

АВТОРЕФ.
К 48

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

КРАВЧЕНКО Виктор Васильевич

УДК 663.813.004.12:621.565.94

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСЧЕТА ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ СОКОВОГО
ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЯЗКОСТИ И ПЛОТНОСТИ
ПЛОДОВОЯГОДНЫХ СОКОВ И ИХ МОДЕЛЕЙ

Специальности: 05.18.12 – процессы и аппараты
пищевых производств
05.14.05 – теоретические основы
теплотехники

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса – 1989

СМ

Работа выполнена на кафедре теплохладотехники Одесского технологического института пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова.

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор В.Ф. Чайковский

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
доцент А.К. Гладушняк
доктор технических наук,
профессор В.И. Недоступ

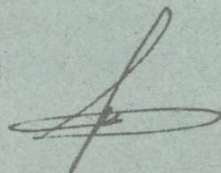
Ведущая организация: Научно-производственное объединение
"Консервпромкомплекс" (г. Одесса)

Защита диссертации состоится "9" июня 1989 г. в 10³⁰ час.
на заседании специализированного совета Д 068.35.01 при Одесском технологическом институте пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова по адресу: 270039, г. Одесса, ул. Свердлова, 112, ОТИШ им. М.В. Ломоносова.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского технологического института пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова.

Автореферат разослан "6" мая 1989 г.

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



Е.Г. Кротов

ОНАХТ 20.09.12
Совершенствование ра



v016581

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Повышение эффективности производства, его техническое перевооружение и реконструкция требуют быстрой замены малоэффективного оборудования прогрессивным, высокопроизводительным, что возможно на основании точных расчетов и разработок всех технологических звеньев производства.

Производство натуральных соков в настоящее время превратилось в одну из главных отраслей плодовоовощеперерабатывающей промышленности, однако оснащенность предприятий в нашей стране и применяемые на них технологии не всегда соответствуют уровню международных стандартов и требуют дальнейшей модернизации.

Технология получения и переработки натуральных соков включает такие операции, как прессование, гомогенизация, центрифугирование, фильтрование, концентрирование, стерилизация, транспортировка и др., связанные с процессами переноса тепла и массы. Теория этих процессов, а также расчет и проектирование аппаратов для их реализации требует знания теплофизических и физико-механических характеристик различных соков и, в первую очередь, таких свойств, как плотность и вязкость. Вместе с тем в литературе имеется весьма ограниченный объем таких данных, не всегда достоверных и согласованных между собой. Эти данные трудно использовать в практических расчетах из-за неправильного выбора объективных критериев и факторов, идентифицирующих объекты исследования.

С другой стороны информация о физико-механических свойствах натуральных соков представляет научную ценность, поскольку она служит для развития представлений о свойствах и строении сложных биологических, химических и механических систем.

Работа выполнена в соответствии с планом МКП "Пищевые продукты" и Государственной стандартизации (код задания ОI.03.04, ОI.03.02, ОI.03.05).

Цель настоящей работы состояла в совершенствовании расчета теплообменных аппаратов технологических линий сокового производства на основе экспериментального исследования вязкости и плотности фруктовых и ягодных соков на натуральных образцах и их моделях, представляющих собой водные растворы сахаров, органических кислот и высокомолекулярных соединений, а также разработки обобщенной методики расчета свойств жидких продуктов из фруктов, ягод и овощей.

Для реализации этой цели был поставлен ряд взаимосвязанных

задач:

- оценка влияния точности данных о теплофизических и физико-механических свойствах плодово-ягодных соков на основные параметры гидромеханических и тепловых процессов и аппаратов соковых производств;

- экспериментальное исследование вязкости и плотности некоторых натуральных соков (яблочного, виноградного, лимонного, клюквенного, ежевичного, гранатового и оливкового) до и после их осветления, а также водных растворов сахаров (сахарозы, фруктозы, глюкозы), органических кислот (яблочной, винной, лимонной, уксусной и молочной), а также пектина при различных концентрациях и температурах;

- изучение концентрационной и температурной зависимости вязкости и плотности водных растворов сахаров, органических кислот и полисахаридов;

- разработка обобщенных методик расчета вязкости и плотности водных растворов сахаров и органических кислот, а также осветленных и неосветленных плодово-ягодных соков по данным об их химическом составе; составление таблиц справочных данных;

- совершенствование расчета трубчатой и пластинчатых пастеризационных установок технологических линий сокового производства.

