

Автореф
Г 52

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

На правах рукописи

ГЛАДКАЯ АЛЛА ДМИТРИЕВНА

УДК 681.138.8

ПРОЦЕСС САТУРАЦИИ ВОДЫ В АВТОСАТУРАТОРАХ
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

Работа выполнена в Донецком институте советской торговли.

Научный руководитель

доктор технических наук,
профессор Никитин Г.М.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор М.И.Беляев,

кандидат технических наук,
Е.В.Нужин.

ОНАХТ 13.07.11

Процесс сатурации во



v016669

Ведущая организация - Ленинградский завод торгового
машиностроения

Защита состоится "22" декабря 1989 года в 10³⁰ ча-
сов на заседании специализированного совета Д 068.35.01. при
Одесском технологическом институте пищевой промышленности
им. М.В.Ломоносова по адресу: 270039, г.Одесса, ул.Свердло-
ва, 112.

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

Автореферат разослан "16" ноября 1989 года.

Ученый секретарь
специализированного совета
к.т.н., доцент

Е.Г.Кротов

№ 016669

Одесский технологический
институт пищевой промыш-
ли им. М. В. Ломоносова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Одним из важнейших условий реализации задачи по увеличению производства безалкогольных напитков является повышение эффективности производства на основе его всесторонней интенсификации и улучшения качества продукции за счет технического переоснащения, внедрения новых технологических процессов. В этом плане перспективным направлением является использование торговых автоматов для приготовления и продажи газированных напитков. Однако низкое качество напитков,готавливаемых в торговых автоматах, не позволяет в полной мере использовать их потенциал. Улучшение качества газированных напитков (увеличение концентрации растворенного в воде диоксида углерода) является основной задачей, которая может быть решена путем совершенствования конструкции автосатурационных установок и процессов сатурации. Отмеченное предопределило актуальность темы исследования, заключающейся в изучении процессов сатурации воды с целью совершенствования конструкции автосатуратора.

Цель и задачи исследований. Основной целью диссертационной работы является научное обоснование интенсификации процесса сатурации воды при использовании многостержневых гидродинамических источников ультразвука.

Для достижения основной цели необходимо решить ряд взаимосвязанных между собой задач, а именно:

выбрать эффективный и экономичный источник колебаний для интенсификации процесса сатурации в автосатураторах;

исследовать влияние выбранного типа источника колебаний на гидродинамические и массообменные процессы, протекающие в смесительной камере аппарата;

выявить рациональные параметры устройств;

разработать методику расчета многостержневого гидродинамического источника ультразвука;

разработать конструкцию аппарата для приготовления газированных напитков, отвечающую современным требованиям;

выполнить работы по внедрению результатов исследований в практику и рассчитать их экономическую эффективность.

Научная новизна работы заключается в теоретическом обосновании общего повышения качества процесса сатурации для

приготовления газированной воды в торговых автоматах. Исследовано влияние конструкции гидродинамического источника ультразвука (формы отражающей поверхности) на дисперсность газожидкостной смеси для системы "диоксид углерода-вода" в смесительной камере автосатуратора торгового автомата. Получены необходимые данные для создания устройств для сатурации воды диоксидом углерода, реализующих предложенный способ интенсификации процесса. Результаты теоретических исследований подтверждены экспериментально, что позволило интенсифицировать процесс сатурации при производстве газированной воды и улучшить качество напитка и на этой основе создать устройства для насыщения воды диоксидом углерода. Научная новизна подтверждена авторским свидетельством № II32899.

Практическая ценность работы заключается в разработке устройств для приготовления газированной воды в торговых автоматах, определении рациональных сочетаний режимных и геометрических факторов, при которых интенсивность процесса максимальна, разработке номограммы для выполнения инженерных расчетов. Результаты работы использованы в Киевском опытно-конструкторском бюро торгового машиностроения при проектировании автоматов для приготовления и продажи газированной воды, при обосновании технико-экономических показателей перспективных конструкций торговых автоматов при разработке ГОСТа "Автоматы торговые и разменные".

Апробация диссертационной работы. Основные положения работы и результаты исследований докладывались и обсуждались на Всесоюзных научных конференциях "Экономика, организация, технология, техника общественного питания" (г.Москва, 1981 г.), "Проблемы индустриализации общественного питания страны" (г.Харьков, 1984 г.), "Электрофизические методы обработки пищевых продуктов" (г.Москва, 1985 г.), "Интенсификация производства и применение искусственного холода" (г.Ленинград, 1986 г.), "Научно-технический прогресс в общественном питании" (г.Москва, 1987 г.), на научных конференциях профессорско-преподавательского состава Донецкого института советской торговли (1979-1989 гг.).

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 11 печатных работ, в том числе на разработанные устройства получено 2 авторских свидетельства.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы, содержащего 134 источника,

и приложений. Работа изложена на 107 страницах машинописного текста и содержит 61 рисунок.

На защиту выносятся:

теоретическое обоснование процесса сатурации;
данные по исследованию гидродинамических и массообменных процессов в смесительной камере автосатуратора;
устройства для насыщения воды диоксидом углерода;
номограмма для определения основных геометрических параметров устройства.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы целесообразность и актуальность темы диссертационной работы.

