

М 45

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
им. М. В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Ф. Г. МОЛДАВСКИЙ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА
САМОВАКУУМИРОВАНИЯ КОНСЕРВОВ
И РАЗРАБОТКА НОВОЙ
САМОВАКУУМИРУЮЩЕЙ
СТЕКЛЯННОЙ ТАРЫ**

(специальность № 05.175 — машины и аппараты
пищевых производств)

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

О д е с с а
1971 г.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
им. М. В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Ф. Г. МОЛДАВСКИЙ

Переучет 1988

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА
САМОВАКУУМИРОВАНИЯ КОНСЕРВОВ
И РАЗРАБОТКА НОВОЙ
САМОВАКУУМИРУЮЩЕЙ
СТЕКЛЯННОЙ ТАРЫ

(специальность № 05.175 — машины и аппараты
пищевых производств)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

к. б. 11818

Одесский технологический
институт пищевой промыш-
ленности им. М. В. Ломоносова
БИБЛИОТЕКА

Одесса
1971 г.

ОНАХТ
13.09.12

Исследование процесс



v011818

Работа выполнена в Украинском научно-исследовательском институте консервной промышленности.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор **Дикис М. Я.**,
кандидат технических наук, доцент **Пасечник И. В.**

Ведущее предприятие — Одесский опытно-экспериментальный консервный завод им. В. И. Ленина.

Автореферат разослан «17 августа» 1971 г.

Защита диссертации состоится «24 сентября» 1971 г.
на заседании Ученого совета Одесского технологического института им. М. В. Ломоносова.

Просим Ваш отзыв в двух экземплярах, заверенный печатью учреждения, прислать по адресу г. Одесса-39, ул. Свердлова, 112, Одесский технологический институт им. М. В. Ломоносова, ученому секретарю совета.

Ученый секретарь совета **Л. А. ЗАПОРОЖЕЦ.**

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Программой КПСС в нашей стране неуклонно растет производство продуктов питания, важное место среди которых занимают консервы.

В наиболее распространенном виде процесс консервирования заключается в том, что предварительно подготовленный продукт, заключенный в специальную герметичную тару, подвергается тепловой обработке — стерилизации, которая прекращает жизнедеятельность микроорганизмов, обеспечивая тем самым длительную сохранность продукта.

Важнейшую роль в консервном производстве играет герметичная тара, без которой невозможно существование консервов как промышленных изделий. Тара, изготавливаемая, в основном, из жести и стекла, должна изолировать консервы от внешней среды, не допуская их повторного микробиального обсеменения.

Кроме того, для сохранения высоких органолептических свойств и пищевой ценности консервов необходимо, чтобы окислительные, коррозионные и другие нежелательные химические процессы внутри тары были сведены к минимуму.

Соблюдение этих основных требований осложняется тяжелыми условиями, в которых находится тара с консервами: повышенные температуры и давления при стерилизации, многократные толчки и вибрации при транспортировке, длительность химических процессов при хранении.

В решении проблемы сохранения высокого качества консервов при минимальном браке от негерметичности банок важное место принадлежит процессам эксгаустирования. Этим термином принято называть осуществля-

емое различными способами удаление воздуха из консервов с образованием вакуума в укупоренной таре. Эксгаустирование способствует улучшению качества консервов, позволяет совершенствовать процесс стерилизации, помогает решению многих вопросов, касающихся герметичности тары.

В отечественной промышленности эксгаустирование не имеет пока широкого распространения, тогда как в зарубежных странах с развитым консервным производством большинство консервов проходит вакуумизацию. В последнее время там получил распространение новый способ эксгаустирования — удаление воздуха из консервов при тепловой стерилизации за счет вытекания избытка паровоздушной смеси из банки через специальный обратный клапан.

Этот процесс в литературе принято называть самовакуумированием, а тару, снабженную обратным клапаном, — самовакуумирующей.

В литературе нет достаточно полного освещения многих вопросов эксгаустирования, в особенности это относится к весьма перспективному процессу самовакуумирования. Такое положение затрудняет выбор наиболее эффективных способов эксгаустирования для их массового использования в отечественной консервной промышленности.

Настоящая работа является попыткой в какой-то степени восполнить этот пробел. Она посвящена сравнительному анализу различных методов эксгаустирования, теоретическому и экспериментальному исследованию процесса самовакуумирования, вопросам конструирования самовакуумирующей тары и промышленному апробированию полученных результатов.

Экспериментальная часть работы выполнена в Украинском научно-исследовательском институте консервной промышленности. Производственные исследования и внедрение результатов работы проводились на Одесском опытно-экспериментальном консервном заводе им. Ленина, Черкасском консервном комбинате, Херсонском стеклотарном заводе и Одесском экспериментальном заводе упаковочных изделий им. Калинина.

Работа изложена на 142 страницах текста и иллюстрирована 56 рисунками.

1. ВАКУУМ В КОНСЕРВНОЙ ТАРЕ И СПОСОБЫ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ

Глава состоит из двух разделов. Первый из них посвящен значению эксгаустирования консервов. На основании литературного материала показано, что одна из основных функций эксгаустирования — удаление кислорода воздуха из консервов для уменьшения интенсивности окислительных процессов. Эти процессы ухудшают качество консервов: разрушают витамины, жиры, дубильные вещества, приводят к потере естественного вкуса и аромата, потемнению продукта, особенно в верхнем слое и т. д. Кроме того, кислород воздуха активизирует коррозию белой жести, способствуя накоплению в продукте солей олова и железа. Поэтому удаление кислорода способствует значительному повышению качества консервов.

При эксгаустировании кислород удаляется вместе с воздухом как его составная часть, и в банке образуется разрежение. Благодаря этому при стерилизации в ней развивается меньшее давление.

Это позволяет уменьшить противодействие при стерилизации, а при создании в банках достаточно глубокого и стабильного вакуума вообще отказаться от него. Тем самым открываются пути дальнейшего совершенствования процесса стерилизации и стерилизационного оборудования.

Эксгаустирование широко используется за рубежом как средство проверки герметичности готовых консервов в потоке. Сам факт существования вакуума в банке говорит о ее герметичности, поэтому контроль сводится к проверке наличия в банках разрежения по втянутости крышки.

Вакуум в банке свидетельствует также о том, что ее до потребителя никто не открывал и является, таким образом, гарантийным свойством тары.

Экспастирование банок дает возможность обнаружить порчу консервов на ранних стадиях, когда еще нет интенсивного газообразования и вздутия крышек (бомбажа), но уже налицо падение вакуума.

Разрежение в стеклянных банках служит добавочным средством закрепления крышки на горле, а в случае торцевого расположения уплотняющей прокладки — дополнительным герметизирующим фактором.

