

А. В. Ореф.
К 64

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. М.В.ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

КОНОПИНСКИЙ НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ

УДК 664.8.036.5:672.46

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ
ТАРЫ К ВНУТРЕННЕМУ ДАВЛЕНИЮ В ПРОЦЕССЕ
СТЕРИЛИЗАЦИИ КОНСЕРВОВ

Специальность 05.18.12 - процессы, машины и агрегаты
пищевой промышленности

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Одесса - 1989

СК

Работа выполнена в Одесском технологическом институте пищевой промышленности им. М.В.Ломоносова

Научный руководитель – кандидат технических наук,
доцент А.Ф.Котельников

Научный консультант – кандидат технических наук,
доцент А.Р.Мендеров

Официальные оппоненты – доктор технических наук,
профессор Н.В.Остапчук
кандидат технических наук
старший научный сотрудник
Ф.И.Коган

Ведущая организация – Одесский консервный завод.

Защита состоится "23" декабря 1989 г. в 13 час.
на заседании специализированного совета Д 068.35.01 при Одесском
технологическом институте пищевой промышленности им.М.В.Ломоно-
сова, 210039, г.Одесса, ул.Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского
технологического института пищевой промышленности им.М.В.Ломоно-
сова

Автореферат разослан "15" ноября 1989 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук,
доцент

 В.Г.Кротов

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

ОНАХТ 04.12.12
Повышение устойчивос



v016665

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Создание мощной консервной индустрии в СССР позволяет сглаживать неравномерность производства различных пищевых продуктов по климатическим поясам, создавать стратегические запасы продуктов.

До настоящего времени наиболее распространенная тара для консервов и напитков – металлические банки. В США производится ежегодно до 120,5 млрд. металлических консервных банок. По данным схемы развития и размещения производства транспортной и потребительской тары на период до 2005 года, разработанной Гипроплодоовощхозом в 1988 году, производство металлической консервной тары в СССР составит к 2000 году 6665,1 млн. условных банок.

Перед консервной промышленностью стоят две взаимосвязанные задачи: увеличение выпуска консервов и снижение металлоемкости банок.

Решение обеих задач сталкивается с решением вопроса о прочностных возможностях тары при разного рода воздействиях на нее в процессе производства и реализации консервов. До настоящего времени прочностные возможности тары изучены в связи с оптимизацией размеров и деформацией продольного и закаточных швов. В то же время основную нагрузку на всех стадиях производства консервов несут концы, т.е. доннышко и крышка банки. В связи с этим снижение толщины жести при сохранении прочностных свойств тары является актуальной проблемой.

Цель работы. Целью работы является поиск и научное обоснование формы рельефа концов металлических банок, обеспечивающего уменьшение толщины металла при сохранении прочности и устойчивости банок в процессе стерилизации и хранения.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- определить устойчивость различных рельефов в зависимости от диаметра тары, толщины и характеристик металла;
- разработать математическую модель устойчивости концов банок;
- определить влияние рельефа концов банок на увеличение внутреннего объема тары и последующее снижение давления в ней при стерилизации;
- разработать расчетную модель концов банок для сравнения эффективности различных видов гофрировки;

— определить величину возникающих напряжений в материале концов банок при стерилизации в зависимости от рельефа, характеристик металла и диаметра банки;

— определить виды и величины нагрузок, испытываемых банкой в процессе стерилизации консервов в открытом аппарате.

Научная новизна работы состоит в:

— определении влияния толщины и свойств жести, размеров и формы рельефа концов на устойчивость банки;

— в установлении закономерностей влияния свойств жести, формы и размеров рельефа на его упругость и увеличение объема тары при стерилизации консервов;

— в разработке алгоритма расчета напряженно-деформированного состояния концов консервных банок: как гофрированных мембран;

— в экспериментальном определении напряженно-деформированного состояния концов банок при стерилизации.

Практическая значимость работы состоит в разработке концов банок с рельефами, обладающими повышенной устойчивостью к внутреннему давлению, и позволяющими применять жести пониженной толщины для стерилизации без противодействия, что упростит конструкцию стерилизаторов непрерывного действия и повысит производительность автоклава.