В первой главе приведен критический анализ предложенных отечественными и зарубежными исследователями способов интенсификации процесса сатурации, также его аппаратного оформления. Отмечены недостатки процессов и аппаратов, применяемых для сатурации напитков в торговых автоматах. Особое внимание уделено анализу данных о влиянии на процесс сатурации ультразвуковых воздействий, на основе чего сделан вывод о целесообразности использования звуковых колебаний с целью интенсификации процесса. Отмеченное послужило основанием для изучения работ по исследованию источников акустической энергии. Установлено, что из распространенных типов генераторов колебаний для интенсификации процесса массообмена при сатурации воды в автосатураторах следует использовать многостержневые гидродинамические источники колебаний. Завершают главу вытекающие из нее основная цель и задачи исследований.

Во второй главе приведены результаты теоретических исследований гидродинамических процессов в смесительной камере автосатуратора. Методом численного эксперимента с использованием ЭВМ ЕС-1020 получены данные о течении газожидкостной струи, данные о влиянии формы отражающей поверхности на дисперсность газожидкостной смеси.

В критериальной форме получена зависимость влияния основных режимно-конструктивных параметров на процесс

$$\alpha_* = 0,425 + 0,412 [We (Eu \cdot Re)^{0,5} \left(\frac{\kappa}{D} \cdot \frac{\rho_{ж}}{\rho} \right)^{0,08} \cdot 10^4 - 2,3]^{0,74}, \quad (I)$$

где W_e - число Вебера;
 Re - число Рейнольдса;
 E_u - число Эйлера;
 K - размер лунки отражателя;
 D - диаметр камеры смешивания;
 $P_{3\phi}$ - давление звукового излучения;
 P - давление газожидкостной смеси.

Относительная погрешность экспериментального значения степени насыщения α от рассчитанного по формуле (I) не превышает 4% (рис. I).

Приведен общий план экспериментальных работ и определены основные методы исследований.

Третья глава посвящена описанию методик, объектов исследований и экспериментальных установок, позволяющих изучить характер основных закономерностей исследуемых процессов. Приведены оценка погрешностей экспериментальных данных и последовательность статистической обработки полученных результатов исследований.

В четвертой главе изложены результаты исследований процесса сатурации при использовании гидродинамических источников ультразвука. Экспериментально подтверждено, что акустические колебания, возникающие в результате применения многостержневых гидродинамических источников ультразвука, способствуют интенсификации процесса сатурации, улучшению качества газированной воды. Приведена статистическая обработка результатов исследований с использованием ЭВМ ЕС-1020, установлена степень влияния основных геометрических параметров на процесс. Определена область параметров, в которой интенсивность процесса максимальна.

В пятой главе приведены примеры практического применения результатов исследования. Для инженерных расчетов предложена номограмма зависимости степени насыщения воды диоксидом углерода от геометрических параметров гидродинамического источника ультразвука. Описаны новые устройства для насыщения воды и напитков диоксидом углерода. Приведены результаты лабораторных испытаний разработанной конструкции автосатурационной установки и типового автосатуратора, а также расчет ожидаемой экономической эффективности результатов исследований и их внедрения в практику.

Завершается диссертационная работа выводами.

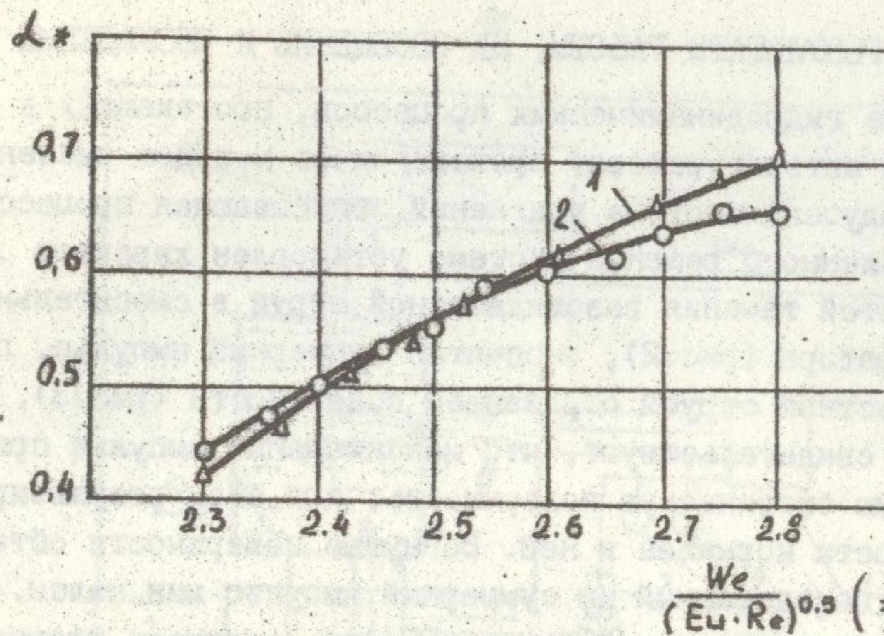


Рис.1 Зависимость относительного газосодержания от комплекса $Z = We(Eu \cdot Re)^{-0.5} \left(\frac{\kappa}{D} \cdot \frac{P_{36}}{\rho} \right)^{0.08} \cdot 10^4$
 1 - экспериментальная кривая;
 2 - расчетная кривая.

