банках. / Я.Г.Верхивкер, Э.И.Канцелидзе, Э.М.Тоголишвили и др. - Заявл. 25.08.86. - ДС
43. А.с. 1708257 (СССР). Шкловая камера. / Я.Г.Верхивкер, В.В.Абрамович. - Опубл. Б.И. №4, 1992.

Рис. 1 СХЕМА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИИ

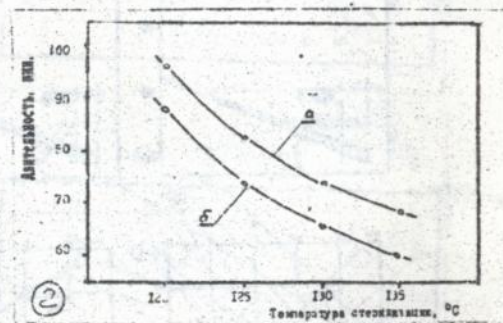
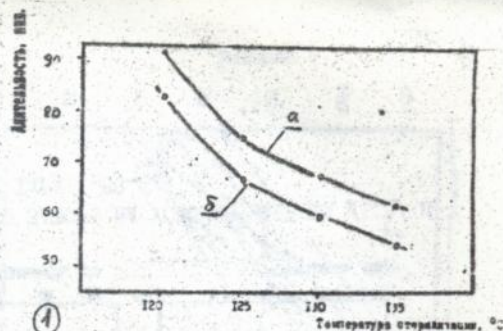
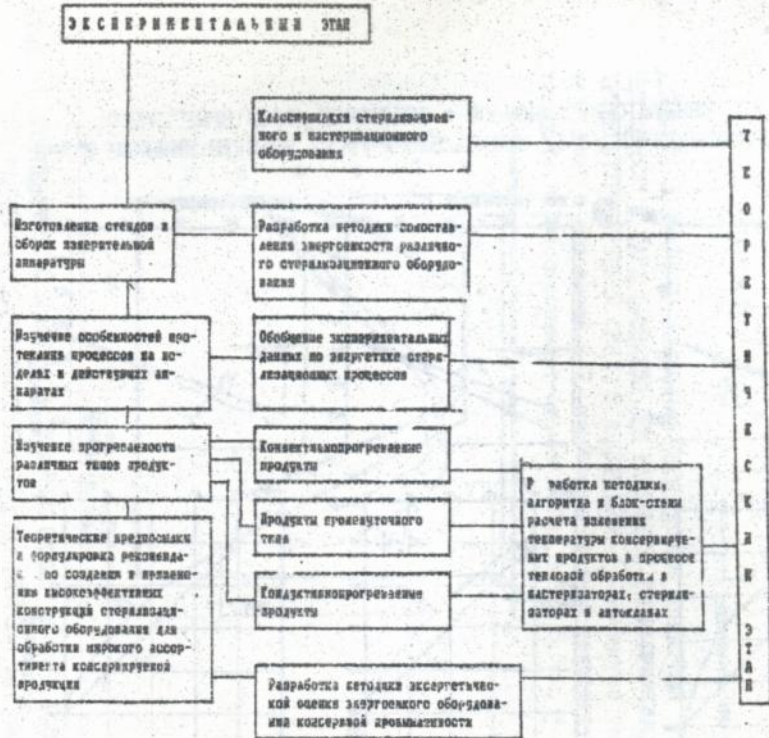


Рис. 3 ЗАВИСИМОСТЬ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПЕРИОДА СОБСТВЕННО СТЕРИЛИЗАЦИИ ОТ ТЕМПЕРАТУРНО-ГО УРОВНЯ ТЕПЛОВОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ПРОДУКТОВ РАЗЛИЧНОЙ КОНСИСТЕНЦИИ: 1 - морковный сок, 2 - Якра кабачковая, а - время под "ома температуры воды в автоклаве от 70°C до до 120°C 25 мин.; б - 10 мин.