Научная новизна.

На основе новых экспериментальных данных о вязкости и плотности осветленных и неосветленных лимонного, гранатового, клюквенного, ежевичного и сливового соков, а также водных растворов сахаров, органических кислот и полисахаридов получена обобщенная методика расчета свойств плодово-ягодных соков и их моделей по минимальной исходной информации об их химическом составе.

Изучено влияние высокомолекулярных соединений на вязкость как самих натуральных соков, так и их моделей. Установлено, что для описания вязкости неосветленных соков необходимо использовать два параметра идентификации - общее содержание сухих веществ и содержание высокомолекулярных соединений.

На основе изучения свойств водных растворов сахаров и органических кислот создана физическая модель, объясняющая особенности концентрационной зависимости вязкости. Получены обобщенные зависимости для расчета.

На защиту выносятся:

- рекомендации по использованию достоверной информации о свойствах при расчете технологического оборудования для сокового про-

изводства;

- параметры идентификации, необходимые для описания вязкости и плотности осветленных и неосветленных соков, а также обобщенная методика расчета этих свойств по данным о химическом составе продукта;

- физическая модель, объясняющая особенности концентрационной зависимости вязкости водных растворов сахаров и органических кислот.

Практическая значимость результатов диссертации.

В результате расчета основных параметров гидромеханических и тепловых процессов сокового производства по реальным данным о свойствах плодово-ягодных соков и данным о свойствах воды расхода в коэффициентах гидравлического сопротивления в условиях турбулентного режима достигают 25 %, в условиях ламинарного режима течения — более чем в 2,5 раза; таким же образом меняется и скорость процесса фильтрации; скорость процесса осаждения отличается в 8 раз; больше чем на 25 % расходятся расчетные поверхности теплообмена в теплообменных аппаратах. Эти материалы, а также данные о вязкости и плотности натуральных соков и моделирующих их растворов использованы при разработке режимов тепловой стерилизации плодовых консервов детского питания в НПО "Консервпромкомплекс" (г.Одесса), при разработке режимов фильтрации и тепловой обработки соков на Черкасском консервном комбинате и других консервных заводах. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения полученных данных при модернизации одной технологической линии по производству плодово-ягодных соков производительностью 16 тыс. туб. составляет 70,5 тыс. руб.

Рекомендации по расчету теплообменных аппаратов использованы на Городокском плодово-консервном заводе при реконструкции линии горячего розлива яблочного сока. Модернизация пластинчатого подогревателя позволила на 18 % уменьшить его поверхность теплообмена и на 21,5 % мощность электродвигателей насосов, обеспечивающих перекачку сока в линии.

Материалы диссертации использованы также в НПО "ВНИИНефтемаш" при формировании информационной базы данных и внедрены в систему "САПР — теплообменник". Использование данных высокой точности позволило снизить на 15 % удельную металлоемкость — поверхность теплообмена, создаваемых теплообменных аппаратов и получить экономию хромо-никелевых сталей 5 %.

Методика расчета вязкости соков принята ВНИИ МВ Госстандарта

СССР для аттестации в качестве рекомендуемой расчетной методики ГУССД.

Апробация работ. Результаты работы докладывались на Всесоюзной научной конференции "Проблемы индустриализации общественного питания страны" (Харьков, 1984 г.), на Всесоюзной научно-технической конференции "Электрофизические методы обработки пищевых продуктов" (Москва, 1985 г.), Всесоюзном совещании-семинаре молодых ученых "Явление переноса в газах и жидкостях" (Алма-Ата, 1985 г.), УШ Всесоюзной научно-технической конференции по теплофизическим свойствам веществ (Новосибирск, 1988 г.), отчетных научно-технических конференциях ОТИП им. М.В. Ломоносова (Одесса, 1984-1988 гг.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 печатных работ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов, списка используемой литературы и приложений. Диссертация изложена на 201 страницах машинописного текста, содержит 27 рисунков, 55 таблиц. Литература состоит из 186 наименований, из них 38 зарубежных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы практическая значимость и актуальность работы, а также идея подхода к изучению физико-механических свойств реальных пищевых продуктов на основе модельных представлений об их строении. Сформулированы цели и задачи исследований, а также их научная новизна.