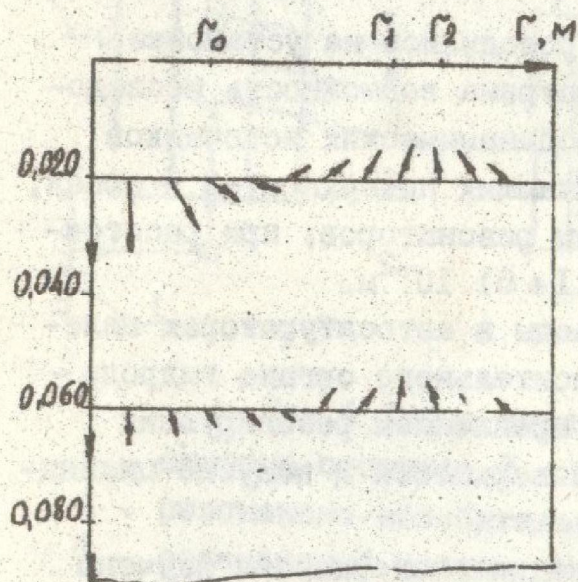


Рис.2 Фрагмент поля вектора скорости смеси.

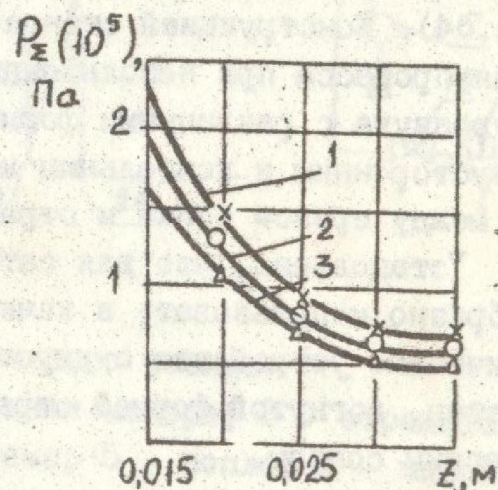


Рис.3 Суммарный импульс, передаваемый поверхностям: 1 - вогнутая; 2 - плоская; 3 - выпуклая.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ, ИХ ОБОБЩЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование гидродинамических процессов, протекающих в смесительной камере автосатуратора, производилось методом численного эксперимента. Получена система уравнений, описывающая процессы. В результате численного решения системы установлен характер основных закономерностей течения газожидкостной струи в смесительной камере автосатуратора (рис. 2), рассчитан суммарный импульс, переданный газожидкостной струей отражающей поверхности (рис. 3). Полученные данные свидетельствуют, что максимальный импульс приходится на вогнутую сферическую поверхность; при этом результирующий вектор скорости нормален к ней. Вогнутые поверхности обтекаются потоком, а передаваемый им суммарный импульс минимален. Результаты, полученные для плоской поверхности, занимают промежуточные значения.

Полученные в результате численного эксперимента данные позволили сделать вывод о целесообразности использования в гидродинамических источниках ультразвука вогнутых отражающих поверхностей.

Экспериментальные исследования проводились на установке (рис. 4). Конструкцией стенда предусмотрена возможность исследования процесса при использовании гидродинамических источников ультразвука с различными формами отражающих поверхностей и сопел, с двусторонним и консольным креплением резонаторов, при расстоянии между срезом сопла и отражателя $(1+6) \cdot 10^{-2}$ м.

Установлено, что для сатурации воды в автосатураторах целесообразно использовать в качестве смесительного органа гидродинамические устройства с двусторонним креплением резонирующих пластин, вогнутой формой отражающей поверхности и конусно-цилиндрическим соплом.

Методом математического планирования эксперимента изучено влияние геометрических параметров гидродинамического источника колебаний на эффективность его использования при сатурации напитков, которая оценивалась степенью насыщения воды диоксидом углерода. Установлено, что наибольшее влияние на процесс сатурации оказывают следующие геометрические параметры: диаметр выходного отверстия сопла d , расстояние между торцами сопла и отражателя L , радиус лунки отражателя K , расстояние между резонирующими пластинами.

