

Автор едр.

Г52

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

На правах рукописи

ГЛАДУШНЯК Александр Карпович

УДК 664.8.022.1

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПРОЦЕССОВ ПРОТИРАНИЯ
И ФИНИШИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Специальность 05.18.12 - процессы и аппараты
пищевых производств

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

Одесса - 1987

СМ

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

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Б.М. Азаров;
доктор технических наук, профессор
В.И. Ивашов;
доктор технических наук, профессор
Н.К. Наремский.

Ведущая организация - Всесоюзный научно-исследователь-
ский институт консервной и ово-
щесушильной промышленности.

Защита состоится "25" мая 1987 г. в
10³⁰ час. на заседании специализированного совета
Д 068.35.01 при Одесском технологическом институте пищевой
промышленности имени М.В. Ломоносова, 270039, г. Одесса, 39
ул. Свердлова, II2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесско-
го технологического института пищевой промышленности имени
М.В. Ломоносова.

ан "25" мая 1987 г.

Е.Г. Кротов

ОНАХТ 04.07.11
Теория и практика пр



v017984

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. XXУП съезд Коммунистической партии Советского Союза определил пути развития народного хозяйства и повышения благосостояния советского народа. Основой развития в I2 пятилетке является стратегия ускорения социально-экономического развития, т.е. "повышение темпов экономического роста. Суть его - в новом качестве роста: всемерной интенсификации производства на основе научно-технического прогресса...". Предусмотрено в пищевой промышленности обеспечить рост производства на 18...20 %, повысить комплексность переработки и улучшение использования сельскохозяйственного сырья, используя интенсивные режимы производства.

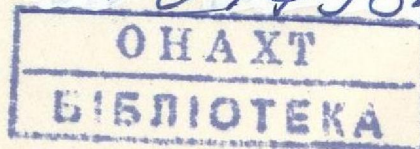
Процессы протирания и финиширования растительного сырья являются одними из основных технологических операций при производстве концентрированных томатопродуктов, соков с мякотью и пюреобразных консервов детского питания. В консервной промышленности СССР на протирочных машинах и финишерах перерабатывается ежегодно более 3 млн тонн плодоовощного сырья. Совершенство этих процессов во многом определяет выход и качество консервов, а также возможность использования отходов в качестве вторичного сырья.

В соответствии с требованиями Продовольственной программы СССР ставится задача снижения количества отходов при протирании и финишировании за счет более полного отделения полезных компонентов сырья, улучшения качества получаемого полуфабриката, обеспечения возможности внедрения в промышленность безотходной и малоотходной технологии переработки сырья.

Анализ развития и современного состояния практики протирания и финиширования растительного сырья показывает, что существует разрыв между требованиями производства и возможностями существующего оборудования. Противоречие проявляется главным образом в следующем:

- для обеспечения нормируемых выходов при протирании и финишировании сырье подвергают чрезмерно интенсивной предварительной термомеханической обработке, что отрицательно сказывается на качестве получаемого полуфабриката;
- с целью облегчения условий работы устаревших машин увеличивают число ступеней протирания и финиширования, что усложняет обслуживание оборудования, приводит к повышенным затратам энергии и снижает эффективность производства.

V017984



Большое практическое значение имеют также вопросы повышения надежности и долговечности машин, удобства обслуживания и санитарной обработки протирочных машин и финишеров, рационального использования отходов в качестве вторичного сырья.

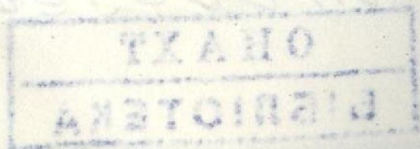
Объект исследования - процессы протирания и финиширования растительного сырья и машины для их осуществления.

Цель работы - разработка научных основ процессов протирания и финиширования, изыскание путей их совершенствования и решение вопросов аппаратурного оформления этих процессов.

Задачи работы. В соответствии с целью и объектом исследования задачи настоящей работы заключаются в следующем:

1. Описать гидродинамические процессы, происходящие в рабочих полостях протирочных машин и финишеров.
2. Проанализировать механизм воздействия рабочих органов финишера на дисперсный состав получаемого полуфабриката.
3. Разработать методологические основы исследования процессов протирания и финиширования растительного сырья.
4. Разработать пригодные для инженерных расчетов методики технологического и силового расчетов машин.
5. Исследовать зависимость показателей от параметров процессов протирания и финиширования растительного сырья в широком диапазоне значений фактора разделения и ширины зазора: между бичами и перфорированной поверхностью; разработать рекомендации по повышению технико-экономических показателей машин для реализации этих процессов.
6. Обосновать оптимальное количество ступеней протирания и финиширования растительного сырья.
7. Исследовать возможность и обосновать режимы протирания и финиширования некоторых видов растительного сырья без его предварительной тепловой обработки.
8. Разработать конструктивные решения, реализующие прогрессивные режимы эксплуатации машин, обеспечивающие их высокую надежность, удобство в обслуживании.
9. Разработать опытные образцы протирочных машин и финишеров и провести их производственные испытания. Создать условия для широкого использования результатов исследований в промышленности.

Научная новизна. На основании выполненных исследований сформулированы и обоснованы научные положения, совокупность которых можно квалифицировать как создание теоретических основ



процессов протирания и финиширования растительного сырья.