В первой главе дана оценка влияния точности исходных данных о свойствах на основные показатели процессов сокового производства. При проведении расчетов были использованы имеющиеся в литературе данные о свойствах соков (после их экспертной оценки), а также данные автора. Поскольку проектно-конструкторскими организациями при разработке технологических линий сокового производства обычно используются данные о физико-механических и теплофизических свойствах воды, нами были сопоставлены результаты расчета основных параметров тепловых и гидромеханических процессов по реальным данным о свойствах различных плодово-ягодных соков и данным о свойствах воды.

Приведен также краткий обзор и анализ имеющихся в литературе данных о вязкости и плотности соков и их моделей, представляющих собой водные растворы сахаров, органических кислот и пектина, а также обоснован выбор моделей в качестве объектов исследования.

Во второй главе приведены экспериментальные исследования вяз-

кости и плотности плодово-ягодных соков и их моделей.

Для определения коэффициента кинематической вязкости применен капиллярный метод, при этом был использован вискозиметр типа ВПЖ-1 с "висячим уровнем". Плотность определялась по методу гидростатического взвешивания.

В качестве объектов исследования были выбраны плодово-ягодные соки промышленного производства (яблочный, виноградный, лимонный с добавлением сахара, клюквенный, гранатовый с добавлением сахара, ежевичный с добавлением сахара и сливовый) до и после осветления. Осветление соков проводилось по методу ультрафильтрации с применением синтетических мембран типа "Рипор".

Концентрация водных растворов сахарозы и лимонной кислоты в процессе определения их свойств изменялась от 0 до 30 % и от 0 до 50 %, соответственно. Диапазон концентрации глюкозы, фруктозы, а также яблочной, винной, уксусной и молочной кислот, ограничивался их предельным содержанием в реальных пищевых продуктах (20 % для сахаров и 10 % для кислот). Изучение вязкости и плотности водных растворов пектина осуществлялось в диапазоне концентраций 0...0,3 %.

Для изучения влияния на свойства раствора взаимного присутствия сахаров и органических кислот проведено экспериментальное определение вязкости и плотности растворов сахароза-лимонная кислота-вода. Концентрация сахарозы менялась в процессе эксперимента от 0 до 30 %, при этом концентрация лимонной кислоты составляла 0...10 %.

Изучение концентрационной и температурной зависимости вязкости и плотности водных растворов пектина в присутствии сахаров и органических кислот осуществлялось на примере раствора пектин-сахароза-лимонная кислота-вода. Для максимального приближения исследуемой модели к реальному продукту концентрация сахарозы и лимонной кислоты соответствовала их примерному содержанию в натуральном яблочном соке (сахарозы 10%, лимонной кислоты 0,5%), концентрация пектина при этом изменялась в диапазоне 0...0,3%.

Все измерения проводились в интервале температур 20...100 °C и атмосферном давлении.

Расчет погрешности экспериментального определения вязкости и плотности, проведенный по рекомендациям ВНИИМ, показал, что максимальная общая относительная погрешность полученных результатов составляет, соответственно 1,47 % и 0,11 %.

В третьей главе приведена методика и результаты определения химического состава объектов исследования.

Определение входящих в состав сока сахаров проводилось по ГОСТ

8756.13-70. Общая кислотность соков в процессе исследований определялась потенциометрическим и индикаторным методами прямого титрования по ГОСТ 25555.0-82. Определение содержания общих сухих веществ в исследуемых образцах проводилось двумя методами: по плотности и с помощью рефрактометра (ГОСТ 8756.2-70). Содержание входящих в состав сока пектиновых веществ определялось с помощью широко известного калций-пектатного метода.