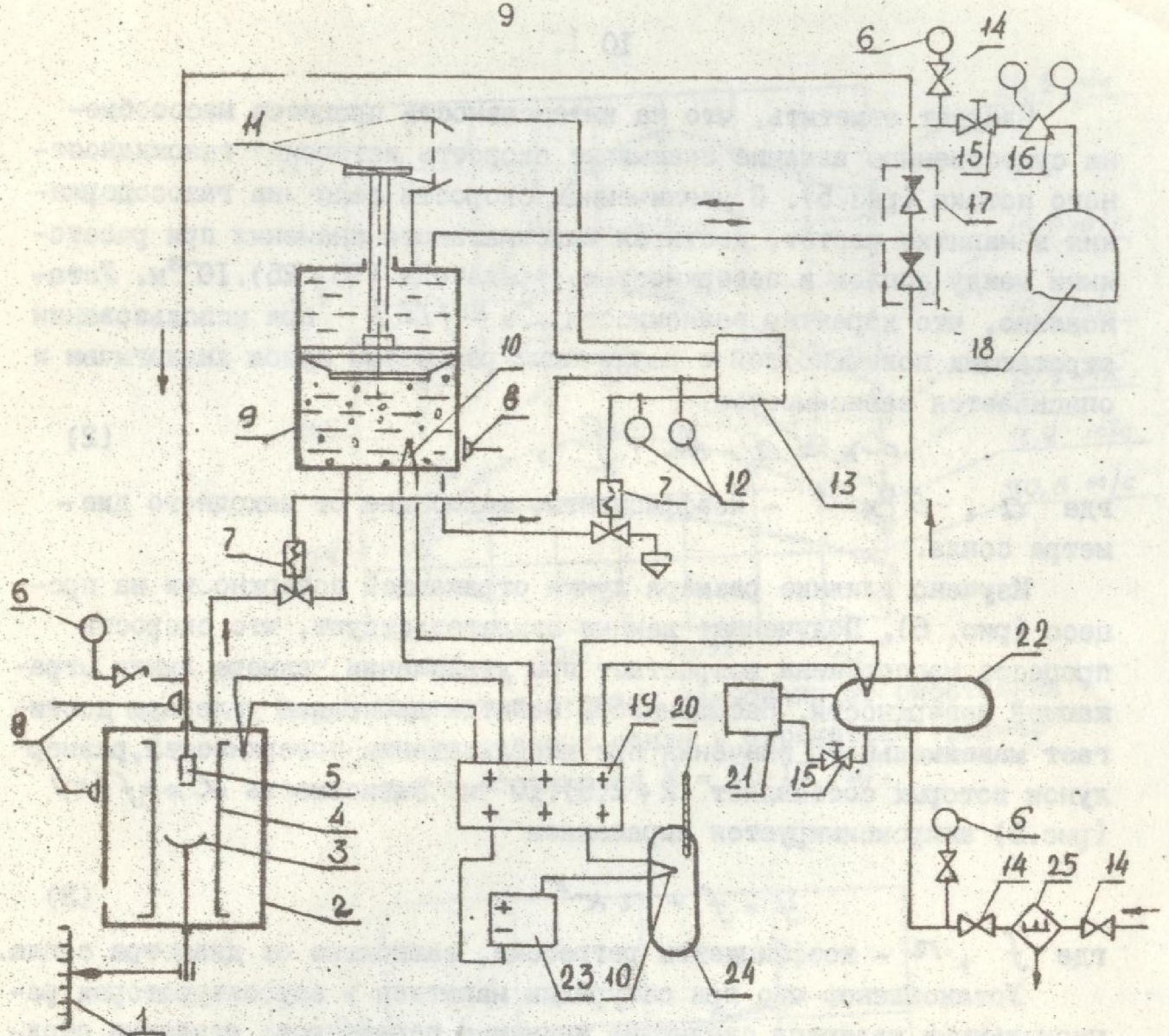


Рис. 4 Схема экспериментального стенда:

1 - система отсчета; 2 - смесительная камера; 3 - отражатель; 4 - резонансно-колебательная система; 5 - сопло; 6 - манометр; 7 - соленоидный клапан; 8 - отборные устройства; 9 - насос-дозатор; 10 - термопара; 11 - микропереключатель; 12 - секундомер электрический; 13 - блок питания; 14 - вентиль; 15 - реле давления; 16 - редуктор углекислотный; 17 - клапанная коробка; 18 - баллон углекислотный; 19 - коробка клеммная; 20 - термометр стеклянный; 21 - холодильная установка; 22 - емкость для воды; 23 - потенциометр; 24 - сосуд Дьюара; 25 - фильтр.

Следует отметить, что на интенсивность процесса массообмена существенное влияние оказывает скорость истечения газожидкостного потока (рис.5). С увеличением скорости величина газосодержания в напитке растет, достигая максимального значения при расстоянии между соплом и поверхностью отражателя $(15 + 25) \cdot 10^{-3}$ м. Установлено, что характер зависимости $\alpha_* = f(L)$ при использовании отражающих поверхностей с различными размерами лунок аналогичен и описывается зависимостью

$$\alpha_* = a + bL + \frac{c}{L}, \quad (2)$$

где a , b и c - коэффициенты, зависящие от выходного диаметра сопла.

Изучено влияние размера лунки отражающей поверхности на процесс (рис. 6). Полученные данные свидетельствуют, что скорость процесса массообмена возрастает при увеличении размера лунки отражающей поверхности. Насыщенность напитка диоксидом углерода достигает максимального значения при использовании поверхностей, размер лунок которых составляет $(2 + 2,5) \cdot 10^{-3}$ м. Зависимость $\alpha_* = f(\kappa)$ (рис.6) аппроксимируется выражением

$$y = f + n\kappa^2 \quad (3)$$

где f , n - коэффициенты регрессии, зависящие от диаметра сопла.

Установлено, что при сатурации напитков в автосатураторах рациональными являются следующие значения параметров: давление диоксида углерода на входе в автосатурационную установку 0,5 МПа, температура отпускаемого напитка 9°C, диаметр выходного отверстия сопла $2 \cdot 10^{-3}$ м, диаметр лунки отражателя $22 \cdot 10^{-3}$ м, расстояние между торцами сопла и отражающей поверхностью $18 \cdot 10^{-3}$ м.

Исследованы акустические параметры среды, установлена корреляционная связь между насыщением и величиной звукового давления, описываемая функциональной зависимостью вида

$$\alpha_* = \sqrt{A + B \cdot P_{3в}}, \quad (4)$$

где A , B - коэффициенты, зависящие от режима сатурации.