Апробация работы. Основные положения работы доложены на научных конференциях профессорско-преподавательского состава ОТИП им. М. В. Ломоносова (г. Одесса, 1984, 1985, 1987, 1988 гг.) и конференции молодых ученых МТИП (г. Москва, 1986 г.).

Публикация результатов. По материалам диссертационной работы опубликовано десять работ, в том числе два авторских свидетельства.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы, включающего 156 наименований, в том числе 31 иностранных, и приложений. Работа изложена на 112 страницах машинописного текста и содержит 41 рисунок и 13 таблиц.

На защиту выносятся: научное обоснование формы рельефа концов консервных банок, обладающих повышенной устойчивостью к внутреннему давлению.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе рассмотрены способы и аппараты для стерилизации консервов, материалы, применяемые для производства тары, ее

устройство и требования к ней. Проведен анализ нагрузок, воспринимаемых тарой в процессе изготовления и хранения консервов.

Анализ конструкций рельефов концов банки и сопоставление их устойчивости с развивающимся в таре давлением показал, что невозможно рассчитывать на успех при стерилизации консервов без противодействия, используя банки с концами существующих рельефов. Кроме этого, в литературе содержатся противоречивые сведения о влиянии элементов рельефа, их размеров и формы на устойчивость банки. В литературе отсутствуют сведения и о влиянии твердости жести на устойчивость концов банок.

Во второй главе показано, что в качестве расчетной модели конца консервной банки может быть рассмотрена тонкая гофрированная пластинка, закрепленная по контуру с возможностью радиального смещения, и приведена система нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих напряженно-деформированное состояние тонкостенной оболочки вращения, частным случаем которой является гофрированная пластинка. Предложено для расчета тонкой гофрированной пластинки воспользоваться дискретно-континуальным методом. При этом не накладывается никаких ограничений на геометрию пластинки. Пластинка может быть изотропной, физически или конструктивно ортотропной.

При решении геометрически нелинейной задачи, к которой относится задача о напряженно-деформированном состоянии тонкой гофрированной пластинки, дифференциальные уравнения равновесия, описывающие поведение оболочки, можно свести к системе шести дифференциальных уравнений вида:

$$\frac{dy}{dx} = f(y, y) + b(x)$$

Линеаризацию этих уравнений проводят с помощью метода Ньютона-Канторовича и в процессе итерации на $(s+1)$ шаге получают систему обыкновенных линейных дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\frac{dy^{(s+1)}}{dx} = [A(x, y^{(s)})] y^{(s+1)} + b(x, y^{(s)})$$

где y — матрица вектора внутренних обобщенных силовых факторов, приведенных к поверхности оболочечного элемента и обобщенных перемещений этой поверхности. Решая методом ортогональной прогонки полученную систему уравнений при заданных граничных условиях, получаем все компоненты напряженно-деформированного состояния каждого оболочечного элемента.

Описанный алгоритм реализовывали на ЕС ЭВМ-1022, однако погрешности расчета при рабочих давлениях (0,10...0,20 МПа) недопустимо велики. Кроме этого, ввиду отсутствия в литературе данных о влиянии формы рельефа и связи между твердостью жести НR001 и модулем упругости E , влияние этих факторов на устойчивость может быть определено лишь экспериментальным путем.