Результаты физико-химического анализа исследуемых образцов плодово-ягодных соков приведены в диссертации.

В четвертой главе приведен краткий обзор и анализ имеющихся теоретических методов расчета вязкости жидкостей, их смесей и растворов. Изучены особенности температурной и концентрационной зависимости вязкости исследуемых объектов и дана их физическая интерпретация.

Проанализирована температурная зависимость вязкости водных растворов сахаров, органических кислот и плодово-ягодных соков и показано, что для них зависимость η от $(1/T)$, в отличие от широкого круга других жидкостей, не является прямолинейной. Указанный характер зависимости $\eta(1/T)$ объясняется тем, что вода представляет собой сложное ассоциированное вещество, а присутствие в ней сахаров и органических кислот усиливает ее ассоциирующие способности. С точки зрения активационной теории вязкого течения для таких систем в добавление к "нормальной" энергии активации требуется так называемая "структурная" энергия активации, то есть энергия для разрыва водородных связей между молекулами. С увеличением температуры раствора число водородных связей, которые необходимо разорвать, чтобы сделать возможным течение, уменьшается, в результате чего уменьшается и общая энергия активации. Таким образом, константа в известной корреляции Андраде, которая обычно интерпретируется как энергия активации вязкого течения, характеризующая свободную внутреннюю энергию системы, является функцией температуры. В связи с этим, уравнение Андраде нами модифицировано и представлено в виде

$$\eta = A \exp \frac{B}{T^2}, \quad (I)$$

что позволило описать вязкость плодово-ягодных соков и их моделей в исследованном диапазоне температур (максимальное отклонение расчетных значений вязкости от полученных в эксперименте не превышает 1 %). Коэффициенты уравнения (I) приведены в диссертации.

Установлено, что вязкость водных растворов сахаров и органических кислот возрастает при повышении концентрации растворенного вещества (рис. I и 2). Рассмотрена физическая модель, объясняющая рост