Номографическим методом выполнено сообщение экспериментальных данных. На рис.7 представлена номограмма с параллельными равномерными осями α и α_* , бинарным полем (κ, L) , позволяющая по заданной степени насыщения и двум геометрическим параметрам определить значение недостающего геометрического параметра.

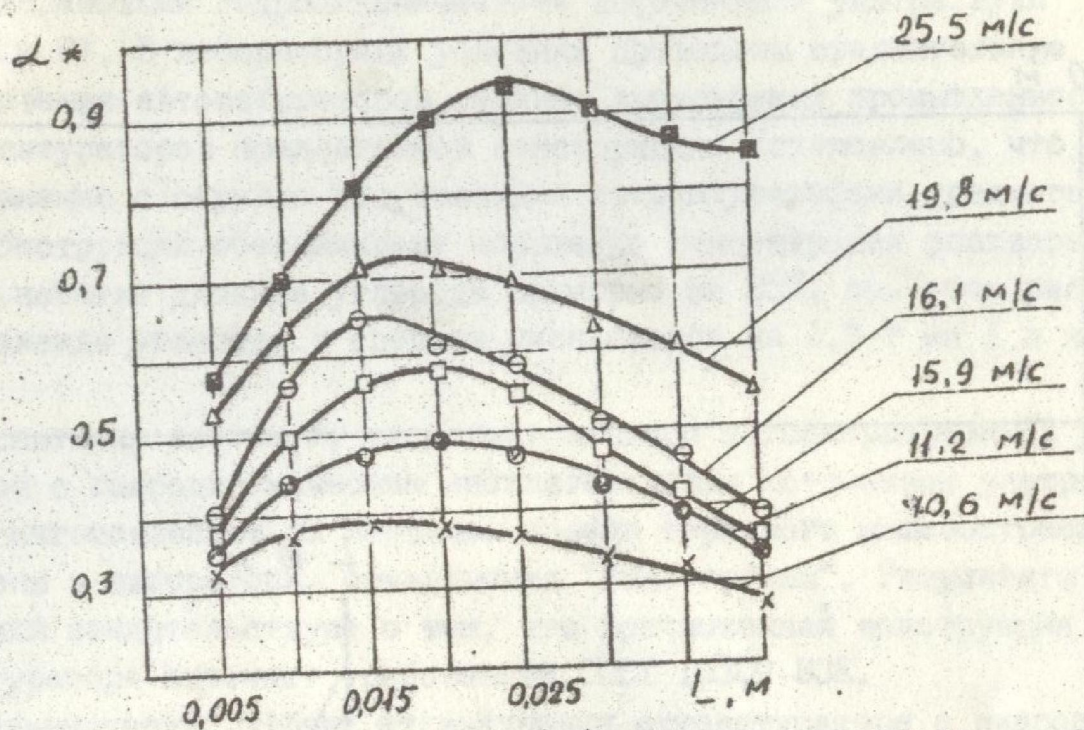


Рис. 5 Изменение степени насыщения от расстояния между торцами сопла и отражателя (размер лунки отражателя $K = 25 \cdot 10^{-3} m$).

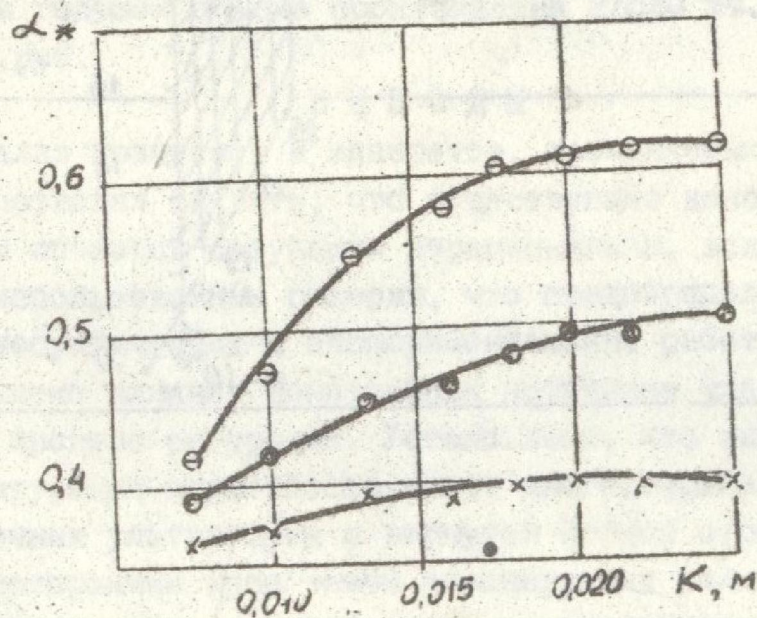


Рис. 6 Изменение степени насыщения от размера лунки отражателя:

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| ■ - $d = 1.2 \cdot 10^{-3} m$; | □ - $d = 2.3 \cdot 10^{-3} m$; |
| △ - $d = 1.8 \cdot 10^{-3} m$; | ● - $d = 2.5 \cdot 10^{-3} m$; |
| ○ - $d = 2.0 \cdot 10^{-3} m$; | × - $d = 3.1 \cdot 10^{-3} m$. |