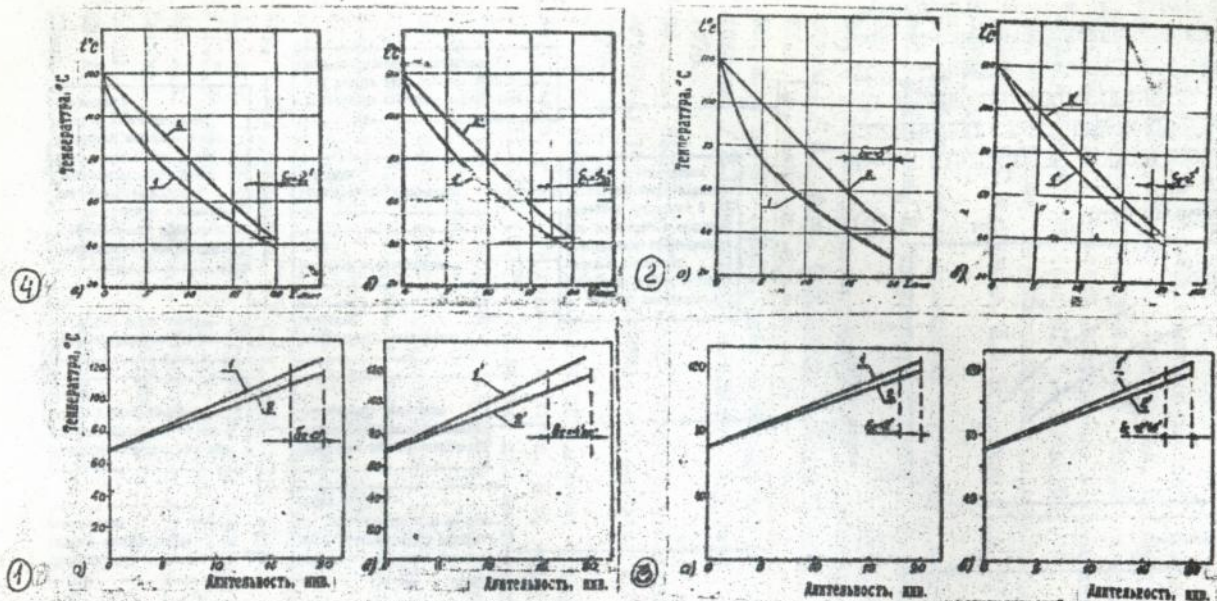


Рис.2 ВЛИЯНИЕ НАЛИЧИЯ /3,4/ И ОТСУТСТВИЯ /1,2/ ЦИРКУЛЯЦИОННОГО ЗАЗОРА НА УСЛОВИЯ НАГРЕВА /1,3/ И ОХЛАЖДЕНИЯ /2,4/ КОНСЕРВОВ - МОРКОВНО-ВИНОГРАДНЫЙ СОК В ТАРЕ 1-58-20

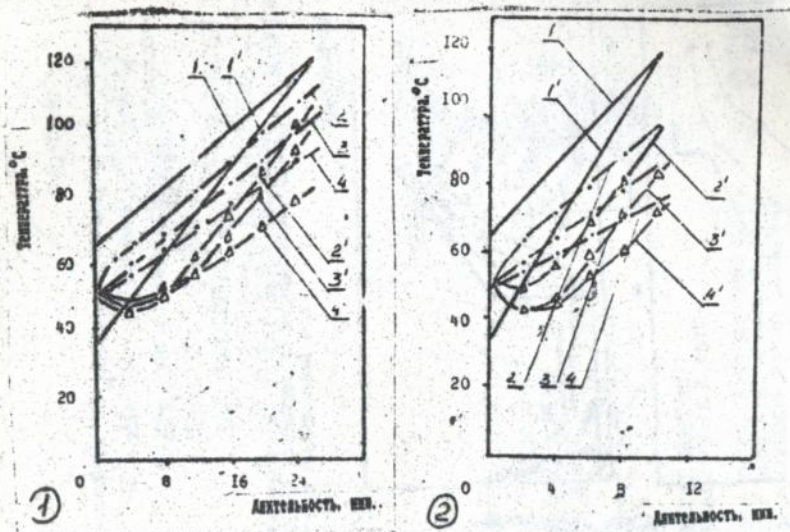


Рис. 4 ДИНАМИКА ПОСЛОЙНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ КОНСЕРВОВ "РУМЯНЫЕ ЩЕЧКИ" В ТАРЕ 1-58-250 ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СКОРОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ГРЕЮЩЕЙ СРЕДЫ В АППАРАТЕ I-I -изменение температуры воды в автоклаве, 2-2 -изменение средней температуры слоя продукта на расстоянии от стенки 2,7мм, 3-3 - 5,5мм, 4-4 -11мм.