Концентрационная зависимость вязкости
водных растворов сахаров

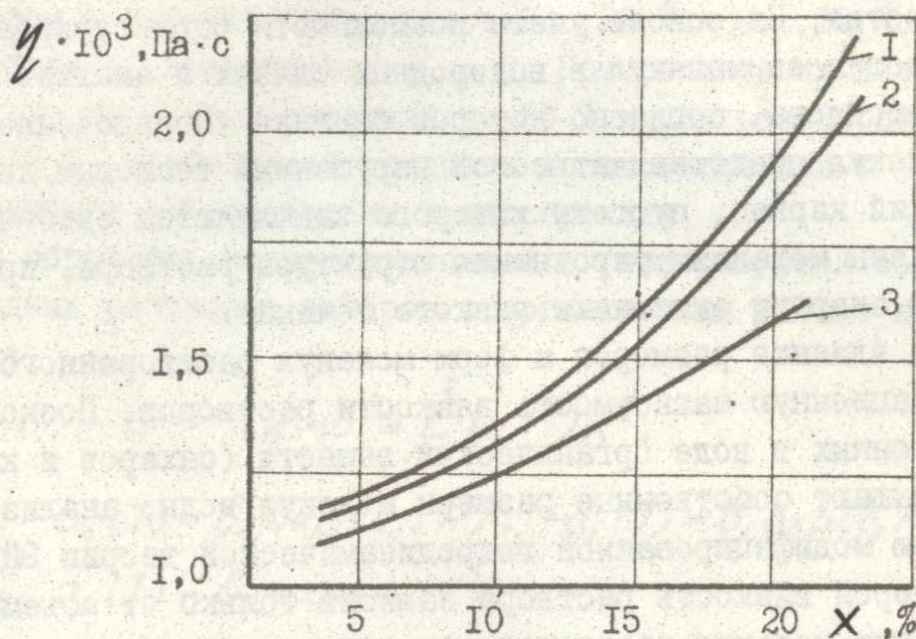


Рис. 1. 1 - сахарозы; 2 - глюкозы; 3 - фруктозы

Концентрационная зависимость вязкости
водных растворов органических кислот

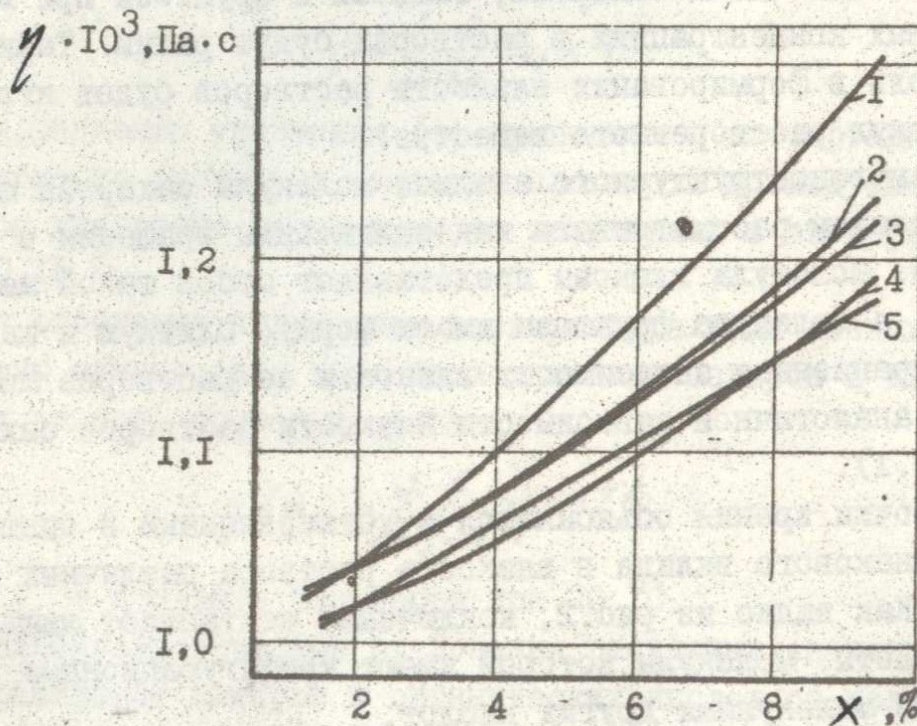


Рис. 2. 1 - молочной; 2 - лимонной; 3 - винной;
4 - яблочной; 5 - уксусной

вязкости исследуемых растворов с точки зрения влияния эффекта Эйнштейна и с учетом взаимодействия между молекулами растворителя и растворенного вещества. На основе учета возможности структурирования воды за счет участия ее молекул в водородных связях и анализа структурной модели Самойлова, согласно которой ближняя упорядоченность расположения молекул представляет собой нарушенный тепловым движением тетраэдрический каркас, пустоты которого заполняются свободными молекулами, показан механизм упрочнения структуры раствора, приводящий к увеличению энергии активации вязкого течения.

Исследовано влияние размеров и форм молекул растворенного вещества на концентрационную зависимость вязкости растворов. Поскольку молекулы растворенных в воде органических веществ (сахаров и кислот) значительно превышают собственные размеры молекул воды, анализ проводился с помощью модифицированной гидродинамической теории Эйнштейна, согласно которой вязкость раствора зависит только от объемной доли и конфигурации молекул растворенного вещества.

Молекула сахарозы представляет собой ассоциат двух молекул — глюкозы и фруктозы, и поэтому объем, занимаемый молекулой сахарозы, в два раза больше объема, занимаемого молекулой глюкозы или фруктозы. Молекулярная масса этих веществ имеет примерно такое же соотношение. Следовательно, объемные доли сахарозы, глюкозы и фруктозы при их одинаковых массовых концентрациях в растворах будут равны. Таким образом, главную роль в формировании вязкости растворов будет играть конфигурация молекул растворенного вещества.

Из данных рентгеноструктурного анализа молекулы сахарозы можно с хорошим приближением рассматривать как эллипсоиды вращения с отношением осей $\sim 0,5$. Молекула глюкозы представляет собой такой же эллипсоид вращения, а молекула фруктозы имеет форму, близкую к шаровой и поэтому концентрационная зависимость вязкости ее растворов лежит значительно ниже аналогичной зависимости вязкости растворов сахарозы и глюкозы (рис.1).