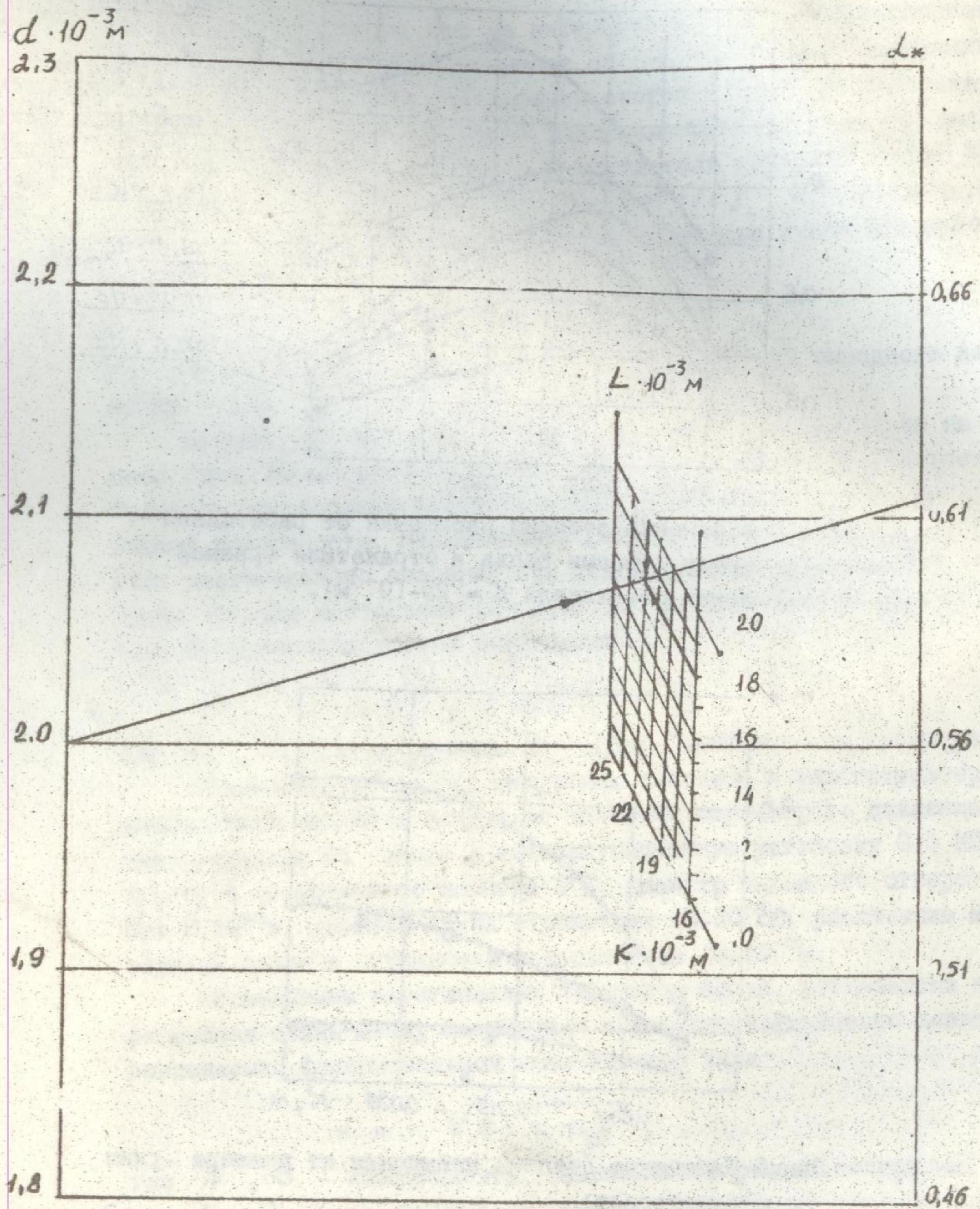


Рис.7 Номограмма зависимости $d_* = f(L, K, d)$.

Разработаны конструкции новых автосатураторов, оснащенных многостержневыми гидродинамическими источниками ультразвука (рис. 8 и 9). В лабораторных условиях проведены сравнительные исследования автосатураторов, серийно выпускаемых промышленностью, и автосатураторов предлагаемой конструкции. Установлено, что по сравнению с серийно выпускаемыми автосатураторами предлагаемые конструкции обеспечивают повышение концентрации растворенного в напитке диоксида углерода примерно на 25%, при этом расход диоксида углерода в среднем уменьшается на 1,5 г на 1 л напитка.

Испытания автомата, укомплектованного автосатурационной установкой с гидродинамическим многостержневым источником ультразвука, изготовленной на Киевском заводе торгового машиностроения, проведены в лаборатории объединения "Киевторгмаш". Результаты испытаний свидетельствуют о том, что предложенная конструкция автосатуратора отвечает требованиям ГОСТ 10309-83Е.

Экономический эффект от внедрения автосатуратора с гидродинамическим источником ультразвука достигается за счет снижения расхода диоксида углерода и повышения качества газированных напитков. Годовой экономический эффект от внедрения одного автомата в сфере обращения составит 7,44 руб. Суммарный экономический эффект, при годовом объеме производства 27820 шт., составит 206,98 тыс. руб.