Таким образом экспастирование выполняет различные функции, является средством решения многих важных задач консервного производства.

Второй раздел первой главы посвящен сравнительной характеристике различных способов экспастирования. В начале его указывается, что для эффективного решения всех задач экспастирования вакуум в банках должен быть по возможности более глубоким и отличаться малым рассеянием значений.

Глубина вакуума зависит, с одной стороны, от полноты удаления воздуха из незаполненного продуктом пространства тары, с другой, — от степени извлечения газов (обычно близких по составу атмосферному воздуху) из массы самого продукта. Они либо растворены в жидкой фазе, либо находятся в свободном состоянии, заполняя межклеточные ходы сырья, пузыри и полости в толще продукта.

Тепловое экспастирование — нагрев банок с продуктом перед укупоркой в непрерывно-действующих аппаратах — экспастерах — способствует извлечению воздуха из массы продукта. Однако незаполненное пространство тары таким путем вакуумируется незначительно (разрежение — до 300 мм рт. ст.).

Экспастеры — громоздкие, неудобные в эксплуатации аппараты — в последнее время почти не применяются. Значительно шире используется разновидность теплового экспастирования — расфасовка жидких, пюреобразных и т. п. продуктов в горячем виде.

Один из наиболее широко применяемых за рубежом способов экспастирования — паровая вакуумизация (паровакуумная укупорка). Она заключается в обдуве верхней части банок паром непосредственно перед герме-

тизацией с целью вытеснения оттуда воздуха. Преимущества этого способа: простота устройства для вакуумирования, небольшой расход пара, глубокий вакуум на определенных видах консервов (с высокой температурой расфасовки и малым содержанием воздуха).

Недостаток паровой вакуумизации — большой разброс значений разрежения, зависящего от большого количества непостоянных факторов: вида продукта, его температуры, степени наполнения тары и др. В ряде случаев этим способом невозможно получить достаточно глубокое разрежение в банках.

Кроме того, паровая вакуумизация совершенно не извлекает воздуха из массы консервируемого продукта.

Много общего с паровакуумной укупоркой у недавно предложенного способа экспастирования путем обогрева верхней части банок перед укупоркой инфракрасными излучателями. Пар, вытесняющий воздух, в этом случае генерируется нагретой поверхностью продукта. Можно ожидать, что разрежение, полученное таким способом, будет более стабильным, чем в случае паровакуумной укупорки, однако данные об этом пока отсутствуют.

Недостатки экспастирования инфракрасными лучами: значительный расход электроэнергии и, как и в случае паровой вакуумизации, отсутствие деаэрации продукта.

Достаточно широко распространено механическое экспастирование (вакуум-укупорка), выполняемое на специальном оборудовании. Оно заключается в том, что укупорку банок производят в герметичной вакуумируемой камере. Достоинства этого способа — значительная глубина вакуума, создаваемого в незаполненном объеме банки в момент укупорки и его относительная стабильность, эффективность для широкого ассортимента консервов. Недостатки механического экспастирования: значительное усложнение конструкции укупорочных машин; необходимость в специальной вакуум-установке; увеличенный расход электроэнергии на ее привод; кратковременность вакуумирования, не позволяющая деаэрировать консервируемый продукт.

Недостатки рассмотренных способов экспастирования обусловили тенденцию дальнейшего совершенствования этого процесса, комбинации различных способов и изыскания новых.

Таким новым методом эксгаустирования является самовакуумирование — удаление воздуха из тары при тепловой стерилизации за счет сброса внутреннего давления через обратный клапан. Этот процесс применяется, в основном, для стеклянной тары, причем клапаном служит затвор, образованный крышкой и горлом банки благодаря их особой конструкции.

Особенность самовакуумирования заключается в том, что оно полностью совмещено с процессом тепловой стерилизации. Поэтому для него не нужно никаких специальных аппаратов, устройств, энергозатрат, специально выделенного отрезка времени.

Самовакуумирование объединяет в себе преимущества теплового эксгаустирования (деаэрации консервируемых продуктов), паровакуумной укупорки (простота и дешевизна), механического вакуумирования (универсальность), будучи свободным от их недостатков, и является поэтому весьма перспективным.

На существующем этапе, когда в консервной промышленности СССР применяется укупорка «СКО», целесообразна самовакуумирующая тара, укупориваемая крышками этого типа на имеющихся закаточных машинах.

В случае массового освоения новых способов укупорки «Еврокап» и «Твист-Офф», испытываемых в настоящее время, очевидно, правомерной будет постановка вопроса о разработке клапанных затворов на базе этих видов укупорки.

В заключение главы подчеркивается отсутствие литературных данных о самовакуумировании и формулируются основные задачи исследований:

1. Теоретически проанализировать процесс самовакуумирования и обосновать его оптимальные конструктивные и технологические параметры.

2. Сформулировать основные требования к конструкции клапанных затворов и разработать критерии оценки их работоспособности.

3. Провести исследования с целью разработки самовакуумирующей стеклянной тары на базе укупорки СКО.

4. Исследовать укупорку новых банок и установить ее оптимальные параметры.

5. Исследовать особенности автоклавной стерилизации консервов в самовакуумирующей таре без противо-

давления, отработать оптимальные условия проведения этого процесса.

6. Экспериментально исследовать процесс самовакуумирования для проверки правильности теоретических выводов, определения глубины вакуума в банках, степени удаления воздуха из продукта и качественных показателей консервов.

7. Провести промышленные испытания процесса самовакуумирования для получения статистических данных о нем, а также для проверки рекомендаций по разработке конструкций стеклянной тары с клапанными затворами, ее укупорке и стерилизации консервов.

II. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ САМОВАКУУМИРОВАНИЯ КОНСЕРВОВ

Вторая глава посвящена рассмотрению физических процессов при стерилизации самовакуумирующей тары, их математическому описанию и анализу полученных зависимостей.

Независимо от конкретной конструкции, самовакуумирующий затвор снабжен упругими элементами, играющими роль возвратной пружины клапана (подогнутый край крышки, резиновое кольцо, стальная пружинящая скоба и т. п.).

Внутреннее избыточное давление, при котором уравновешиваются силы упругости клапана и он открывается, в дальнейшем именуется упругим давлением клапана.

Стерилизация консервов в самовакуумирующей таре осуществляется без противодействия. При температурах, не превышающих 100°C , давление в стерилизаторе равно атмосферному. В начале нагрева давление в самовакуумирующей банке растет как и в обычной, пока не превысит упругого давления клапана. В этот момент клапан открывается, паровоздушная смесь из банки начинает вытекать наружу, и рост внутреннего давления прекращается.