С такой же точки зрения объясняется и установленный в опытах факт примерно одинакового вклада в вязкость раствора различных органических кислот. Как видно из рис.2, исключение составляет лишь раствор молочной кислоты, молекулы которой имеют конфигурационные отличия по сравнению с молекулами других кислот.

Концентрационная зависимость вязкости водных растворов сахаров и органических кислот в пределах погрешности эксперимента описывается уравнением

$$\eta \cdot 10^6 = \sum_{i=0}^n a_i x^i, \quad (2)$$

где α_i — коэффициенты; X — массовая концентрация растворенного вещества, %. Для всех исследованных растворов в диапазоне концентраций сахаров и органических кислот 0... 20 % и 0... 10 %, соответственно, достаточно ограничиться $n = 2$. При расширении диапазона концентраций (для растворов сахарозы до 30 % и для растворов лимонной кислоты до 50 %) необходимая точность достигается при $n = 3$. Коэффициенты уравнения (2) приведены в диссертации.

Для обработки концентрационной и температурной зависимостей вязкости водных растворов сахаров и органических кислот использовано уравнение

$$\eta \cdot 10^6 = \sum_{i=0}^2 \alpha_i(T) X^i, \quad (3)$$

где

$$\alpha_0(T) = \beta_0 \exp(c_0/T^2); \quad \alpha_1(T) = \beta_1 \exp(c_1/T); \\ \alpha_2(T) = \beta_2 \exp(c_2/T).$$

Коэффициенты уравнения (3) приведены в диссертации. Уравнение (3) обеспечивает высокое качество описания вязкости водных растворов (максимальная ошибка определения не превышает 1,5 %).

Температурная и концентрационная зависимости плотности растворов сахаров и органических кислот аппроксимирована

$$\rho = \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^1 \beta_{ij} X^i T^j. \quad (4)$$

Коэффициенты уравнения (4) приведены в диссертации. Максимальное отклонение расчетных значений плотности исследуемых растворов в указанном диапазоне параметров от полученных в эксперименте не превышает 0,15 %.

Для обобщения полученных экспериментальных данных по вязкости составлены единые (для всех исследованных сахаров и для всех исследованных кислот) уравнение вида

$$\eta/\eta_{20} = \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^2 \alpha_{ij} X^i T^j, \quad (5)$$

где η_{20} — вязкость растворов при 20 °С.

Среднеквадратические отклонения расчетных значений вязкости водных растворов сахаров и органических кислот от полученных в эксперименте составляют 1,3 % и 2,1 %, соответственно.

Анализ полученного экспериментального материала по вязкости и плотности моделей жидких пищевых продуктов позволил сделать ряд выводов, учет которых необходим при создании методики расчета физико-

механических свойств натуральных плодово-ягодных соков:

- определяющим критерием для описания вязкости осветленных плодово-ягодных соков является общее содержание сухих веществ;
- при описании вязкости неосветленных соков помимо содержания общих сухих веществ необходимо учитывать и содержание высокомолекулярных соединений;
- концентрационная зависимость плотности как осветленных, так и неосветленных плодово-ягодных соков является функцией содержания общих сухих веществ.

На этой основе была предложена методика расчета вязкости и плотности осветленных и неосветленных плодово-ягодных соков в диапазоне температур 20...100 °С и концентрации общих сухих веществ 0...30 %. Для расчета вязкости

$$\eta \cdot 10^4 = \exp \sum_{i=1}^2 \sum_{j=0}^2 a_{ij} T^i X_j^j + 10^4 \exp \sum_{i=1}^2 \sum_{j=0}^2 b_{ij} T^i X_2^j, \quad (6)$$

где X_1 - общее содержание сахаров и органических кислот, %; X_2 - содержание пектина, %; $a_{10} = -7,055 \cdot 10^{-2}$; $a_{11} = 6,184$; $a_{12} = -3,731 \cdot 10^{-2}$; $a_{20} = 3,963 \cdot 10^5$; $a_{21} = 1,302 \cdot 10^3$; $b_{10} = -1,505 \cdot 10^3$; $b_{11} = 7,448 \cdot 10^3$; $b_{12} = -8,357 \cdot 10^3$; $b_{20} = 5,881 \cdot 10^5$; $b_{21} = -7,723 \cdot 10^5$.