ВЫВОДЫ

1. Анализ процессов и аппаратов, применяемых для сатурации напитков, позволил выявить, что существующие конструкции автосатураторов и процессы сатурации нерациональны, вскрыть их недостатки и неиспользованные резервы, что предопределило выбор направлений теоретических и экспериментальных работ.

2. Изучено влияние конструкции источника ультразвуковых колебаний на процесс сатурации. Установлено, что наилучшие результаты при сатурации воды обеспечивает многостержневой гидродинамический источник ультразвука с вогнутой формой отражающей поверхности и двусторонним креплением резонирующих пластин.

Результаты экспериментов подтвердили теоретические предположения о влиянии на интенсивность процесса формы отражающей поверхности.

3. Исследована степень влияния различных факторов на процесс. В результате математической обработки опытных данных определены рациональные значения факторов, получены эмпирические зависимости

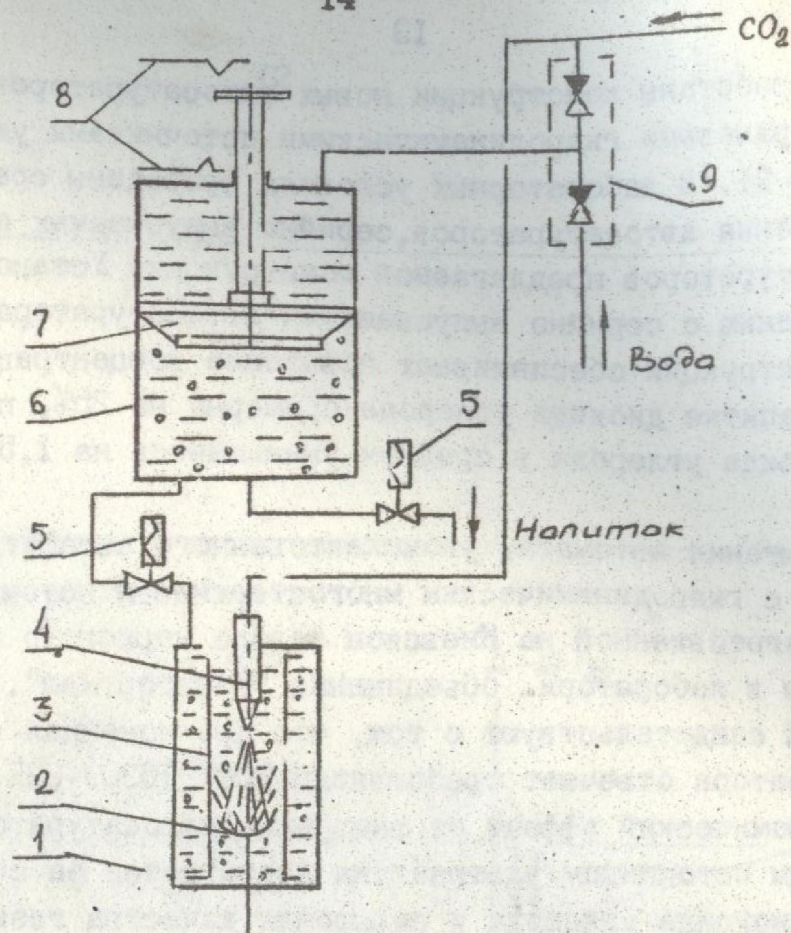


Рис. 3 Устройство для приготовления газированной воды:

- 1 - камера смешивания; 2 - отражающая поверхность;
 3 - стержни; 4 - с пло; 5 - соленоидный клапан;
 6 - насос-взватор; 7 - поршень; 8 - датчик уровня;
 9 - клапанная коробка.

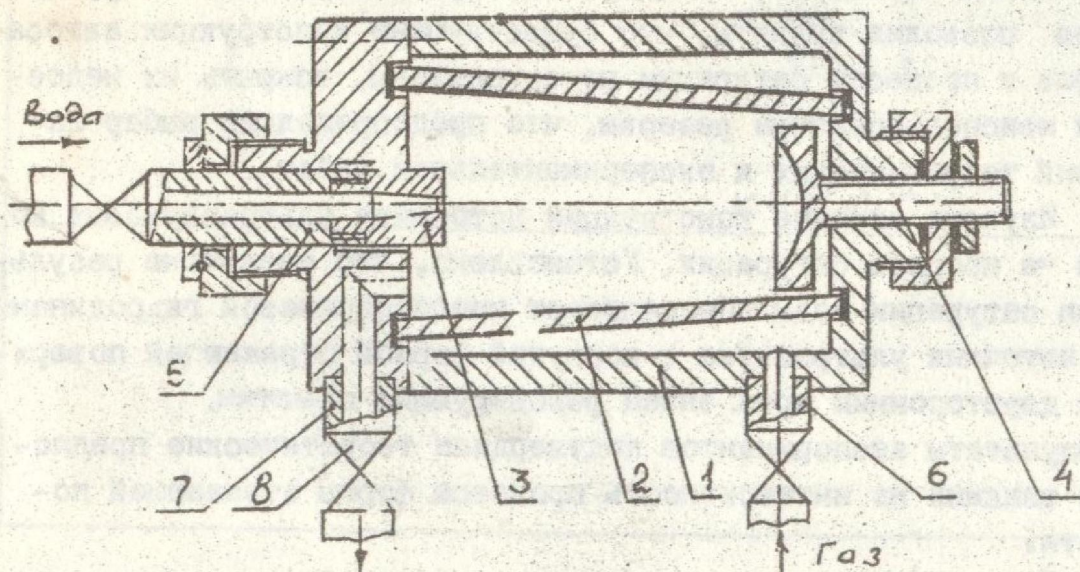


Рис. 4 Устройство для насыщения воды диоксидом углерода:

- 1 - камера смешивания; 2 - распылитель; 3 - сопло;
 4 - отражающая поверхность; 5, 6 - штуцера
 подвода воды и газа; 7 - штуцер выходной;
 8 - клапан управляемый.