Основные научные результаты работы:

- разработана теория движения суспензии и ее разделения на отходы и обработанный полуфабрикат в перфорированном барабане протирочных машин и финишеров;
- разработаны методологические основы исследования выхода обработанного полуфабриката на участках длины перфорированного барабана и влияния параметров на показатели процессов протирания и финиширования;
- предложена методика решения вопросов аппаратурного оформления процессов, включающая этапы выбора основных параметров эксплуатации протирочных машин и финишеров и расчета размеров перфорированного барабана;
- изменение дисперсного состава растительного сырья при его финишировании определяется дроблением, движущихся в потоке дисперсионной среды, частиц мякоти при взаимодействии последних с кромками отверстий перфорированной поверхности;
- предложены пути повышения технико-экономических показателей процессов протирания и финиширования растительного сырья, позволяющие, в частности, перерабатывать отдельные виды сырья без предварительной тепловой обработки;
- создана теория и разработан процесс инверсивного финиширования растительного полуфабриката, явившиеся основой создания финишеров инверсивного типа.

Практическая ценность работы. Разработаны рекомендации, позволяющие повысить технико-экономические показатели процессов протирания и финиширования растительного сырья; повысить степень отжатия отходов, улучшить качество и увеличить выход обработанного полуфабриката. Предлагаемые рекомендации создают условия для рационального использования отходов в качестве вторичного сырья для извлечения из семян растительного масла.

Решены вопросы аппаратурного оформления процессов протирания и финиширования растительного сырья, что представляет практическую ценность при проектировании и разработке новых моделей машин. Разработаны конструктивные решения, позволяющие реализовать в условиях серийного производства рекомендуемые размеры зазоров между бичами и перфорированной поверхностью, высокие значения фактора разделения, обеспечить высокую надежность и долговечность машин.

Реализация научно-технических результатов. Результаты ис-

следований реализованы в новых моделях скоростных протирочных машин и финишеров, разработанных и изготовленных под руководством автора.

На базе научно-исследовательских работ, изобретений и личных консультаций автора Тираспольским заводом литейных машин им. С.М. Кирова, разработана техническая документация и налажено производство финишеров новой конструкции. В 1984...83 г.г. было выпущено 190 машин этого типа.

Каховский машиностроительный завод, НПО ВНИПКИ "Консервпромкомплекс" освоил производство финишеров РЗ-КИЕ и в период 1981...83 г.г. выпустил 194 машины.

В 1983 году ВНИПКИ "Консервпромкомплекс" разработал и испытал опытный образец двухфракционного финишера РЗ-КИЗ.

На базе рекомендаций автора Одесским СКТБ Продмаш разработана гамма унифицированных машин и финишеров А9-КИГ в которую входят машины производительностью 3,55; 7,1; 14 и 28 т/час. В 1983 году машины А9-КИГ прошли межведомственные испытания и техническая документация передана Одесскому механическому заводу продовольственного оборудования. В 1984 году изготовлена установочная серия, а в 1985 году завод приступил к их серийному производству.

Автор защищает. Теоретическое описание движения суспензии в рабочих полостях классических протирочных машин и финишеров и ее разделения на обработанный полуфабрикат и отходы, вытекающие из него практические выводы.

Процесс и теорию инверсивного финиширования растительных полуфабрикатов.

Методологию исследования выхода обработанного полуфабриката на участках длины перфорированного барабана и влияния параметров на показатели процессов протирания и финиширования. Методологию аппаратного оформления процессов, включающую этапы выбора основных параметров процесса и технологического расчета машин.

Положение о том, что характер движения суспензии относительно перфорированной поверхности определяется шириной зазора между бичами (скребками) и перфорированной поверхностью, возможно движение суспензии с образованием и без образования жгута из отходаобразующих частиц перед бичами.

Положение об изменении количественного выхода обработанного полуфабриката на участках длины перфорированного барабана и наличии длины участка барабана, на котором отделяется основное ко-

личество обработанного полуфабриката.

Положение о доминирующем влиянии на дисперсный состав обработанного на финишере полуфабриката дробления движущихся в потоке суспензии частиц кромками отверстий перфорированной поверхности.

Положение о влиянии на выход обработанного полуфабриката расположения на перфорированном барабане щелевых отверстий,

Положение о необходимости учета направления использования отходов при выборе режимов переработки томатов.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены и получили положительную оценку на 35...45-й научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава Одесского технологического института пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова; дважды на техсовете Одесского СКТБ Продмаш - головного КБ по проектированию протирочных машин; на техсовете аграрно-промышленного объединения имени I Мая (г. Тирасполь); Республиканской научно-технической конференции "Основные направления увеличения производства и пути повышения качества продуктов детского и диетического питания" (г. Одесса, 1977 год).

Достоверность теоретических положений и выводов подтверждена результатами экспериментальных исследований, промышленной проверки и опытом эксплуатации протирочных машин и финишеров. Новые образцы машин экспонировались на ВДНХ СССР и ВДНХ УССР и были отмечены медалями, а также представлены на тематических выставках в г.г. Одессе и Киеве.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из оглавления, списка основных обозначений, шести глав, выводов, списка использованной литературы и приложений. В главе I приведен литературный обзор данных о растительном сырье как объекте промышленной переработки, процессах протирания и финиширования в консервном производстве, в главе 2 - теоретические основы протирания и финиширования растительного сырья, в главе 3 - экспериментальные установки и методика проведения эксперимента, в главе 4 - исследование процессов протирания и финиширования растительного сырья, в главе 5 - прикладные задачи консервного производства, в главе 6 - практическое использование результатов исследований.