В третьей главе описаны объекты, программа, план и методики экспериментальных исследований. Эксперименты направлены на определение влияния параметров рельефа на важнейшие его характеристики: устойчивость, упругость и возможность при выпучивании увеличивать первоначальный объем тары. Давление, возникающее в таре при стерилизации, по его воздействию на тару можно условно подразделить на три категории. Давление, при котором возникают пластические деформации — критическое ($P_{кр}$). После снятия действия этого давления концы банок никакими усилиями, приложенными извне или изнутри банки, нельзя вернуть в начальное положение. Давление, при котором не возникает "пупок", а величина остаточной деформации зависит от степени разряжения в банке — рабочее давление (P_p). Предельное давление, после снятия которого конец под действием только сил упругости рельефа возвращается в начальное положение — давление упругости (P_y). Механические свойства жести тщательно контролировали по ГОСТ 13345-85, ГОСТ 11701-84, ГОСТ 22975-78. Геометрию профиля рельефа измеряли на специальной установке и контролировали по разрезанным образцам на инструментальном микроскопе "ИМ-2". На рис. 1 представлены некоторые типы исследованных рельефов. Описана методика измерения деформаций рельефов при помощи фольговых малобазных тензорезисторов: КФ4П1.1.100; КФ4П1.3.100; КФ4П2.5.200. Тензорезисторы наклеивали двухосной розеткой. В качестве усилителя использовали восьмиканальный усилитель 8АНЧ-7М, рекомендованный для замеров при статических и медленно меняющихся нагрузках.

Эксперименты по стерилизации консервов имели целью определения падения давления в банке от выпучивания ее концов при стерилизации в открытом аппарате, а также проверку возможности стерилизации без противодействия банок с новым рельефом.

Обработку результатов экспериментов осуществляли методами математической статистики на ЕС ЭВМ-1022.

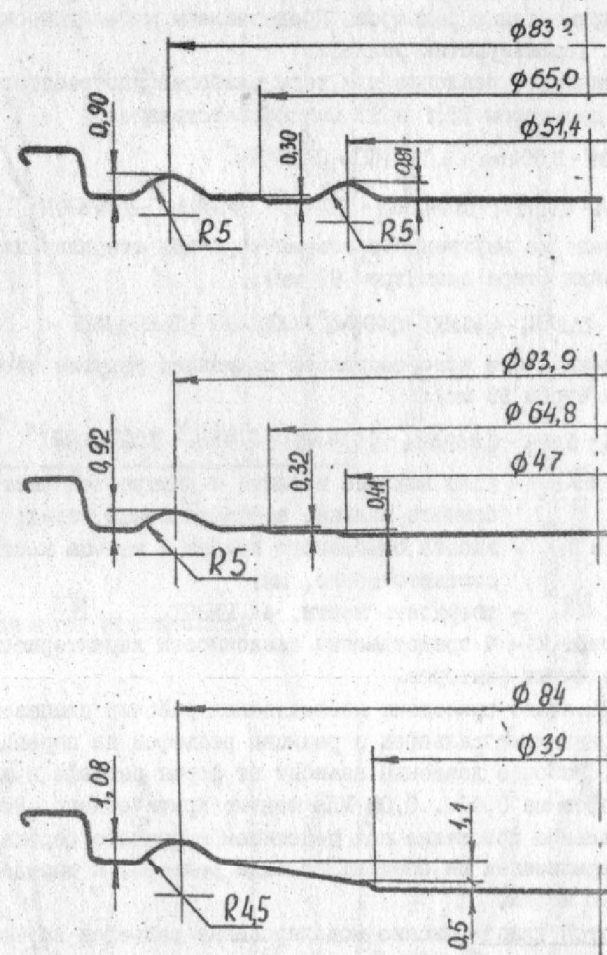
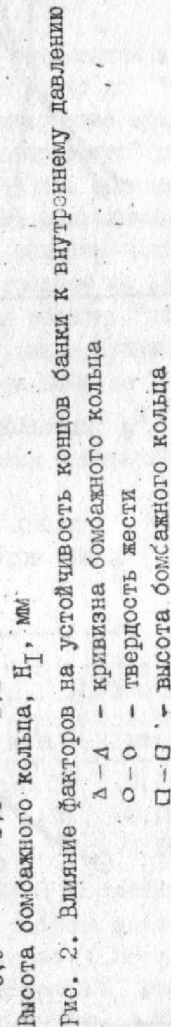


Рис. 1. Рельефы для тары диаметром 99 мм

- а) — "жесткий" (Тираспольский завод металлолитографии)
- б) — "ступенчатый" (Крымский консервный комбинат)
- в) — "конический" (Дебреценский консервный завод (ВНР))