ти, которые с достаточной степенью точности описывают экспериментальные кривые.

4. Исследованы акустические параметры среды. Установлена корреляционная зависимость между степенью насыщения и величиной звукового давления. Получено критериальное уравнение для определения степени насыщения в зависимости от геометрических размеров излучателя, акустических и режимных параметров процесса. Максимальное значение относительной погрешности экспериментальных и расчетных данных не превышает 4%.

5. Разработана номограмма зависимости степени насыщения от геометрических параметров гидродинамического источника ультразвука.

6. На основе теоретических и экспериментальных исследований процесса сатурации разработаны и изготовлены опытные образцы автосатураторов для комплектации автоматов для приготовления и продажи газированной воды.

7. По результатам исследований получено авторское свидетельство. Результаты работы приняты Киевским опытно-конструкторским бюро торгового машиностроения для практического использования при проектировании автоматов для приготовления и продажи газированной воды, а также при разработке ГОСТа "Автоматы торговые и разменные". Использование заводом-изготовителем предложенных конструктивных решений позволяет снизить расход диоксида углерода в размере 1,5 г на 1 л воды, что дает экономию на каждой сатурационной установке 7,44 руб., или для годовой программы выпуска 206,98 тыс.руб.

Основное содержание диссертационной работы изложено в следующих публикациях:

1. Интенсификация процесса сатурации воды в торгово-технологическом оборудовании / С.А.Фридланд, А.Д.Гладкая, В.Ю.Устинов, Г.И.Русланов //Тезисы докл. Респ. науч. конф. "Интенсификация и совершенствование технологических процессов на предприятиях общественного питания". - Харьков, 1979. - С.83.

2. Разработка и исследование новых схем сатурационно-охлаждающей установки / С.А.Фридланд, А.Д.Гладкая, Г.И.Русланов, Б.В.Куликов //Тезисы докл. VII Всесоюз. науч. конф. "Экономика, организация, технология, техника общественного питания". -М., 1981. - С.55.

3. А.с. 1132899 СССР, МКИ³ А 23 L 2/00. Устройство для приготовления газированной воды /С.А.Фридланд, А.Д.Гладкая, А.И.Гладкий, Б.Н.Черняк (СССР). - № 3415138/28-13; Заяв. 06.04.82; Оpubл. 07.01.85, Бюл. № 1.

4. Гладкая А.Д. и др. Исследование влияния конструктивных параметров гидродинамических излучателей на процесс сатурации напитков /А.Д.Гладкая, Е.Г.Лагода, Н.Ф.Писарев//Тезисы докл. Всесоюз. науч. конф. "Проблемы индустриализации общественного питания страны". - Харьков, 1984. - С. 485-486.

5. Исследование процесса сатурации воды в сатураторах торговых автоматов /А.Д.Гладкая, Е.Г.Лагода, Н.Ф.Писарев, И.П.Берзак. //ЭИ /ЦНИИТЭИЛегпищемаш, Сер. Оборудование для предприятий общественного питания: Отечествен. производ. опыт. - Вып. 9. - С. 1-3.

6. Гладкая А.Д., Шевченко А.Д. Применение ультразвука для улучшения качества безалкогольных напитков //Изв. вузов. Пищ. технология. - 1984. - № 5. - С. 102-103.

7. Гладкая А.Д. Интенсификация процесса сатурации при воздействии акустических колебаний //Материалы У Всесоюз. науч.-техн. конф. "Электрофизические методы обработки пищевых продуктов". - М., 1985. - С. 377-378.

8. Харламов С.В., Гладкая А.Д. Интенсификация процесса массообмена в аэросатураторах с гидродинамическим смешительным органом //Тезисы докл. Всесоюз. науч.-практ. конф. "Интенсификация производства и применения искусственного холода". - М., 1986. - С. 119.

9. А.с. 986384 СССР, МКИ³ А 23 L 2/26. Устройство для приготовления безалкогольных напитков /А.Д.Гладкая, Г.И.Русланов, А.И.Гладкий и др. (СССР). - № 3008106/28-13; Заяв. 11.11.80; Оpubл. 07.01.83, Бюл. № 1.

10. Гладкая А.Д., Писарев Н.Ф. Исследование устройства для производства газированных безалкогольных напитков //Тезисы докл. IX науч. конф. "Научно-технический прогресс в общественном питании". - М., 1987. - С. 150.

11. Исследование влияния конструктивных параметров гидродинамического преобразователя на дисперсность смеси /А.Д.Гладкая, В.М.Дрибан, Н.Ф.Писарев, С.В.Харламов; Донец. ин-т сов. торговли. - Донецк, 1987. - 27 с. - Деп. в НИИ Легпищемаш 03.12.87, № 819-141187.

А.С.Гладкая