Диссертационная работа содержит 253 страницы машинописного текста; 63 иллюстрации, 33 таблицы, 112 страниц приложений. Библиографический список включает 212 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Вопросы протирания и финиширования растительного сырья рассмотрены в работах Л.А.Боневой, М.Я.Дикиса, А.Н.Самсоновой, Ю.Г.Скориковой, А.Ф.Фан-Юнга, У.Шобингера и других авторов.

Обзор методов разделения растительного сырья на ценные в пищевом отношении и балластные ткани показал, что процессы протирания и финиширования обладают наиболее широкими технологическими возможностями и обеспечивают по сравнению с другими технологическими операциями наибольший выход обработанного полуфабриката.

Анализ известных типов оборудования для протирания и финиширования растительного сырья дает основания сделать вывод о том, что их развитие наиболее перспективно на базе совершенствования машин классического типа. Для целей финиширования протертого полуфабриката целесообразно использовать предложенные автором инверсивные финишеры. Вместе с этим имеющиеся машины обладают рядом недостатков.

Перед протиранием сырье измельчают и разваривают с целью снижения прочности запасящих тканей и увеличения выхода обработанного полуфабриката. При этом для обеспечения нормируемого количества отходов сырье необходимо подвергать таким режимам тепловой обработки, которые существенно снижают его питательную ценность. Разрыв между требованиями производства и возможностями известных протирочных машин и финишеров проявляется также в том, что с целью облегчения условий работы устаревших машин увеличивают количество ступеней протирания и финиширования, что усложняет обслуживание оборудования, приводит к повышенным затратам энергии. Производительность известных машин отстает от потребностей технологических линий, не нашли своего решения вопросы повышения надежности эксплуатации и удобства санитарной обработки протирочных машин и финишеров. Сведения о влиянии режимов и параметров протирания семячковых плодов и овощей на качественные показатели отходов отсутствуют, что затрудняет использование отходов в качестве вторичного сырья. В известной литературе преобладает качественное описание процессов протирания и финиширования растительного сырья, при этом теоретически рассмотрены только отдельные стороны процессов, уровень знаний об этих процессах недостаточен для решения актуальных практических задач.

Теоретические основы процессов протирания и финиширования растительного сырья рассмотрены во второй главе работы. Нату-

ральное пищевое растительное сырье, используемое в консервном производстве, содержит от 85 до 96 % воды. При тепловой обработке методом прямого контакта с теплоносителем - паром к сырью добавляется 20...25 % к его весу конденсата. На стадии поступления на процессы протирания и финиширования растительное сырье представляет собой двухфазную сложную гетерогенную полидисперсную систему и рассматривается как суспензия, дисперсная фаза которой представлена жесткими частицами семян, кожицы, семенных коробок, плодоножками и прочими балластными тканями плодов и овощей, а дисперсионная среда представляет собой квазиоднородную жидкую фазу, включающую растительный сок со взвешенными в нем коллоидными частицами плодовой мякоти. После измельчения и разваривания в этой суспензии содержится от 4 до 8 % сухих веществ.

Для того, чтобы эта суспензия нормально подвергалась процессам протирания и финиширования ее прочность не должна превышать $1 \cdot 10^4$ Па.

Такая среда в некоторой мере обладает определенными реологическими характеристиками, однако влияние их незначительно. По имеющимся литературным данным растительные среды, содержащие до 8 % сухих веществ, рассматривается как ньютоновские жидкости, причем предельное напряжение сдвига равно нулю даже при содержании 12 % сухих веществ. Поэтому к рассматриваемым средам с определенными допущениями применимы законы гидродинамики.

Протирание и финиширование сырья рассматриваются как процессы разделения суспензии на очищаемых перфорированных поверхностях на протертый полуфабрикат, проходящий через отверстия в перфорированной поверхности и отходы - представленные частицами дисперсной фазы. Сравнительно высокая твердость частиц дисперсной фазы и их размеры являются классификационными признаками, по которым производится разделение суспензии в протирочных машинах и финишерах.

Рассмотрены вопросы рациональной организации перемещения суспензии при протирании и финишировании - загрузки сырья в перфорированный барабан, перемещения относительно перфорированной поверхности и выгрузки отходов, обработанного полуфабриката. Показано, что возможны два вида движения суспензии относительно перфорированной поверхности, отличительными признаками которых является наличие либо отсутствие жгута из отходообразующих частиц перед бичами либо скребками. Эксплуатация машин в режиме с образованием жгута из отходообразующих частиц перед бичами либо скребками обеспечивает их высокую производительность, хорошее

отжатие отходов и малое количество поврежденных семян в отходах, что представляет значительный практический интерес.

Для финиширования растительного сырья предложены машины инверсивного типа (рис. 1). Сырье с подачей Q загружают в машину через патрубок 1 после чего оно движется в зазоре между торцевыми поверхностями 2 и 3 камеры 4 и перфорированного барабана 5, соответственно, и приводится во вращательное движение. Развиваемое при этом давление P_3 в загрузочном устройстве определяется как

$$P_3 = \rho v_{cp}^2 \frac{v_5}{v_{cp}} \left(1 + \frac{H}{2R}\right) \eta_5, \quad (1)$$

- где
- ρ - плотность суспензии,
 - v_{cp} - средняя скорость движения суспензии в зазоре между камерой 4 и наружной поверхностью перфорированного барабана 5,
 - v_5 - окружная скорость вращательного движения перфорированного барабана 5,
 - H - ширина зазора между перфорированным барабаном и камерой,
 - R - радиус перфорированного барабана,
 - η_5 - коэффициент, учитывающий потери энергии при движении суспензии в каналах загрузочного устройства.