Анализ математических моделей (I) - (4) позволил воспользоваться принципом Сен-Венана и упростить расчетную модель гофрированной пластинки, что в значительной мере повысило точность расчета при рабочих давлениях. Были предложены различные виды усиления периферийной зоны рельефа (рис. 5), т.к. при определенных условиях окружающие сжимающие напряжения, возникающие в этой зоне, приво-



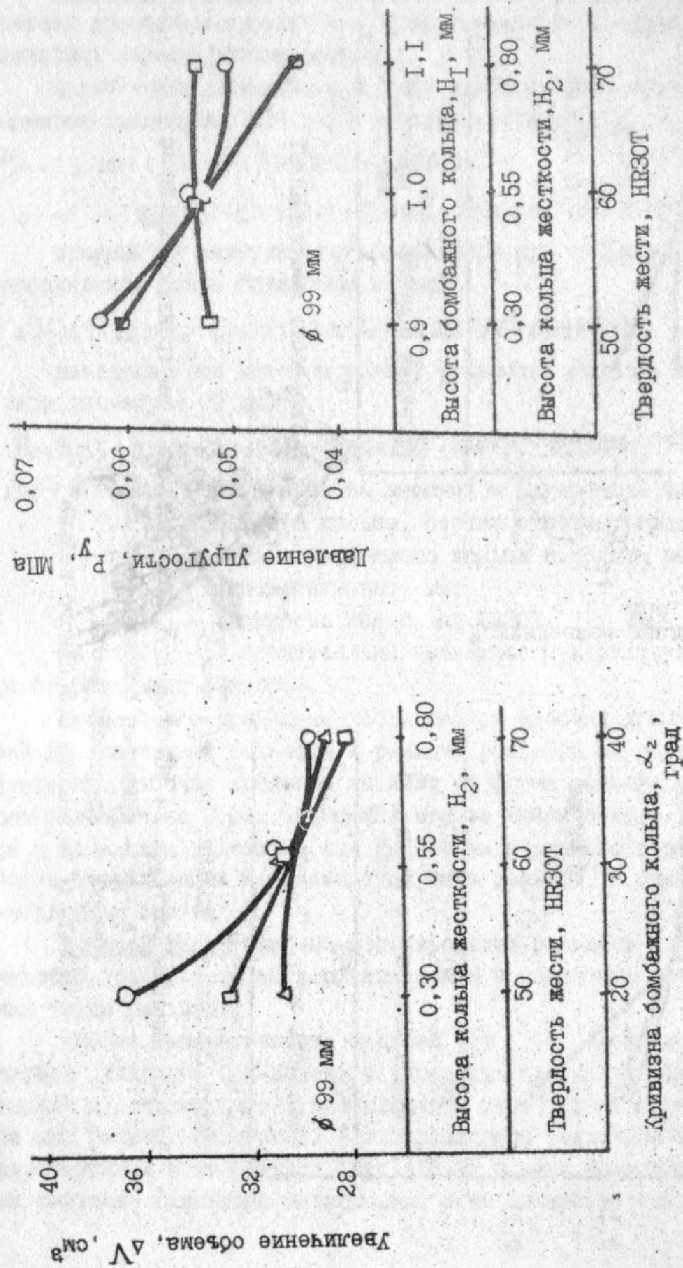


Рис. 3. Влияние факторов на увеличение объема тарн при стерилизации

□ — высота кольца жесткости,
○ — твердость жести,
Δ — кривизна бомбажного кольца

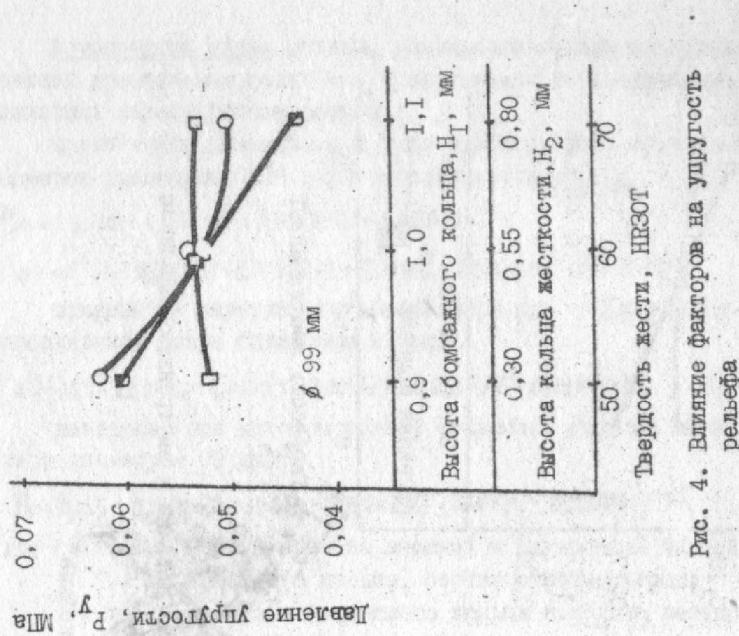


Рис. 4. Влияние факторов на упругость рельефа

□ — высота бомбажного кольца,
■ — высота кольца жесткости,
○ — твердость жести.

лит к потере устойчивости. Расчеты и экспериментальные исследования показали, что форма, представленная на рис. 5, г является наиболее целесообразной. Результатом дальнейших исследований по повышению упругости рельефа и увеличению объема банки при стерилизации явился рельеф, представленный на рис. 6, получивший название "волнообразный".

На рис. 7 представлены окружные и кольцевые напряжения в верхнем слое, полученные расчетным путем и экспериментально для "волнообразного" рельефа и лучшего из применяемых в настоящее время — "ступенчатого". Хорошо видно, что