В продолжении нагрева парциальное давление пара в банке увеличивается, а парциальное давление воздуха уменьшается за счет выхода его из банки с паровоздушной смесью. В период собственно стерилизации, когда температура в незаполненном пространстве банки устанавливается на постоянном уровне, истечение паровоз-

душной смеси продолжается благодаря термическому расширению продукта и выделению воздуха из его толщи.

При охлаждении пар в незаполненном пространстве банки конденсируется, давление в ней падает, и клапан под действием сил упругости закрывается. После полного охлаждения в банке устанавливается глубокий вакуум, еще плотнее притягивающий крышку.

В случае стерилизации при более высоких температурах процессы идентичны описанным. Отличие заключается в том, что давление в стерилизаторе равно давлению насыщения водяного пара, то есть выше атмосферного.

Математическое описание процесса самовакуумирования получено на основе рассмотрения равновесия крышки под действием внутреннего давления, сил упругости клапана и наружного давления с учетом изменения термодинамических параметров паровоздушной смеси внутри банки.

Ниже приводятся основные уравнения и их анализ. Цифровые индексы относятся к следующим моментам: 0 — укупорка тары; 1 — открытие клапана; 2 — закрытие клапана (конец собственно стерилизации); 3 — конец охлаждения.

Глубина разрежения в самовакуумирующей таре после охлаждения

$$B = P_{ат} - (p_2 + P_{с2} - P_{п2}) \frac{T_3}{T_2}, \quad (1)$$

где $P_{ат}$ — атмосферное давление, бар;

p_2 — упругое давление клапана в начале охлаждения, бар;

$P_{с2}$ — давление в стерилизационном аппарате в тот же момент, бар;

T_2 и T_3 — температура в незаполненном пространстве соответственно в начале и конце охлаждения, °К.

Все величины (кроме $P_{ат}$ и T_3) относятся к моменту 2 — концу собственно стерилизации. Поэтому вакуум не зависит от нестабильных начальных параметров при укупорке.

Для получения возможно более глубокого и стабильного вакуума упругое давление закрытия клапана p_2 ,

определяемое конструкцией затвора, должно быть низким и стабильным. Тенденция уменьшения p_2 ограничена опасностью потери ароматических веществ.

Максимальная величина вакуума достигается при стерилизации без противодействия, когда $P_{с2} = P_{п2}$, с ростом $P_{с2}$, то есть при частичном противодействии, вакуум падает.

Разрежение уменьшается также при температуре стерилизации ниже 100°С, так как давление пара $P_{п2}$ становится меньше атмосферного, то есть меньше $P_{с2}$.

Температура в незаполненном пространстве банки, при которой открывается клапан, определяется уравнением

$$T_1 = \frac{A}{\ln C - \ln \left[p_1 + P_{с1} - \frac{P_{во} T_1 (1-k)}{T_0 (1-k+d)} \right]}, \quad (2)$$

где A и C — постоянные в уравнении зависимости давления насыщения от температуры;

$P_{во}$ — парциальное давление воздуха в свободном пространстве при укупорке, бар;

k — степень наполнения тары (отношение объема продукта к объему тары);

d — относительное приращение объема тары, вызываемое упругой деформацией крышки.

В это выражение входят начальные параметры укупорки $P_{во}$, T_0 , k . Различие этих начальных параметров в совокупности банок выравнивается, нивелируется разными моментами открытия их клапанов, так что дальнейший ход самовакуумирования перестает зависеть от начальных параметров. Это следует также из формулы для массы воздуха в незаполненном объеме тары

$$G_v = \frac{(p + P_c - P_n) V}{R_v T}, \quad (3)$$

где V — объем не заполненного продуктом пространства тары.

Ниже приводятся зависимости для массы водяного пара W , удаленного из банки вместе с воздухом при самовакуумировании. Потеря пара исчисляется долями грамма и сама по себе не существенна. Она служит для косвенной оценки потерь летучих ароматических веществ.

Дифференциальное уравнение вытекания пара из банки при самовакуумировании

$$dW = -\frac{G_{II}}{G_B} dG_B, \quad (4)$$

или в развернутом виде

$$dW = \frac{\beta V P_{II}}{p + P_c - P_{II}} \left(dP_{II} + \frac{p + P_c - P_{II}}{T} dT - dp - \frac{p + P_c - P_{II}}{V} dV - dP_c \right). \quad (5)$$

Решение уравнения (5) имеет вид

$$W = \beta V_1 \left[(p_1 + P_{c1}) \ln \frac{P_{B1}}{p_1} - (P_{B1} - p_1) + P_{c2} \left(\ln \frac{p_1}{p_2} + 1 - \frac{V_2}{V_1} \right) \right]. \quad (6)$$

Из этих зависимостей получен ряд ограничений, накладываемых на конструктивные и режимные параметры процесса самовакуумирования для уменьшения потерь ароматических веществ.

Результаты теоретического анализа использованы при разработке конструкции самовакуумирующей тары и технологии ее применения. Они, в равной степени, должны учитываться и при создании любых других конструкций клапанных затворов. Все основные теоретические положения подтверждены экспериментально.

III. РАЗРАБОТКА НОВОЙ САМОВАКУУМИРУЮЩЕЙ СТЕКЛЯННОЙ ТАРЫ

В начале третьей главы приводится сравнительный анализ существующих за рубежом затворов стеклянной консервной тары, обладающих в определенной степени клапанным действием («Векка», «Феникс», «Омния»). Показано, что только стеклянная тара «Омния», разработанная английской фирмой Томас Хантер Лимитед, широко используется как самовакуумирующая. Однако она не обладает достаточной надежностью закрывания клапана и в ряде случаев требует создания в стерилизаторе противодействия при собственно стерилизации и охлаждении. Рассмотрены также известные предложения по созданию клапанных затворов на базе укупорки СКО.

На основании проведенного анализа и теоретических выводов гл. II сформулированы основные требования к затворам клапанного типа, которые должны быть учтены в процессе разработки любых конкретных конструкций.

При создании клапанного затвора на базе укупорки СКО изменения вносились, в основном, в конструкцию горла банки. На поисковом этапе исследований путем натурального экспериментирования (закатывания и стерилизации стеклянных банок или их металлических моделей различных вариантов) была отработана в общих чертах конструкция клапанного затвора. В нем резиновое кольцо крышки СКО играет одновременно роль уплотняющей прокладки и возвратной пружины клапана.

В верхней части горла банки (рис. 1, а) расположены четыре дугообразных выступа 1, разделенных короткими глубокими выемками 2. Под выступами находится канавка 3. Крышка СКО закатывается роликом специального профиля, ее венец приобретает форму усеченного конуса, расширяющегося книзу (рис. 1, б).

Во время стерилизации крышка под действием внутреннего давления поднимается, кольцо скользит по горлу банки, пока не упрется в выступы (рис. 1, в). Под ним остается кольцевой канал, сообщающийся через выемку 2 с полостью банки.