В зазоре шириной H между наружной поверхностью перфорированного барабана 5 и камерой 4 расположены неподвижные скребки 6, которые очищают отверстия перфорированной поверхности барабана от частиц дисперсной фазы.

За счет вращения перфорированного барабана 5 суспензия в зазоре между его боковой поверхностью и камерой 4 приводится во вращательное движение. Среднюю окружную скорость суспензии предложено определять из уравнения

$$v_{cp} = \frac{v_5}{1 + \sqrt{\frac{\lambda_k}{\lambda_5} \left(1 + \frac{H}{R}\right)^2 \frac{2ZQ}{\pi R \left(1 + \frac{H}{2R}\right)}}, \quad (2)$$

- где λ_k , λ_5 - гидравлические коэффициенты трения при движении суспензии относительно поверхностей камеры и перфорированного барабана, соответственно,

Z - количество скребков в машине,

ξ - коэффициент местного сопротивления при прохождении потоком зазора между скребками и камерой.

Перепад давлений, возникающий под действием центробежных сил при движении в зазоре между камерой и перфорированным барабаном определяется как

$$P_k = \alpha_k \rho \frac{V_{cp}^2}{2} \frac{H}{R + 0,5H} \quad (3)$$

где α_k - коэффициент Кориолиса.

Момент сил сопротивления на наружной поверхности перфорированного барабана составляет

$$M_s = \frac{\pi}{4} \lambda_s \rho L R^2 (V_s - V_{cp})^2, \quad (4)$$

где L - длина перфорированного барабана.

Под действием избыточного давления в зазоре между камерой и перфорированным барабаном жидкая фаза суспензии в количестве $\frac{Q(100-\alpha)}{100}$, где α - количество отходов, %, проходит через отверстия в перфорированном барабане, поступает в его полость и удаляется через устройство 7 для выгрузки обработанного полуфабриката, а отходы в количестве $\frac{Q\alpha}{100}$ выводятся через патрубок 8. Давление, развиваемое на поверхности перфорированного барабана за счет центробежных сил, действующих на суспензию внутри барабана, составляет

$$P_s = \rho \frac{V_{cp}^2}{2} \left(1 - \frac{Z^2}{R^2}\right), \quad (5)$$

где Z - радиус свободной поверхности суспензии в перфорированном барабане.

Производительность машины инверсивного типа определяется по формуле

$$Q = 2\pi R L \varphi V_{cp} \left(\frac{100}{100-\alpha}\right) \sqrt{\frac{2P_H + \frac{2V_s}{V_{cp}} \left(1 + \frac{H}{2R}\right) \frac{1}{2} + \left(\frac{Z}{R}\right)^2 - \alpha_k \left(\frac{H}{R + 0,5H}\right) - 1}{\xi_0}} \quad (6)$$

где P_H - давление суспензии на входе в загрузочный патрубок машины,

φ - живое сечение перфорированного барабана,

ξ_0 - коэффициент гидравлического сопротивления истечению суспензии через отверстия перфорированной по-