Первый член уравнения (6) учитывает влияние низкомолекулярных, второй - высокомолекулярных соединений. Среднеквадратическое отклонение расчетных значений вязкости для осветленных и неосветленных соков от полученных в эксперименте составляет 0,8 % и 2,5 % соответственно.

Для расчета плотности

$$\rho = \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^1 c_{ij} T^i X^j, \quad (7)$$

где X - содержание общих сухих веществ, %; $c_{00} = 1004,2$; $c_{01} = 4,301$; $c_{10} = -3,381 \cdot 10^{-1}$; $c_{11} = -6,413 \cdot 10^{-3}$.

Уравнение (7) позволяет описывать плотность как осветленных, так и неосветленных плодово-ягодных соков со среднеквадратической погрешностью 0,14 %.

В пятой главе приведены результаты расчета теплообменной аппаратуры, функционирующей в условиях действующего сокового производства, позволившие оценить эффективность работы оборудования, связанную с качеством проектирования технологических линий. Расчеты проведены для типичной технологической линии по производству и асептическому хранению виноградного сока производительностью 10 т/ч.

Результаты расчетов, приведенные в диссертации, показали, что

коэффициенты запаса, заложенные при проектировании теплообменного оборудования и связанные с отсутствием достоверной исходной информации, в том числе и о свойствах продуктов, весьма велики. Отличие между требуемой поверхностью теплообмена и поверхностью теплообмена в действующем оборудовании достигает 1,5–3,5 раза. Таким образом, очевидна необходимость использования точных исходных данных на всех стадиях расчета и проектирования технологических линий пищевых производств.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Проведена оценка влияния точности исходных данных о вязкости на основные параметры гидромеханических и тепловых процессов и аппаратов соковых производств. Показано, что наличие достоверных данных позволяет существенно повысить точность расчетов этих процессов на всех стадиях получения, переработки и транспортировки продукции.
2. Разработаны методики расчета вязкости и плотности натуральных плодово-ягодных соков на основе минимальных исходных данных об их химическом составе. Расчетные методики базируются на обработке и обобщении экспериментальных данных о вязкости и плотности как самих натуральных соков, так и их физических моделей, представляющих собой водные растворы сахаров, органических кислот и высокомолекулярных соединений. Большая часть опытных данных получена впервые.
3. В результате анализа концентрационной зависимости вязкости на моделях жидких пищевых продуктов установлено, что при ее описании для вязкости неосветленных соков необходимо использовать два параметра идентификации – общее содержание сухих веществ и содержание высокомолекулярных соединений.
4. Установлена связь концентрационной зависимости вязкости водных растворов сахаров и органических кислот со структурой раствора. Выявлены особенности взаимодействия в растворах на молекулярном уровне. По данным геометрии молекул растворенных веществ и результатам измерения вязкости найдено координационное число для молекул сахарозы и показаны пути решения этой задачи для других сахаров и органических кислот.
5. Разработана исходная для расчетов теплообменных аппаратов пищевых производств информация в виде аналитических зависимостей и таблиц вязкости и плотности для яблочного, виноградного, лимонного, клюквенного, ежевичного, гранатового и сливового осветленных и неосветленных соков, а также для водных растворов сахарозы, фруктозы,