В таком положении на резиновое кольцо снизу давит завиток крышки с силой F , которая уравновешивается реакцией выступа F' . Под действием пары сил $F - F'$ кольцо упруго деформируется, его нижняя часть отходит от конического пояса горла 4, и через образовавшуюся неплотность из банки начинает вытекать паровоздушная смесь.

В промежутках между выступами — против выемок — резиновое кольцо не имеет упора сверху. Поэтому на него действует не пара сил $F - F'$, а только сила F . Она не может вызвать разворачивания кольца и значительно ослабить его контакт со стеклом, и в этом месте течь не появляется (рис. 1, г).

При уменьшении внутреннего давления процессы протекают в обратном порядке: резиновое кольцо распрямляется, перекрывает место течи, образующийся затем вакуум окончательно опускает крышку, сжимая резиновое кольцо между коническими поверхностями горла и венца крышки (рис. 1, д).

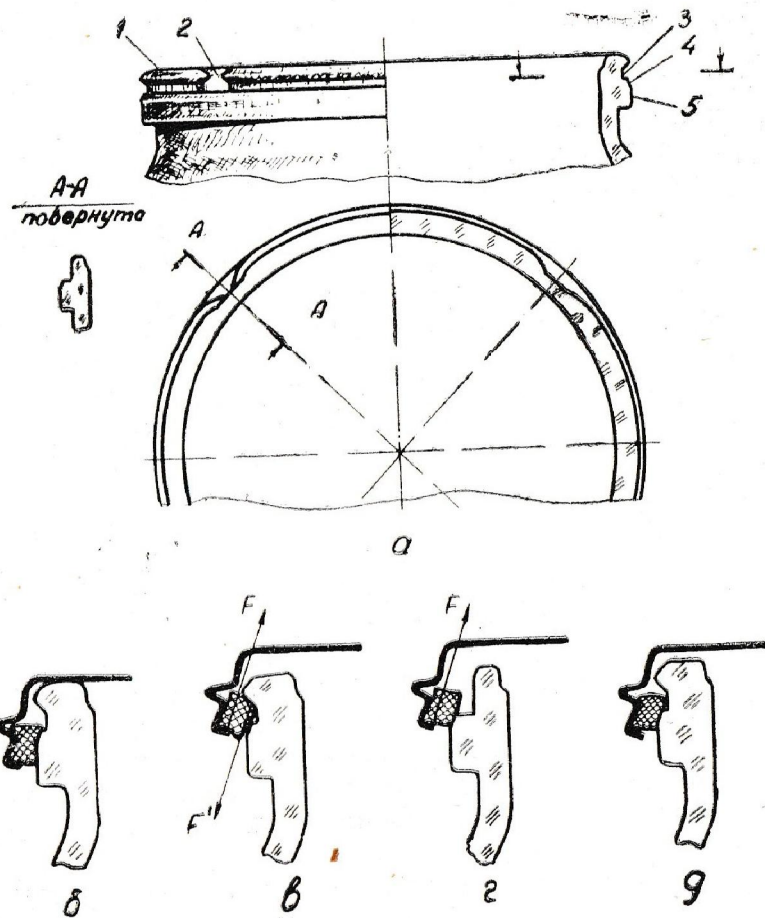


Рис. 1. Новый самовакумирующий затвор:
 а - конструкция горла; б - затвор после закрывания;
 в, г - затвор при стерилизации; д - затвор после
 охлаждения

На описанную конструкцию даны авторское свидетельство № 243394, патент США № 3433379, патент Франции № 1538027.

На втором этапе исследований проводилась окончательная обработка конструктивных элементов горла банки с целью получения минимального брака при стерилизации (в пределах действующей нормы 0,2%).

Основная методическая особенность этого этапа — непригодность натурального экспериментирования, так как для установления брака, исчисляемого долями процента, необходимы многие тысячи опытов, невыполнимые в лабораторных условиях.

В связи с этим разработаны новые критерии оценки работоспособности клапанных затворов и методики их определения, предназначенные для лабораторных исследований любых конкретных конструкций затворов.

После стерилизации самовакумирующих банок обнаруживаются два специфических вида брака — срыв крышек и негерметичность. Для предотвращения срыва необходимо, чтобы максимальное упругое давление клапана p_1 (в момент открытия) было заведомо меньше критического давления срыва крышки $P_{кр}$. Поэтому для количественной оценки опасности срыва предложен коэффициент запаса прочности укупорки

$$n = \frac{P_{кр}}{p_1}$$

На основании результатов производственных проверок минимально допустимая величина n была принята равной 2,5.

В результате анализа показано, что причина негерметичности — малое упругое давление затвора.

Для оценки надежности закрытия клапана проверялась герметизация его под действием собственных сил упругости без учета дополнительного герметизирующего воздействия вакуума. Проверка проводилась на специальном стенде, в котором жестко фиксировалась банка, соединенная с ртутным мановакуумметром и через переключатель — с компрессором или вакуумнасосом. Нижнюю часть стенда с банкой опускали в автоклав и стерилизовали, имитируя рост внутреннего давления впуском сжатого воздуха. После стерилизации банку сообщали с атмосферой, при этом клапан закрывался под действием упругих сил. Положение крышки относительно горла,

контролируемое часовым индикатором, фиксировали, подводя под край ее по всей окружности специальные упоры.

Затем в банке создавали вакуум, силовое воздействие которого воспринималось упорами, а уплотняющее резиновое кольцо оставалось нагруженным только собственными силами упругости. Отсутствие подсоса воздуха в таком положении говорило о достаточной величине упругих сил и надежности закрывания затвора.

Установлено, что для исключения случаев негерметичности разработанных самовакуумирующих банок при диаметре горла 83 мм упругое давление закрытия клапана не должно быть ниже 0,08 бар (регулируется степенью обжима крышки при укупорке).

Описанные методики позволили при небольшом числе опытов определить оптимальные размеры элементов горла банки. Одновременно отрабатывались наиболее выгодные условия укупорки (см. гл. IV).

Была также исследована ударная прочность горла на специально сконструированном маятниковом копре, и отработана форма верхней части выступов, обеспечивающая их достаточную прочность. Окончательная конструкция горла самовакуумирующей банки полностью оправдала себя в промышленных испытаниях.

Разработанные и апробированные критерии оценки работоспособности клапанных затворов и методики их определения применимы для исследования затворов любых конкретных конструкций.

IV. ВОПРОСЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САМОВАКУУМИРУЮЩИХ БАНОК В КОНСЕРВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Четвертая глава состоит из двух разделов. Первый посвящен укупорке новых банок.