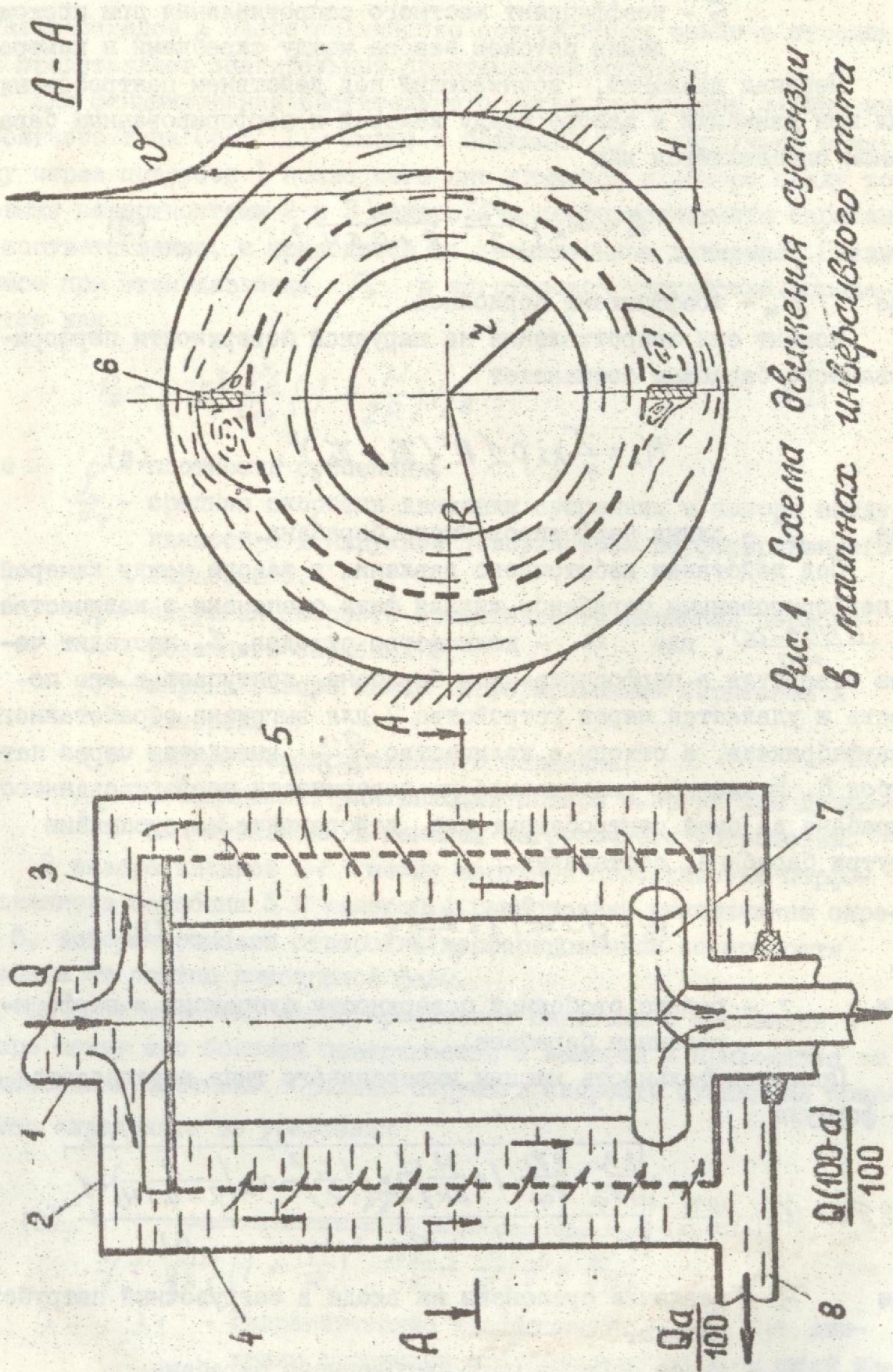


Рис. 1. Схема движения сусленки
в машине инверсивного типа

верхности барабана.

Мощность, затрачиваемая на вращение перфорированного барабана, предложено определять по формуле

$$N = \frac{(1,2 \dots 1,4) \pi P}{4 \eta_m} (\lambda \delta \mathcal{L} R^2 (V_\delta - V_\varphi)^2 \omega + V_\varphi^2 \frac{V_\delta}{V_\varphi} (1 + \frac{H}{2R}) \frac{1}{6} Q), \quad (7)$$

где η_m - механический к.п.д. привода барабана,
 ω - частота вращения перфорированного барабана.

В протирочных машинах и финишерах классического типа суспензия перемещается по внутренней поверхности неподвижного перфорированного барабана с помощью бичей. В режиме эксплуатации машин с образованием жгута из отходообразующих частиц перед бичами движение суспензии в системе координат x, y, z (см. рис. 2), вращающейся с бичами, можно описать одномерной моделью с переменными: y - расстояние вдоль образующей барабана от места загрузки сырья в перфорированный барабан до рассматриваемого сечения потока, $A(y)$ - ширина потока в сечении y , V_y - средняя скорость потока вдоль оси y , $\frac{dV_y}{dy}$ - ускорение суспензии вдоль оси y , $dB(y)$ - выход полуфабриката на участке перфорированного барабана длиной dy .

Если известна форма свободной поверхности потока суспензии перед бичами, задаваемая уравнением $h = h(x, y)$, где h - расстояние от перфорированной поверхности до свободной поверхности потока, то выход обработанного полуфабриката на участке длины dy перфорированного барабана описывается уравнением

$$dB = \pm \varphi M \sqrt{2 \alpha_k g F_z} \left(\int_0^{A(y)} h(x, y) dx \right) dy, \quad (8)$$

где Z - количество бичей в машине,
 φ - живое сечение перфорированного барабана,
 M - коэффициент истечения отверстий перфорированной поверхности,
 α_k - коэффициент Кориолиса,
 g - ускорение силы тяжести,
 F_z - фактор разделения,
 $A(y)$ - ширина потока в сечении y .

Анализ движения продукта в сечении y , перпендикулярном к оси барабана, показал, что между геометрическими характеристиками потока: его шириной A , наибольшей глубиной H и площадью ω существует однозначная взаимосвязь.

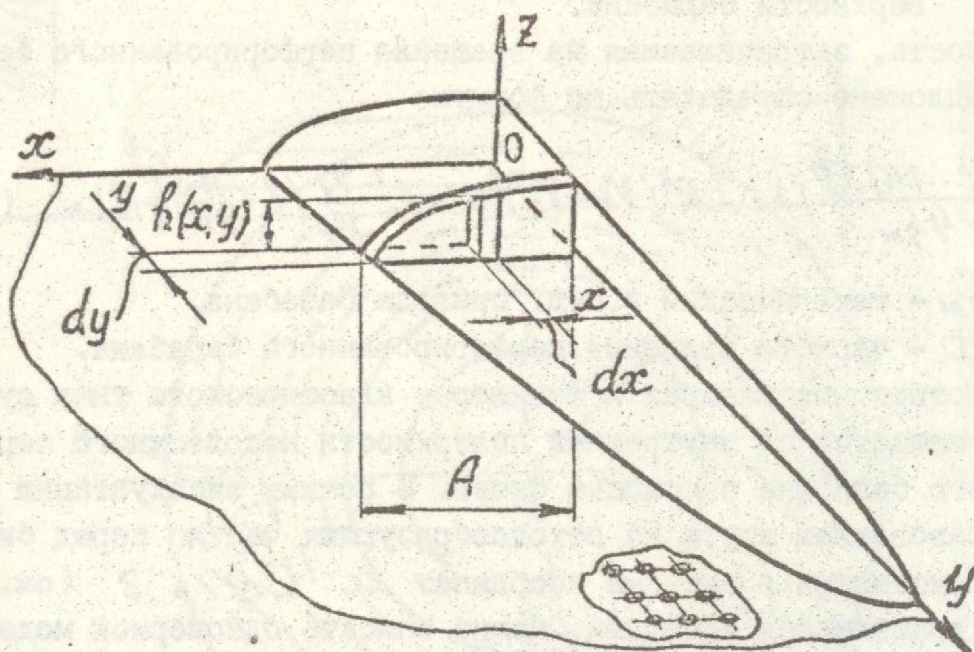


Рис. 2. К вопросу об отделении жидкой фазы от суспензии в перфорированном барабане.