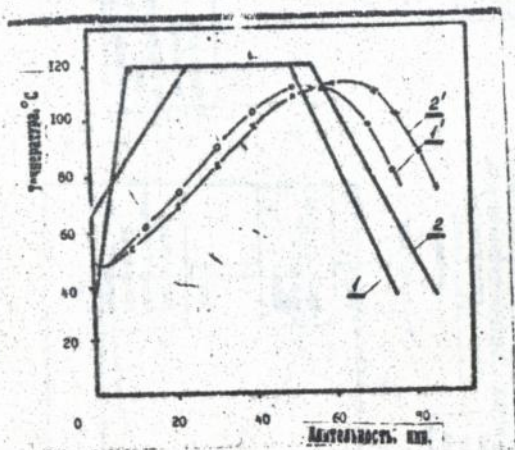


Рис. 5 ПЕРСОНАЛЬНОСТЬ КОНСЕРВОВ "РУМЯНЫЕ ЩЕЧКИ" В ТАРЕ 1-58-250 ПРИ РАЗНОМ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПЕРИОДА НАГРЕВА 1-10мин., 2- 25 мин.; 1,2 -температура продукта при данном рег. че.

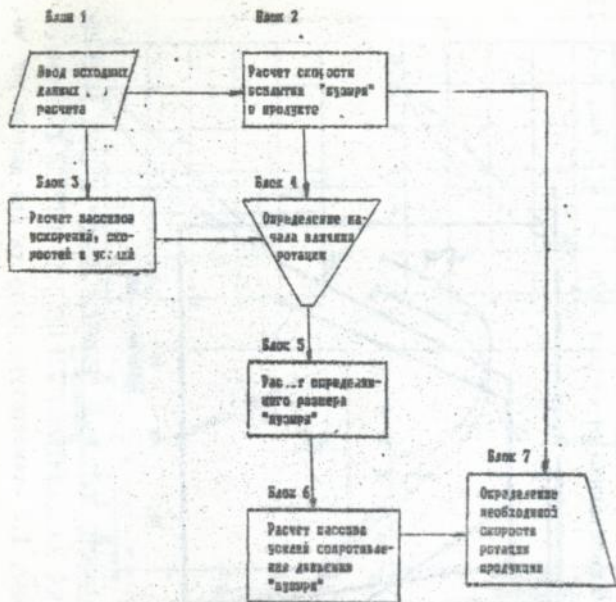


Рис. 6 БЛОК-СХЕМА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ РОТАЦИОННОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ КОНСЕРВОВ

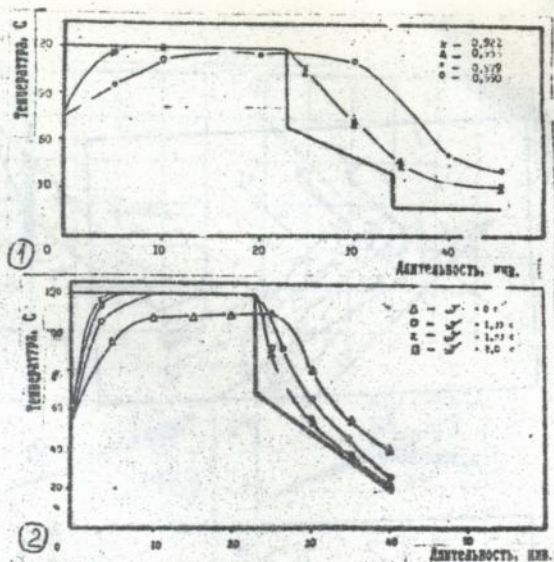


Рис. 7 ПРЕДЕЛЬНОСТЬ КОНСЕРВОВ ПРИ РОТАЦИОННОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ЗАПОЛНЕНИЯ ТАРЫ /1/ И ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ /2/

1 - "Сок томатный", банка 13, частота вращения 7,1 об/мин.;

2 - "Зеленый горошек", банка 13.

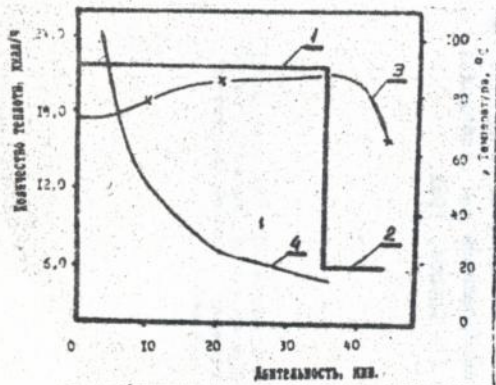
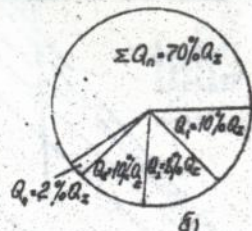
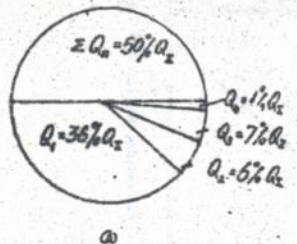
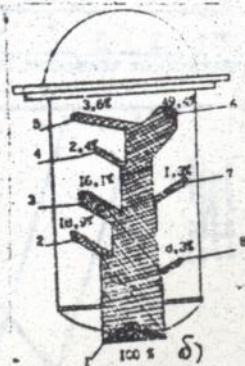
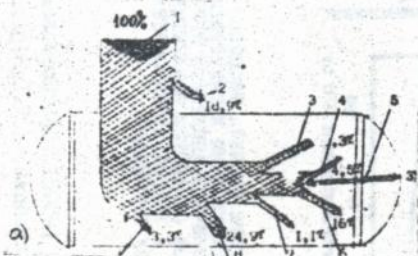