элементы "волнообразного" рельефа нагружены более равномерно, чем "ступенчатого", что обеспечивает постепенное снижение сжимающих напряжений — как радиальных, так и окружных — от центра к периферии. В результате область бомбажного кольца "волнообразного" рельефа испытывает в среднем на 100 МПа меньшие сжимающие напряжения, чем соответствующая область "ступенчатого". Опасные окружные напряжения на опорном кольце, приводящие к потере устойчивости для "волнообразного" рельефа ниже на 17 % (47 МПа).

Фрагмент результатов проведенных сравнительных испытаний рельефов представлен в табл. I.

Таблица I

Рабочее давление (МПа) для рельефов концов банок диаметром 99 мм

Степень твердости жести по ГОСТ 13345-85	Толщина жести, мм					
	0,25	0,22	0,20	0,25	0,22	0,20
"ступенчатый"	"волнообразный"	"ступенчатый"	"волнообразный"	"ступенчатый"	"волнообразный"	"ступенчатый"
A2	0,14	0,16	0,11	0,13	0,09	0,11
B	0,15	0,17	0,12	0,15	0,10	0,12
C	0,18	0,20	0,15	0,17	0,11	0,14

Очевидно, что концы с "волнообразным" рельефом из жести толщиной 0,20 и 0,22 мм имеют практически такое же рабочее давление, что и концы со "ступенчатым" из жести на номер голце (0,22 и 0,25) соответствующей твердости. Следовательно, "волнообразный" рельеф позволяет снизить толщину жести для производства концов по крайней мере на один номер.