Если допустить, что коэффициент Шези C в сечении y является постоянной величиной, то

$$H = k\sqrt{A}, \quad \omega_0 = \frac{2}{3} k A^{3/2}, \quad (9)$$

где $k = \frac{v_x \sqrt{2}}{C}$. Параметр k , входящий в (9) характеризует свойства продукта и имеет размерность \sqrt{M} .

На основе анализа сил действующих на элемент объема жидкости шириной dy , с учетом выхода полуфабриката по длине перфорированного барабана dy получено дифференциальное уравнение

$$dv = - \frac{\frac{F}{Q(y)} \left(\frac{Q(y)}{v_y}\right)^{1/3} + (F - Mv_y^2) \left(\frac{v_y}{Q(y)}\right)^{1/6}}{\alpha_k Q(y) - \frac{F}{v_y} \left(\frac{Q(y)}{v_y}\right)^{1/3}} dQ \quad (10)$$

где $Q(y)$ — расход продукта вдоль оси y в сечении y .
 E, F, M — постоянные для сечения y величины рассчитываются по формулам

$$E = \frac{9F_2 k^2}{3} \left(\frac{3}{2k}\right)^{1/3}, \quad (11)$$

$$F = \frac{gF_2 k^2}{2} \left(\frac{3}{2k}\right)^{2/3} \rho \sin \alpha,$$

$$M = \lambda \frac{k^2}{2R} \left(\frac{3}{2k}\right)^{2/3} \rho, \quad (II)$$

где α - угол опережения бичей,

$$\rho = \frac{5}{4\psi\mu \sqrt{2\alpha_k gF_2 k} \left(\frac{2k}{3}\right)^{5/6}}. \quad (I2)$$

Пользуясь (8, I2) изменение расхода на участке длиной можно представить в виде

$$dQ(y) = - \frac{1}{\rho} \left(\frac{Q(y)}{v_y}\right)^{5/6} dy. \quad (I3)$$

Система дифференциальных уравнений (I0, I3) описывает движение суспензии в перфорированном барабане классических противорочных машин.

В машинах классического типа энергия затрачивается на:

- сообщение суспензии кинетической энергии

$$N_1 = \frac{Q\rho v_x^2}{2} (1 + \xi), \quad (I4)$$

- перемещение суспензии бичами

$$N_2 = \frac{\rho v_x gF_2}{2 \cos \alpha} \int_0^L k^2 A(y) dy, \quad (I5)$$

- трение жгута из отходообразующих частиц по перфорированной поверхности

$$N_3 = \frac{f gF_2 a Q L \rho \cdot 10^{-2}}{\sin \alpha \cos \alpha}, \quad (I6)$$

где Q - подача суспензии в машину,
 v_x - окружная скорость бичей,
 a - количество отходов, %,
 ξ - коэффициент гидравлического сопротивления движению суспензии в загрузочном устройстве,
 α - угол опережения бичей,
 L - длина перфорированного барабана,
 f - фактор разделения.

Общие затраты энергии в машине рассчитывают суммируя перечисленные статьи расхода.

Исследование процесса финиширования растительного сырья показало, что классификация частиц на перфорированной поверхности оказывает незначительное влияние на дисперсный состав получаемого полуфабриката. Изменение дисперсного состава сырья при финишировании объясняется дроблением частиц мякоти, при этом в результате одного акта дробления каждая частица разделяется преимущественно на 2 части.

Если при финишировании частицы, застрявшие в отверстиях перфорированной поверхности, разрезаются на две части бичами либо скребками, перемещающимися относительно перфорированной поверхности, то количество актов дробления, происходящих в финишере в единицу времени составляет

$$E_1 = \frac{\psi_1 C_1 N_0 \omega}{2\pi}, \quad (17)$$

- где ψ_1 - вероятность дробления частицы,
 C_1 - вероятность застревания частицы в отверстиях перфорированной поверхности,
 N_0 - количество отверстий в перфорированной поверхности,
 ω - частота вращения бичей в машинах классического типа либо перфорированного барабана в машинах инверсивного типа.

Если при финишировании дробление частиц мякоти происходит на кромках отверстий, относительно которых перемещается суспензия со взвешенными частицами, то количество актов дробления, происходящих в финишерах в единицу времени составляет

$$E_2 = 3\psi_2 (1 - C_1) C_2 C_3 k \rho N_0 v d_0 \bar{z}, \quad (18)$$

- где ψ_2 - вероятность дробления частицы при взаимодействии с кромкой отверстия,
 C_2 - коэффициент, учитывающий наличие свободных участков на перфорированной поверхности, в финишерах инверсивного типа $C_2 = 1,0$, классического типа $C_2 < 1,0$,
 C_3 - коэффициент, учитывающий уменьшение скорости суспензии вблизи перфорированной поверхности,
 k - количество частиц мякоти в единице массы суспензии,
 ρ - плотность суспензии,
 v - окружная скорость бичей в машинах классического ти-

па либо барабана в машинах инверсивного типа,
 d_0 - диаметр отверстий в перфорированном барабане,
 Z - средний арифметический размер частиц мякоти в
 суспензии.