глюкозы, яблочной, винной, лимонной, молочной и уксусной кислот в диапазоне температур 20...100 °С и концентрации 0...20 % для сахаров и 0...10 % для кислот. Диапазон концентрации сахарозы и лимонной кислоты составляет 0...30 % и 0...50 %, соответственно. Таблицы переданы во ВНИИ МВ Госстандарта СССР для их аттестации в качестве рекомендуемых справочных данных ГСССД.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Состояние и перспективы исследований теплофизических свойств жидких, поро- и пастообразных пищевых продуктов /В.З.Геллер, А.К.Пугач, Н.А.Аликберов, А.Ю.Афтеньев, В.В.Кравченко //Тезисы Всес. науч. конф. "Проблемы индустриализации общественного питания страны". -Харьков, 1984. -С.354. (Автору принадлежит приведенный в докладе анализ имеющихся данных о вязкостных свойствах указанных пищевых продуктов).
2. Исследования комплекса теплофизических свойств моделей жидких пищевых продуктов /В.В.Кравченко, А.Ю.Афтеньев, Н.А.Аликберов, А.К.Пугач, В.З.Геллер //Тезисы Всес. науч.-техн.конф. "Электрофизические методы обработки пищевых продуктов". -М. 1985. -С.258-259. (Автору принадлежат результаты экспериментального исследования вязкости).
3. Геллер В.З., Пугач А.К., Кравченко В.В. Исследование вязкости и плотности некоторых растительных масел //Тезисы Всес. науч.-техн.конф. "Электрофизические методы обработки пищевых продуктов". -М.: 1985. -С.271-272. (Автору принадлежат приведенные результаты экспериментального определения вязкости и плотности).
4. Кравченко В.В. Экспериментальное исследование плотности и вязкости водных растворов сахаров и пищевых кислот. -Одесса, 1986. -12 с. Деп. в УкрНИИТИ 23.09.86, № 2296-Ук86.
5. Геллер В.З., Кравченко В.В., Аликберов Н.А. Теплофизические свойства растительных масел //Тезисы Всес.науч.-техн.конф. "Теоретические и практические аспекты интенсификации технологических процессов пищевых производств". -М., 1986. -С.325. (Автору принадлежат результаты исследования вязкости и плотности).
6. Кравченко В.В., Пугач А.К., Геллер В.З. Температурная зависимость плотности и вязкости растительных масел //Изв. вузов. Пищ. технол. -1987. -№ 5. -С.79-81. (Автору принадлежат приведенные результаты экспериментального определения вязкости и плотности).

Таблица 1

Вязкость водных растворов сахаров при 20 °С,
10⁶ Па·с

Наименование	Концентрация, %				
	5	10	15	20	30
Сахароза	1182	1351	1596	1936	3183
Фруктоза	1136	1260	1417	1610	-
Глюкоза	1167	1328	1543	1893	-

Таблица 2

Вязкость водных растворов органических кислот
при 20 °С, 10⁶ Па·с

Наименование	Концентрация, %				
	1	3	5	10	25
Лимонная	1014	1065	1117	1238	1875
Яблочная	1014	1049	1096	1226	-
Винная	1008	1041	1085	1217	-
Уксусная	9990	1043	1086	1188	-
Молочная	1010	1069	1136	1334	-

Таблица 3

Вязкость водных растворов сахарозы и лимонной
кислоты при 20 °С, 10⁶ Па·с

Концентрация сахарозы, %	Концентрация лимонной кислоты, %			
	0,5	3	5	10
10	1345	1446	1519	1763
20	1959	2190	2301	2901
30	3189	3609	4019	5246

Таблица 4

Вязкость плодово-ягодных соков, 10^6 Па·с

Наименование сока	Температура, °C			
	20	40	60	80
<u>Осветленные</u>				
Яблочный	I396	885,6	612,7	453,4
Виноградный	I836	II36	769,3	558,9
Лимонный	I56I	I037	707,6	517,6
Клюквенный	II83	761,6	533,7	399,2
Ежевичный	I45I	916,9	632,5	466,8
Гранатовый	I518	955,1	656,6	483,1
Сливовый	I556	977,0	670,3	492,4
<u>Неосветленные</u>				
Яблочный	I530	963,3	663,0	485,5
Виноградный	I924	II88	803,2	583,0
Лимонный	I749	I089	741,5	541,7
Клюквенный	I248	800,1	559,1	417,4
Ежевичный	I527	961,7	661,9	487,8
Гранатовый	I620	I015	695,5	510,6

12

Поверніть книгу не пізніше зазначеного терміну.