Рис. 9 ИЗМЕНЕНИЕ СРЕДНЕОБЪЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДИНАМИКИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОТЫ ПРИ ПАСТЕРИЗАЦИИ КОНСЕРВОВ "ПРОЕ ИЗ ЯБЛОК" В ТА-РЕ 1-58-250

- 1, 2 - температурный режим в аппарате.
- 3 - температура продукта.
- 4 - кривая потребления теплоты.



1) пастеризатор оросительного (а) и погружного (б) типов
1 - потери с испарением, 2 - потери от ограждения, 3 - нагрев носителей, 4 - нагрев доливаемой воды.



2) Рис. 8 ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ДИАГРАММЫ ПАСТЕРИЗАТОРОВ 1) И АВТОКЛАВОВ 2)

- 1 - одводимое тепло, 2-тепло конденсата, 3-нагрев продукта, 4-нагрев банок, 5-потери в окружающую среду, 6-нагрев воды, 7-нагрев корзин, 8-нагрев автоклава, 9-энергия на работу насоса

а) - "Steriflow"
б) - Б6-КАВ

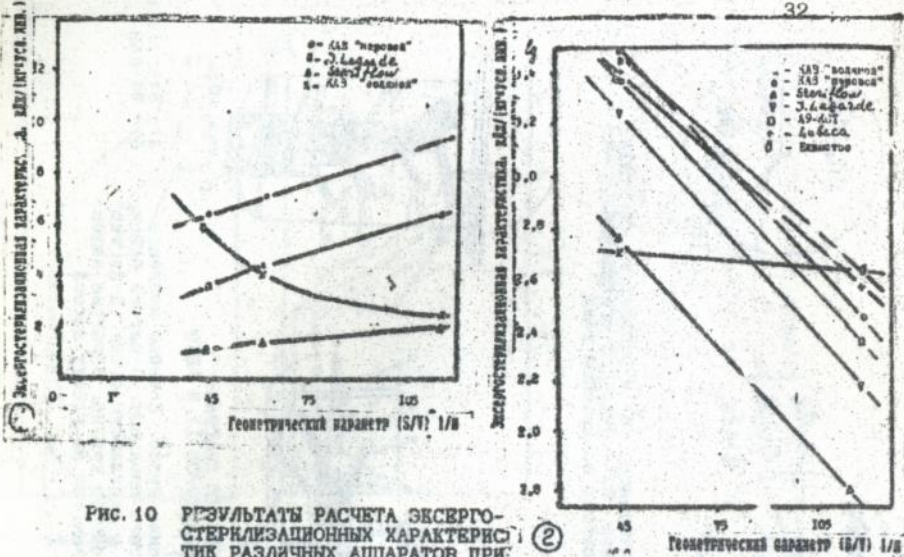


Рис. 10 РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЭКСТЕРГО-СТЕРИЛИЗАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗЛИЧНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ КОНДУКТИВНО-1/ И КОНВЕКТИВНОПРОГРЕВАЕМОЙ 2/ ПРОДУКЦИИ.

4' А.с.1729940 (СССР). Припособление для фиксации крышки на банке при стерилизации. / Я.Г.Верхивкер, Ф.И.Коган. Опубл. Б.И. №16, 1992.

45. Верхивкер Я.Г. Энерго- и ресурсосберегающая технология консервного производства. : Тез.докл. II Международной конгр. "Проблемы экологии и ресурсосбережения для сельскохоз. районов и агропромышлен. комплексов". - Одесса, 1992.

Подп. к печати 16.11.82г. Формат 60x34 1/16.
Объем 7,8уч. изд. л. 20 п. л. Заказ № 23281 тираж 100 экз.
Гортипография Олесского облиографиздата, иех № 3.
Лейша 49.

469153

26.245

AV 26.245