Анализ зависимостей (17, 18) показал, что второй механизм дробления частиц обеспечивает во много раз большее число актов дробления чем первый и основным направлением повышения качества измельчения получаемого полуфабриката является увеличение скорости движения суспензии относительно перфорированной поверхности, при этом большими потенциальными возможностями обладают финишеры инверсивного типа.

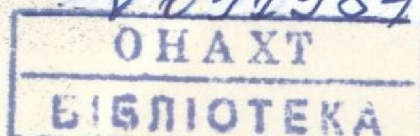
В главе 2 рассмотрены вопросы методологического исследования процесса разделения суспензии в машинах классического типа; выхода обработанного полуфабриката на участках длины перфорированного барабана и связи между параметрами и показателями процессов протирания и финиширования. Сырье загружают с подачей Q через загрузочный патрубок 1 (рис. 3) в перфорированный барабан 2. В результате разделения суспензии отходы в количестве $\alpha Q \cdot 10^2$ выходят через шахту 3, а обработанный полуфабрикат в количестве $(100 - \alpha) \cdot 10^2$ поступает в сборник 4.

Проведем на расстоянии y от места загрузки сырья перпендикулярно к оси барабана сечение. Выход обработанного полуфабриката зависит от длины участка y и от параметров работы машины, при этом на кривых выхода $B(y)$ можно выделить участок l_1 соответствующий зоне активного отделения обработанного полуфабриката и участок l_2 , характеризующийся снижением интенсивности отделения полуфабриката и соответствующий зоне центробежного отжима отходов. В правильно сконструированной машине рабочая длина барабана Z_p должна обеспечить реализацию обеих стадий процесса, т.е. $Z_p = l_1 + l_2$. В работе показано, что в режиме эксплуатации машины с образованием жгута из отходообразующих частиц перед бичами, при определенной конструкции устройств для загрузки и выгрузки отходов, при условии что $Z \geq Z_p$ зависимость выхода обработанного полуфабриката от параметров процесса в пределах зоны активного отделения жидкой фазы может быть представлена в виде критериального уравнения

$$B(y^*) = f(y^*, F_z, q, \alpha), \quad (19)$$

где

y^* - приведенная длина участка перфорированного барабана,
 $y^* = y/R$;



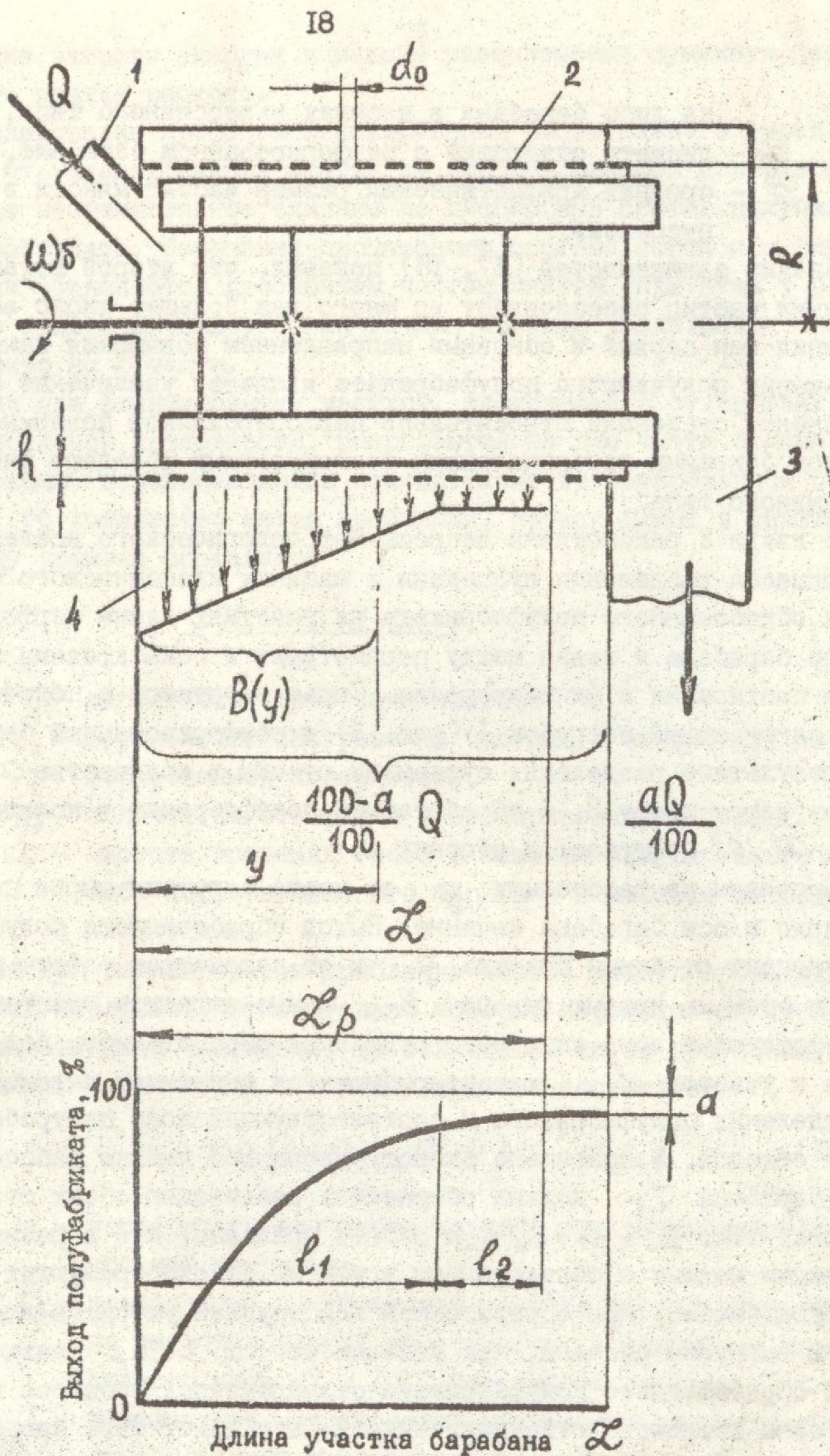


Рис. 3. К вопросу о выходе обработанного полуфабриката на участках длины перфорированного барабана и параметрах машин классического типа.