Работа клапанного затвора зависит от взаимодействия трех составляющих его элементов — горла банки, крышки и резинового кольца, то есть от взаимной увязки их размеров и механических характеристик. Эта увязка целиком определяется процессом укупорки (закатывания), при котором крышка с кольцом обжимается вращающимся роликом вокруг горла банки, и затвор формируется как единое целое.

Цель исследования укупорки самовакуумирующих банок — отработать оптимальные параметры этого процесса, обеспечивающие работоспособность затворов с учетом рассеяния значений исходных размеров банок, крышек и резиновых колец; а также механических свойств жести и резины.

Для исследований укупорки был сконструирован лабораторный механизм, позволяющий варьировать профиль закаточного ролика и его радиальное перемещение к **центру** крышки (заглубление). Эксперименты, требующие изучения профилей банок, крышек, роликов и др., проводились при помощи специально сконструированного проектора, на экране которого создавалось силуэтное изображение исследуемых объектов в десятикратном увеличении.

Исследования закатывания, в основном, были посвящены двум вопросам — получению правильной формы венца крышки после закатывания и обеспечению стабильной работы клапанного затвора.

Для получения конической формы боковой поверхности венца, необходимой для нормального закрывания клапана (рис. 1, д), использовались закаточные ролики соответствующей формы. Однако производственными испытаниями было установлено, что конфигурация закаточного венца не всегда соответствовала профилю ролика. Иногда она искажалась: завитое поле на отдельных участках крышки как бы подтягивалось кверху и разворачивалось, что приводило к негерметичности. Подобные искажения наблюдаются и при закатывании обычных банок СКО.

Исследованиями деформации жести при помощи проектора установлено, что подтягивание завитого поля связано с исходной цилиндрической формой венца крышки СКО и зависит от ряда факторов. Опасность возникновения искажения венца была уменьшена благодаря увеличению высоты конической части профиля закаточных роликов.

Полностью устранить это явление удалось при использовании новой крышки СКМ (СКО модернизированная), разработанной диссертантом в соавторстве с группой сотрудников. Основное отличие крышки СКМ — венец в виде усеченного конуса (сужением вверх). После закатывания он приобретает четкую кони-

ческую форму без всяких искажений и дефектов (рис. 2).

Новые крышки имеют также ряд преимуществ, связанных с применением их не только для самовакумирующей, но и для обычной стеклянной тары. В закатанной крышке СКОМ основной обжим перенесен в среднюю часть венца, а его нижняя часть, диаметр которой намного больше соответствующего размера крышки СКО, образует широкое поле, удобное для захвата снизу при открывании. Поэтому и самовакумирующиеся и обычные банки, укупоренные новыми крышками, открываются намного легче, чем при использовании крышек СКО. При наличии под венцом горла упорного кольцевого вы-

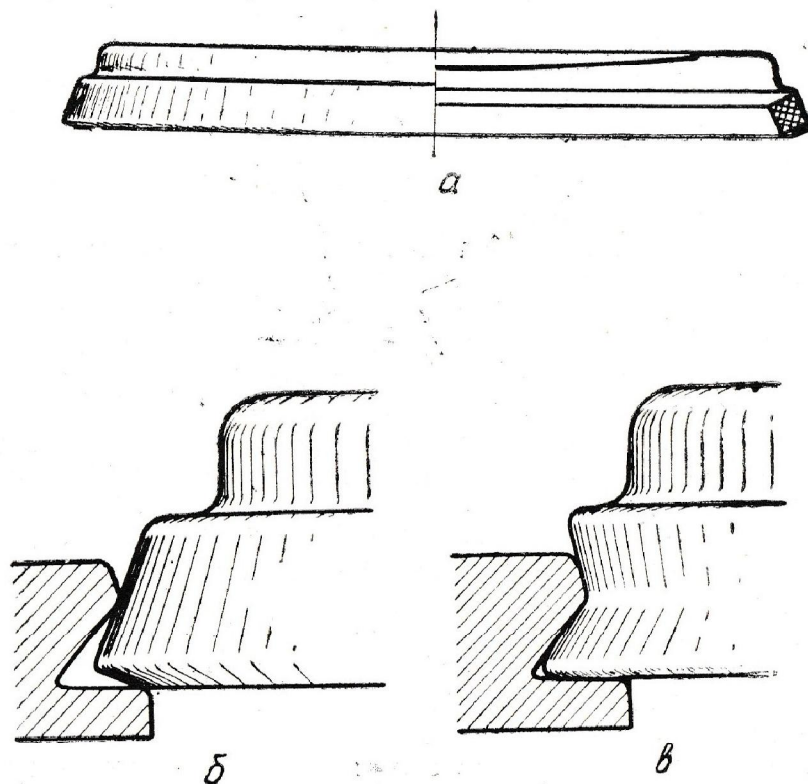


Рис. 2. Крышка СКОМ:

а - конструкция; б - начало закатывания;
в - конец закатывания

ступа крышки СКОМ можно снять любым предметом, используемым как рычаг (нож, вилка, монета).

Новые крышки значительно улучшают качество закатывания, что дает возможность использовать для их изготовления экономичную тончайшую жести.

Крышки СКОМ экономичнее используемых в настоящее время по расходу жести. В настоящее время новые крышки внедряются в отечественную консервную промышленность.

При обработке оптимальных параметров закатывания возникла задача изыскать рабочий критерий правильности наладки закаточных механизмов. Работоспособность клапанного затвора оценивается величинами $n = \frac{p_{кр}}{p_1}$ и p_2

(см. гл. III). В качестве рабочего критерия удобно использовать только давление p_1 . Специальными исследованиями установлено, что для одних и тех же затворов p_1 и p_2 связаны линейной функциональной зависимостью, а между p_1 и n существует тесная стохастическая связь. Это дало возможность использовать упругое давление открытия клапана p_1 в качестве критерия правильности наладки закаточных механизмов и установить интервал допустимых значений этой величины с учетом возможных колебаний механических свойств жести и резины $0,16 \leq p_1 \leq 0,35$ бар.

Исследование условий закатывания проводилось в три этапа:

1. Экспериментально устанавливалось, какие именно исходные размеры крышек, банок и резиновых колец являются определяющими, влияя в числе других факторов на давление p_1 .

Этими размерами являются средний диаметр горла банки d , толщина жести крышки δ и средняя площадь поперечного сечения кольца S .

2. Изучались вариации определяющих размеров, встречающихся на практике. Установлено, что $d = (82,6 \pm 0,3)$ мм; $S = (5,6 \pm 0,5)$ мм²; толщина жести в партии крышек $\delta = (0,215 \pm 0,035)$ мм, либо $\delta = (0,26 \pm 0,03)$ мм.

3. Отрабатывались условия закатывания, которые обеспечивали бы упругое давление p_1 в пределах допустимого интервала при самых неблагоприятных комбинациях предельных значений S , d и δ .