В табл. 2 приведен фрагмент результатов стерилизации консер-

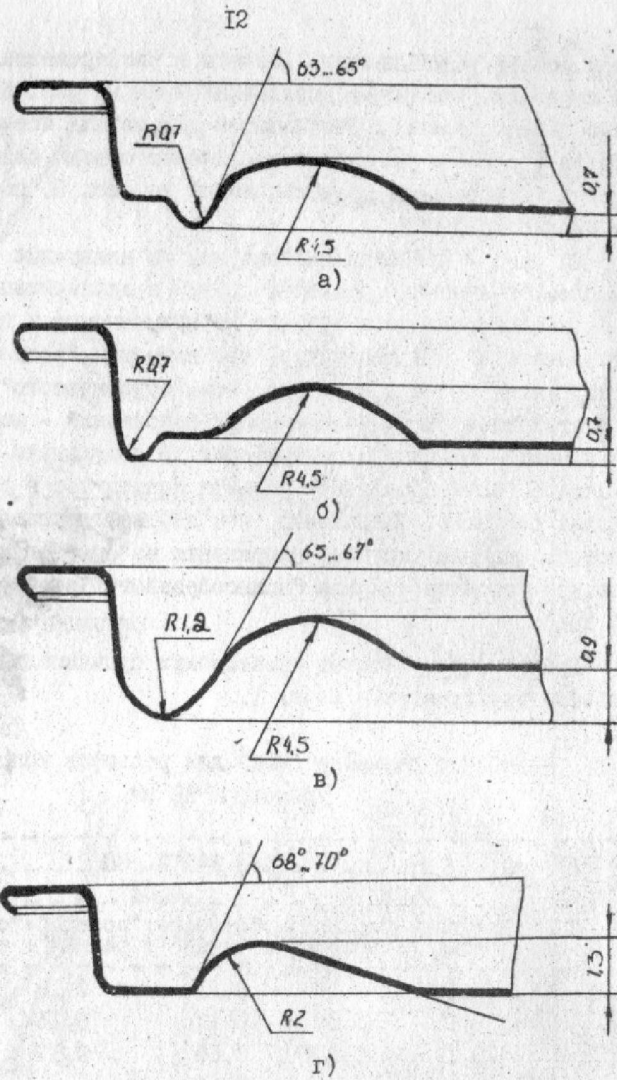


Рис. 5. Различные виды ужесточения рельефов

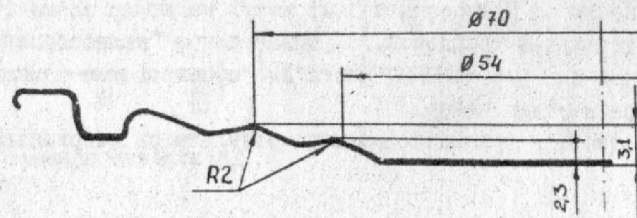
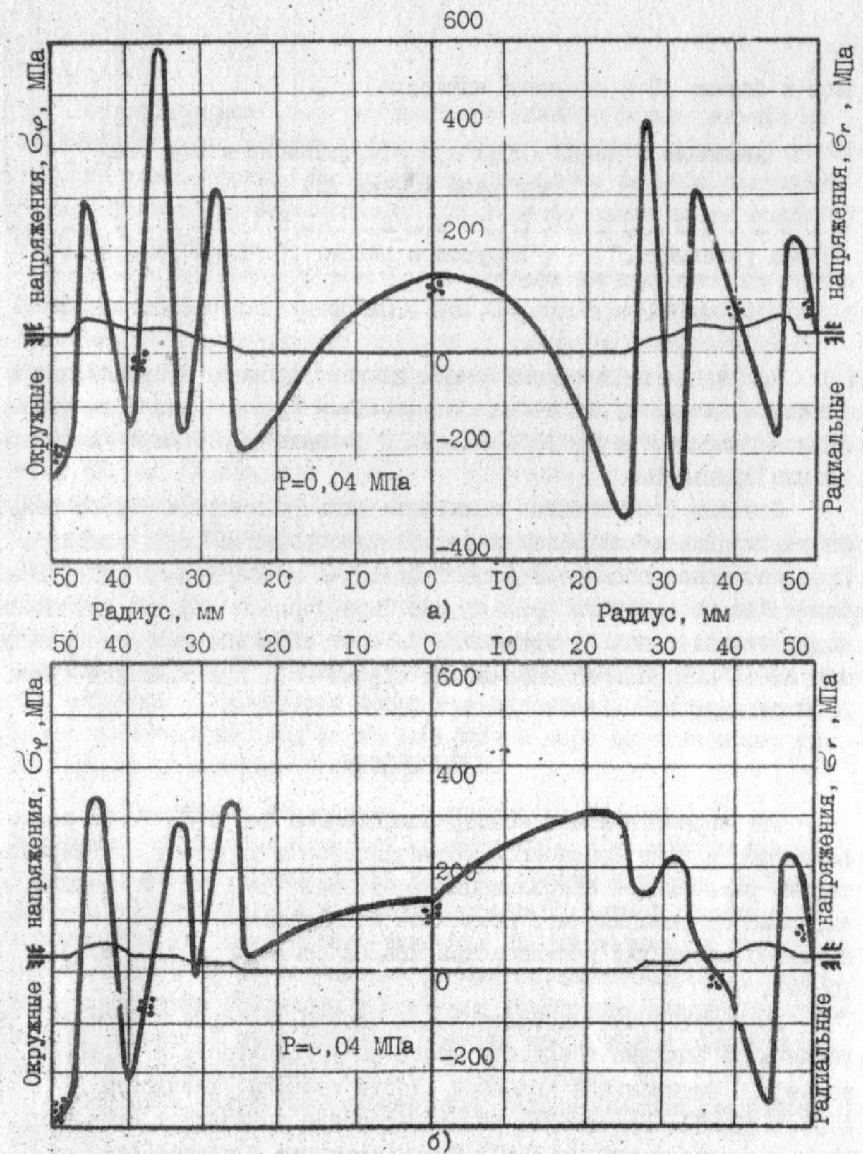