Наилучшие результаты были получены при закатыва-

ний с амортизационной пружиной. передающей силовое воздействие на закаточный ролик. Экспериментально установлено, что крышки СКОМ обеспечивают большую стабильность давления p_1 при отклонениях толщины жести, чем крышки СКО. Отработана конфигурация закаточных роликов.

Окончательно установлены следующие оптимальные условия закатывания новых банок:

- 1) использование закаточных роликов рекомендуемого профиля;
- 2) предпочтительное применение крышек СКОМ;
- 3) наличие амортизационных пружин, передающих силовое воздействие на закаточные ролики;
- 4) наладка закаточных механизмов — по давлению открытия клапана, которое при контрольном испытании должно находиться вблизи среднего значения интервала $0,16 \div 0,35$ бар.

Второй раздел четвертой главы посвящен автоклавной стерилизации консервов в самовакуумирующей таре. При температурах стерилизации выше 100°C максимальное давление в автоклаве равно давлению насыщения водяного пара, то есть выше атмосферного. Исследования показали, что существенную роль играет режим подъема давления в автоклаве при нагревании и уменьшения его при охлаждении. Резкий сброс давления, как было установлено теоретически в гл. II, может привести к выкипанию жидкой фазы консервов. Для предотвращения этого был экспериментально отработан специальный режим охлаждения.

При нагреве автоклава необходимо периодически проводить его продувку, выпуская воздух через специальный кран на крышке.

В некоторых случаях нагрев автоклава сопровождался интенсивной турбулизацией воды, приводившей к бою банок и другому браку. Исследования этого явления проводились на специально сконструированном автоклаве со смотровыми иллюминаторами. Было установлено, что интенсивная турбулизация воды пузырями пара, выходящими из барботера, возникает в двух случаях — при интенсивном поступлении пара в открытый автоклав, нагретый до $98\text{—}99^\circ\text{C}$ и при продувке автоклава, имеющего температуру выше 100°C с одновременной подачей в него пара.

На основании полученных результатов разработана методика проведения автоклавной стерилизации самовакуумирующей тары, исключая выкипание консервов и турбулизацию воды в автоклаве. Этой методикой следует руководствоваться при стерилизации консервов в любой другой стеклянной таре без противодействия, например, в банках «Еврокап».

V. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ САМОВАКУУМИРОВАНИЯ И ПРОМЫШЛЕННОЕ ОСВОЕНИЕ САМОВАКУУМИРУЮЩЕЙ ТАРЫ

Пятая глава состоит из четырех разделов. В первом разделе рассматриваются новые приборы и способы измерений, разработанные диссертантом.

Способ комплексного определения параметров газа в герметичной таре обеспечивает измерение давления и объема его в свободном пространстве банки с одновременным отбором пробы для определения химического состава. При этом продукт не претерпевает каких-либо изменений и может быть использован для химических анализов и органолептической оценки.

Описанные в литературе способы измерения каждой из указанных величин порознь обычно исключают возможность дальнейших исследований газовой смеси или продукта в этой же банке, так как в нее попадает атмосферный воздух или заливается вода. Поэтому приходится определять величины в разных банках одной партии, что увеличивает объем экспериментов и уменьшает достоверность результатов.

Разработанный способ, лишенный этого недостатка, заключается в том, что путем прокола крышки специальным пробоотборником банку соединяют с мановакуумметром, фиксируя его показание. Затем к системе банка—мановакуумметр подключают предварительно вакуумированную емкость, куда перетекает часть газа из банки, в результате чего давление в системе понижается до нового значения.

Состав газовой смеси находят, анализируя пробу газа в емкости, а давление и объем газа в банке определяют по двум показателям мановакуумметра, пользуясь формулами, вывод которых приводится в работе.

На основании анализа погрешности описанного мето-

да получено аналитическое выражение для величины емкости, обеспечивающей минимальную ошибку конечных результатов.

На описанный способ получено авторское свидетельство № 267169. Конструкция пробоотборника также защищена авторским свидетельством № 217028.

Из литературы известны способы определения вакуума в банке путем прокола крышки полрой иглой, сообщенной с вакуумметром, на которую снаружи надета эластичная пробка, герметизирующая место прокола.

Показано, что в этом случае за счет смещения атмосферного воздуха, находившегося во внутренней полости вакуумметра, с газовой смесью в банке погрешность измерения достигает нескольких десятков процентов.

Для ее устранения разработан и изготовлен капиллярный вакуумметр, обладающий ничтожным внутренним объемом 0,1 см³. Измерительным элементом прибора служит закрытый сверху стеклянный капилляр, внутри которого на определенном расстоянии от верхнего края находится небольшой столбик ртути.

При замере крышка банки прокалывается специальным устройством, соединенным с нижним концом капилляра, и под столбиком ртути устанавливается разрежение, практически равное вакууму в банке. Благодаря разности давлений столбик опускается до равновесного состояния, при котором глубина вакуума отсчитывается по шкале против верхнего края столбика. Погрешность измерения — менее двух процентов. Для удобства пользования прибор снабжен двумя капиллярами с разными диапазонами измерения.

На описанный вакуумметр выдано авторское свидетельство № 120023.

Исследование степени деаэрации продукта при самовакуумировании потребовало определения количества воздуха (или других газов) в консервах. Существующие для этого приборы, основанные на выделении из продукта воздуха и улавливании всплывающих пузырьков, обладают значительной погрешностью, пригодны не для всех продуктов, не могут определять дифференцированно содержание свободного и растворенного воздуха.

Разработанный диссертантом способ лишен этих недостатков. Проба исследуемого продукта помещается в герметизируемый прибор, в котором можно создавать

повышенное давление или вакуум, определяя при этом изменение объема пробы. Поскольку в пищевых продуктах нет сжимаемых компонентов кроме воздуха, заполняющего в свободном виде имеющиеся пустоты, количество воздуха определяется по уменьшению объема пробы при сжатии ее под определенным давлением. Содержание растворенного воздуха измеряется приращением объема пробы после ее вакуумирования.

Флодоовощное сырье, многокомпонентные консервы и т. п. продукты перед замером измельчаются внутри прибора специальным устройством. На этот способ выдано авторское свидетельство № 191219.

Описанные приборы и методы применимы для широкого круга научных исследований.

Второй раздел пятой главы посвящен лабораторным исследованиям процесса самовакуумирования, цель которых — опытная проверка теоретических зависимостей и определение качественных показателей консервов в самовакуумирующей таре.

Глубина разрежения в исследуемых банках, рассчитанная по формуле (1), хорошо согласуется с опытными данными (рис. 3). В большинстве случаев отклонения не превышают 0,04 бар. Только в банках с яблочным компотом и фаршированным перцем действительный вакуум меньше расчетного на величину до 0,12 бар из-за высокого содержания воздуха в этих продуктах и затрудненности его удаления при самовакуумировании.

Другие свойства консервируемых продуктов, а также начальные параметры при укупорке не сказываются на глубине вакуума. Экспериментально подтверждено, что различие этих параметров в партии банок нивелируется разными моментами открытия их клапанов.

Результаты определения количества воздуха в различных продуктах приведены в таблице 1.

Из большинства продуктов при самовакуумировании выделяется 80—90% находившегося там воздуха.

Установлено, что в консервах, расфасованных в самовакуумирующие банки, остается по сравнению с контрольными образцами в 2—3 раза больше витамина С и каротина, менее интенсивно протекает окислительная порча жира, лучше сохраняется естественный цвет и аромат сырья.

Комплексный анализ параметров газовой смеси в

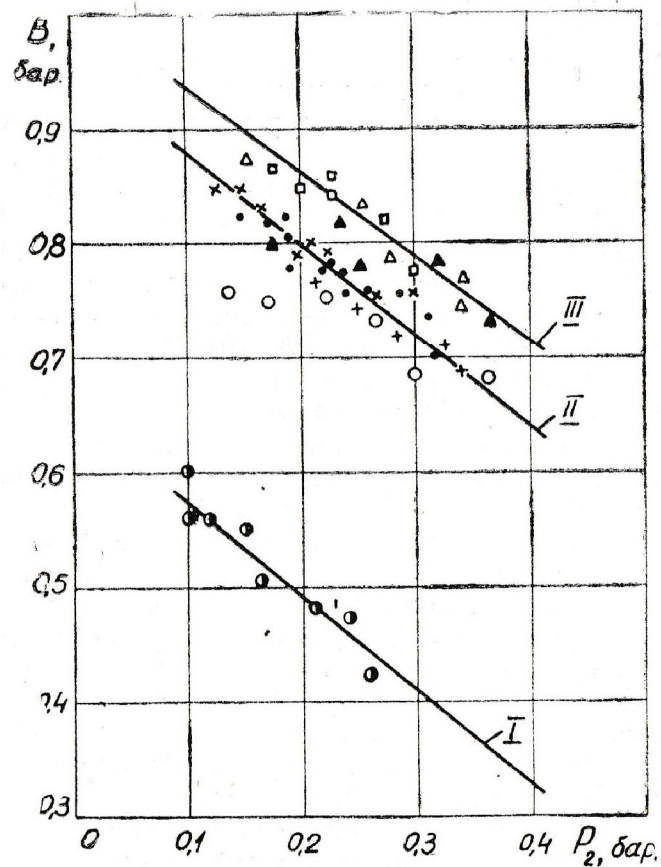


Рис. 3. Зависимость глубины вакуума в банке от температуры стерилизации t и давления закрытия клапана P_2

I — $t = 85^\circ\text{C}$

● — компот из слив,

II — $t = 98^\circ\text{C}$

○ — компот из яблок;

• — компот из вишен;

× — пюре из яблок;

+ — томаты консервированные;

III — $t = 120^\circ\text{C}$

△ — перец резаный;

▲ — перец фаршированный;

□ — икра баклажанная.

Q — содержание воздуха в продукте, $\text{см}^3/\text{кг}$
 B — вакуум в таре, бар

Таблица 1

ПРОДУКТЫ	Перед расфасовкой, Q	В самовакуумирующей таре		В обычной таре	
		Q	B	Q	B
Вишни	90	15	0,75—0,80	90	0,15—0,20
Слива «Венгерка» (стерилизация при 85°C)	40	20	0,55—0,60	40	0,10—0,15
Абрикосы	90	15	0,75—0,80	60	0,10—0,15
Яблоки бланшированные	200	80	0,65—0,70	170	0,10—0,15
Перец, фаршированный овощами	60—80	16—40	0,70—0,80	60—70	0,10—0,15
Икра баклажанная	20	1,5	0,80—0,85	17	0,30
Пюре из яблок	15	1,5	0,80—0,85	12	0,30—0,35

банках с овощными закусочными консервами после их двухгодичного хранения показал, что при вакуумировании тары не только снижается начальное абсолютное количество кислорода в таре, но и значительно уменьшается доля его, израсходованная на окислительные процессы.

Лабораторные исследования показали правильность теоретических выводов и подтвердили эффективность процесса самовакуумирования.

Третий раздел посвящен промышленным исследованиям самовакуумирующей тары, цель которых — проверить в производственных условиях рекомендации по укупорке и стерилизации новых банок, получить статистические данные о глубине вакуума, а также определить брак готовой продукции для проверки эффективности разработанных критериев надежности клапанных затворов.

Промышленные испытания проводились многократно в течение нескольких лет (с 1962 по 1967 г.), перемежаясь углубленными лабораторными исследованиями выявляемых неблагоприятных явлений (искажение венца крышек СКО, интенсивная турбулизация воды в автоклаве и др.). Завершающие испытания (после ликвидации этих явлений) являлись по сути промышленным освоением процесса самовакуумирования.

Общее количество изготовленных консервов в таре емкостью 0,5 л составило 70 тысяч банок, в таре емкостью 0,2 л — 500 тысяч банок.

Свыше 40 тысяч банок после годичного хранения были забракованы, повышенного брака не обнаружено.

Ассортимент изготовленных консервов — овощные закусовые, мясные, обеденные, детские фруктовые и овощные.

На основании результатов испытания на Черкасском консервном комбинате в 1964 году Государственная комиссия рекомендовала новую тару к внедрению, указав вместе с тем на недостаточную стабильность работы клапанных затворов при значительных отклонениях толщины жести крышек. Поэтому возникла необходимость дальнейших исследований укупорки, результатом которых была разработка конструкции крышек СКОМ и технологии их изготовления.

В 1967 г. на Одесском экспериментальном консервном заводе им. Ленина были изготовлены детские консервы широкого ассортимента в новых банках в количестве 500 тыс. штук. Результаты подтвердили правильность всех предыдущих разработок. Общее количество брака после стерилизации составило: при закатывании крышками СКО с использованием амортизаторов — 0,097%, при закатывании крышками СКОМ — всего 0,04%, что в 5 раз ниже нормы. Глубина вакуума (математическое ожидание) $B = 0,835$ бар, среднее квадратичное отклонение этой величины $\sigma = 0,036$ бар. Такая глубина и стабильность разрежения недостижимы другими методами эксгаустирования.

Было установлено, что для гарантии минимального брака следует использовать крышки СКОМ, освоение которых должно предшествовать внедрению новых банок. С 1970 г. Одесский экспериментальный завод упаковочных изделий начал серийное производство новых крышек.