Рис. 6. Рельеф "волнообразный" (диаметр 99 мм)

Рис. 7. Распределение напряжений на наружной поверхности концов банок с "волнообразным" (а) и "ступенчатым" (б) рельефами при стерилизации
сплошная линия - расчет, точки - эксперимент

вов в банках I2 в открытом аппарате.

Таблица 2

Давление в банке (МПа) при стерилизации в открытом аппарате (банка I2)

"Перец резаный..."	"Капуста с рисом..."	"Каша рисовая..."
0,135...0,140	0,150...0,165	0,155...0,160

Как видно из представленных данных, процесс стерилизации в открытом аппарате может быть осуществлен при условии применения концов банок из жести ЭЖК или ЭЖКС толщиной 0,25 мм с "волнообразным" рельефом.

Описаны промышленные испытания банок с концами нового рельефа на Тираспольских заводах металлолитографии и им.П.Ткаченко, Крымском консервном комбинате и Одесском консервном заводе. Внедрение "волнообразного" рельефа на Тираспольском заводе металлолитографии для банок I3 позволило за счет снижения толщины применяемой жести получить экономический эффект на I млн. банок в сумме 2237 рублей.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Разработаны две конструкции концов банок с новыми рельефами, обладающие повышенной устойчивостью и упругостью. Разработанные рельефы при стерилизации испытывают на I-17 % меньшие окружные напряжения, что позволяет использовать тонкую (0,22 мм и менее) жести для производства концов банок диаметром менее 100 мм.

2. Разработаны математические модели, которые позволили установить влияние твердости жести на устойчивость и упругость рельефа. Оптимальной является жести степени твердости С (70 ед.НВ30Т). Применение этого материала приводит к снижению окружных напряжений на 18-20 % по сравнению с жести степени твердости А2 (54 ед.НВ30Т).

3. Разработана расчетная модель рельефа концов консервных банок как гофрированных пластинок, которая позволила впервые получить теоретическую картину напряженно-деформированного состояния концов консервных банок различного рельефа при стерилизации.

4. Экспериментально исследовано влияние формы рельефа на величину опасных окружных напряжений, приводящих к потере устойчивости концов банки. Установлено, что форма рельефа оказывает важное влияние на устойчивость при использовании жести толщиной 0,25 мм и менее.

5. Исследовано влияние формы рельефа на падение давления в банке от выпучивания ее концов при стерилизации. Установлено, что величина падения давления зависит от диаметра и объема банки. Разработанный "волнообразный" рельеф обеспечивает на 0,02...0,03 МПа меньшее внутреннее давление для банки I2 по сравнению с широко применяемым "ступенчатым". Для банки I3 эта величина составляет 0,01...0,02 МПа, для банок 6 и 43 форма рельефа концов не оказывает влияния на изменение внутреннего давления.