Четвертый раздел этой главы посвящен экономической эффективности от внедрения результатов работы. Показано, что она складывается из экономии от использования новых крышек СКОМ и от применения процесса самовакуумирования. Диаметр вырубki крышки СКОМ меньше соответствующего диаметра СКО на 2,5—2,9 мм, т. е. площадь заготовки уменьшается на 5%. Это

дает экономию свыше 50 тыс. рублей на 100 млн. крышек.

Эффект от внедрения процесса самовакуумирования, кроме повышения биологической ценности консервов, заключается в экономии, которая может быть получена от внедрения стерилизаторов непрерывного действия, работающих без противодействия — 20—30 тыс. руб. на один аппарат, от перевода части консервов в более высокий сорт, примерно, 60 тыс. руб. на 100 млн. банок.

В заключение подчеркивается, что внедрение самовакуумирования не требует ни нового оборудования, ни энергетических затрат, что имеет большое экономическое значение.

ВЫВОДЫ

1. Проанализировано значение процессов эксгаустирования консервов. Показана перспективность самовакуумирования — удаления воздуха из консервов при тепловой стерилизации благодаря клапанному действию затвора.

2. Разработаны основы теории самовакуумирования, на базе которых сформулированы требования к конструктивным и технологическим параметрам этого процесса.

3. Теоретически и экспериментально обоснованы критерии для оценки работоспособности клапанных затворов при лабораторных исследованиях и разработке конкретных конструкций.

4. Разработана новая стеклянная банка, образующая клапанный затвор при укупорке ее крышками с боковым расположением уплотнительного резинового кольца — «СКО» и др. (авторское свидетельство № 243394, патент США № 3433379, патент Франции № 1538027).

5. В результате исследования отработаны оптимальные параметры процесса укупорки новых банок.

Разработана и внедрена в промышленность новая крышка СКОМ (СКО модернизированная), значительно повышающая стабильность и надежность работы клапанных затворов. Новая крышка, пригодная и для обычной, несамовакуумирующей тары, обеспечивает также экономию жести, улучшение качества закатывания и легкое

открывание консервов (при наличии на банке упорного выступа — без специального ключа).

6. Экспериментально доказана эффективность стерилизации консервов в самовакуумирующей таре без противодействия. Разработана оптимальная методика проведения этого процесса в автоклавах периодического действия.

7. Экспериментально доказаны преимущества самовакуумирования перед другими способами эксгаустирования: глубокое и стабильное разрежение (0,80—0,85 бар), универсальность для всех консервов, существенная деаэрация продукта, простота реализации, отсутствие внешних вакуумирующих устройств и энергозатрат.

8. Химическими анализами и органолептической оценкой установлены значительно лучшие вкусовые качества и более высокая пищевая ценность консервов в самовакуумирующей таре по сравнению с контрольными образцами.

9. Правильность лабораторных исследований по созданию конструкции самовакуумирующей тары, ее укупорке и стерилизации подтверждена промышленными испытаниями.

10. Создан ряд оригинальных методик исследования, экспериментальных установок и аналитических приборов (14 наименований). Важнейшие из них:

а) стенд для определения надежности закрытия клапанных затворов;

б) методика исследования деформации жести при закатывании;

в) капиллярный вакуумметр для измерения разрежения в консервных банках (авторское свидетельство № 120023);

г) устройство для взятия пробы газа из герметичной тары с пищевым продуктом (авторское свидетельство № 217028).

д) способ исследования параметров газовой смеси в укупоренной таре (авторское свидетельство № 267169);

е) способ определения количества воздуха в жидких, пурееобразных и пастообразных веществах (авторское свидетельство № 191219);

ж) прибор для определения содержания воздуха в любых продуктах.

Эти приборы и методы могут быть применены для широкого круга научных исследований.

11. Преимущества самовакуумирования перед другими способами эксгаустирования, возможность освоения его без существенных затрат и значительный экономический эффект дают основание рекомендовать этот процесс для широкого внедрения в отечественную консервную промышленность.

**ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ
ОПУБЛИКОВАНО В РАБОТАХ:**

1. Молдавский Ф. Г. Капиллярный жидкостный вакуумметр для измерения вакуума в консервных банках. Авторское свидетельство № 120023.
2. Молдавский Ф. Г., Котельников А. Ф. Перспективы применения в консервной промышленности самовакумирующих стеклянных банок. В кн.: Труды, вып. V, М., Пищепромиздат, 1964 (Украинский научно-исследовательский институт консервной промышленности).
3. Молдавский Ф. Г., Котельников А. Ф. Стеклянная консервная банка. Авторское свидетельство № 243394.
4. Молдавский Ф. Г. Способ определения количества воздуха в жидких, пореобразных и пастообразных веществах. Авторское свидетельство № 191219.
5. Молдавский Ф. Г. Прибор для определения содержания воздуха в различных продуктах. В кн.: Труды. Вып. VI, М., Пищепромиздат, 1967 (Украинский научно-исследовательский институт консервной промышленности).
6. Молдавский Ф. Г. Устройство для взятия пробы газа из герметичной тары с пищевым продуктом. Авторское свидетельство № 217028.
7. Молдавский Ф. Г. О самовакумировании консервной тары — «Известия вузов СССР. Пищевая технология», № I, 1969.
8. Молдавский Ф. Г. Способ исследования параметров газовой смеси в закупоренной таре. Авторское свидетельство № 267169.
9. Moldavsky F. G. and Kotelnikov A. F. Glass Preserving Jars. United States Patent No 3.433.379 (патент США).
10. Moldavsky F. G. et Kotelnikov A. F. Bocal a conserves en verre. Republique Française Brevet d'invention N 1.538.027 (патент Франции).

**ПО ВОПРОСАМ, РАССМАТРИВАЕМЫМ В ДИССЕРТАЦИИ,
АВТОРОМ СДЕЛАНЫ ДОКЛАДЫ:**

1. На научной конференции во Всесоюзном НИИ консервной промышленности. Москва, 1965 г.
2. На заседании технико-экономического совета Одесского межобластного совхозконсервтреста. Одесса, ноябрь 1967 г.
3. На секции консервной промышленности Научно-технического совета МПП СССР, Москва, август 1968 г.
4. На республиканском семинаре работников пищевой промышленности Литовской ССР. Вильнюс, март 1969 г.
5. На II конференции прибалтийских республик по таре и упаковке. Таллин, октябрь 1969 г.
6. На Всесоюзной межвузовской конференции по термическим методам обработки при консервировании пищевых продуктов в ОТИ им. Ломоносова, Одесса, октябрь 1969 г.
7. На секции консервной промышленности Научно-технического совета МПП УССР, Киев, ноябрь 1969 г.