6. Исследована возможность ведения чисто паровой стерилизации некоторых видов консервов и охлаждение их вне автоклава. Установлено, что для банок с концами "волнообразного" рельефа из жести степени твердости В или С можно рекомендовать чисто паровую стерилизацию без специального противодействия водой или сжатым воздухом и охлаждение банок вне автоклава. При этом концы можно изготавливать из жести по крайней мере на один номер тоньше, чем предусмотрено ГОСТ 5981-82.

7. Всесоюзным совещанием специалистов жестяно-баночного производства пищевых отраслей промышленности по использованию тонкой жести для производства тары и средств укупорки (г.Тирасполь, 14-15 марта 1985 г.) "волнообразный" рельеф рекомендован к внедрению на всех жестяно-баночных производствах. В настоящее время внедрен на Тираспольском заводе металлолитографии, Крымском консервном комбинате и Одесском консервном заводе. Экономический эффект за счет снижения толщины жести при производстве банки I3 составляет 2237 руб. на I млн. банок.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. А.с. № I221069, МК В65Д1/12. Жестяная консервная банка / А.Ф.Котельников, Н.Н.Конопинский, Г.Х.Молдавский, Я.Н.Шабатура (СССР) - № 3614824/28-13. Заявл. 08.04.1983. Опубл. 30.03.86. Бюл. № 31.

2. Изучение несущей способности некоторых рельефов концов банок диаметром 99 мм / А.Ф.Котельников, Н.Н.Конопинский, Я.Н.Шабатура, В.Д.Долгов // Консервная и овощесушильная пром-сть. - 1984.

- № 1.- С.21-24.

3. Конопинский Н.Н. Исследование напряженно-деформированного состояния концов консервных банок с различными рельефами при стерилизации //Тезисы докл. /Всесоюз. науч.-техн. конф. "Новые технологические способы обработки и консервирования плодовоовощной продукции".- М., 1988.- С.63.

4. Конопинский Н.Н. Устойчивость банок из тонкой жести при стерилизации мясных консервов. //Тезисы докл. /Всесоюз. отраслевая науч.-техн. конф. "Вклад молодых ученых и специалистов в ускорение научно-техн. прогресса в мясной и молочной пром-сти". -М., 1988.- С.136-137.

5. Конопинский Н.Н., Котельников А.Ф. Расчет упругой характеристики концов консервных банок //Тезисы докл. /Всесоюз. научн. конф. "Разработка и совершенствование технологических процессов, машин и оборудования для производства, хранения и транспортирования продуктов питания".- М., 1987.- С.112.

6. Котельников А.Ф., Конопинский Н.Н. Исследование несущей способности некоторых рельефов концов банок диаметром 99 мм //Тезисы докл. /2-я областная научно-техн. конференция молодых ученых и специалистов.- Вологда.- 1982.- С.70.

7. Котельников А.Ф., Конопинский Н.Н., Шабатура Я.Н. Новый вид рельефа для концов металлической консервной тары //Пищевая и перерабатывающая пром-сть.- 1986.- № 2.- С.54-55.

8. Котельников А.Ф., Рвачев В.В., Конопинский Н.Н. Метод расчета геометрических параметров бомбажных колец на концах жестетары.- Одесса, 1987.- 10 с., ил.- Библиогр.: 4 назв.- Деп. в АгроНИИТЭИП 04.02.87, № 1502.

9. Металлическая консервная банка //Н.Н.Конопинский, А.Ф.Котельников (СССР) - № 4342970/31-13, МКИ В65Д1/12. Заявл.14.12.87. Положительное решение 29.06.88.

10. Рельеф для концов металлической консервной тары. /А.Ф.Котельников, Н.Н.Конопинский, Г.Х.Молдавский, Я.Н.Шабатура - Одесса, 1985.- 1 с.- (Информ. листок/ ЦНТИ № 85-71).