$B^*(y^*)$ - относительный выход обработанного полуфабриката на участке длины барабана $B^*(y^*) = \frac{B(y^*)}{Q} \cdot 100$, F_2 - фактор разделения, α - угол опережения бичей, g - безразмерная производительность

$$g = \frac{Q k_g}{z \varphi \rho R^2 \sqrt{g R}}, \quad (20)$$

где φ - живое сечение барабана, g - ускорение силы тяжести, k_g - коэффициент, учитывающий свойства сырья.

Показатели процессов протирания и финиширования, в случае, когда $z \geq z_p$ принимают предельные значения, количество отходов a является минимально возможным, содержание сухих веществ в отходах максимальное при заданной интенсивности центробежных сил, поврежденность семян в отходах в случае протирания семечковых плодов и овощей максимальна, а засоренность семян в отходах минимальна. Зависимость между параметрами и показателями процессов протирания и финиширования в этом случае может быть представлена в виде функционала

$$x = f_k(F_2, d_0, h), \quad (21)$$

где x - показатель процесса, d_0 - диаметр отверстий в перфорированной поверхности, h - ширина зазора между бичами и перфорированной поверхностью.

Для исследования влияния параметров на показатели процессов протирания и финиширования предложен метод малых подач, сущность которого заключается в исследовании процессов при таких подачах сырья в лабораторную машину (около 5...20 г/с), при которых реализуются обе стадии процесса, а его показатели принимают экстремальные значения.

Экспериментальная проверка теоретических положений работы и вопросы аппаратного оформления процессов протирания и финиширования растительного сырья приведены в главе 4. Исследование движения ряда видов растительного сырья в перфорированном барабане машины классического типа подтверждает положение об однозначной связи между геометрическими характеристиками поперечного сечения потока суспензии перед бичами и вытекающие из этого положения зависимости (9). Сопоставление рассчитанных по системе дифференциальных уравнений (10, 13) геометрических и экспериментальных данных о выходе полуфабриката на участках длины перфорированного барабана показало, что на участках длины, соответ-

ствующих отделению 0...80 % полуфабриката экспериментальные данные описываются с точностью 2...5 %. На участках длины барабана, соответствующих выходу 80...100 % обработанного полуфабриката рассчитанные по уравнениям (10, 13) кривые располагаются выше экспериментальных точек, при этом расхождение носит систематический характер, достигает 8...7 % и объясняется тем, что при выводе уравнений (10, 13) не учитывалось наличие жгута из отходообразующих частиц перед бичами.

Экспериментальные исследования подтверждают правомерность критериального уравнения (19) для описания экспериментальных данных о выходе обработанного полуфабриката на участках длины перфорированного барабана. В результате исследования процесса протирания яблочного пюре получено эмпирическое уравнение

$$B^*(y^*) = 42,7 y^{*0,734} q^{-0,093} \cdot 10^{-0,005\alpha} \quad (22)$$

В случае финиширования яблочного пюре-полуфабриката при температуре 18...20°C выход обработанного полуфабриката описывается уравнением

$$B^*(y^*) = 100 [1 - \exp y^* (-0,972 - 3,36 \cdot 10^{-3} F_2 + 0,38q + \alpha(0,048 + 4,45 \cdot 10^{-4} F_2 - 0,033q))] \quad (23)$$

Уравнения (22, 23) справедливы в режиме эксплуатации машин с образованием жгута из отходообразующих частиц перед бичами при $100 \leq F_2 \leq 400$; $0,5 \leq q \leq 1,7$; $0 \leq B^* \leq 95$ %. Относительные погрешности расчета выхода обработанного полуфабриката по (22) не превосходят 3...10 %, абсолютные погрешности расчета по (23) не превышают 5,5 %.

На основании эмпирических зависимостей (22, 23) решена задача о расчете длины участка барабана y^* , соответствующей отделению заданного количества полуфабриката $B^*(y^*)$.

При протирании

$$y^* = 6,01 \cdot 10^{-3} B^{*1,362} q^{0,127} \cdot 10^{0,007\alpha} \quad (24)$$

при финишировании

$$y^* = \frac{\lg B}{0,972 - 3,36 \cdot 10^{-3} F_2 + 0,38q + \alpha(0,048 + 4,45 \cdot 10^{-4} F_2 - 0,033q)} \quad (25)$$

В частном случае уравнения (24, 25) позволяют рассчитать

длину участка барабана y_{gr}^* соответствующую отделению 95 % загружаемого в машину сырья. По (24, 25) построены номограммы для определения приведенной длины y_{95}^* участка барабана, соответствующей отделению 95 % загружаемого в протирочную машину (рис. 4) либо финишер (рис. 5) сырья.

Рабочую длину перфорированного барабана машины классического типа предложено рассчитывать по уравнению

$$L_p = y_{95}^* \cdot R + l_2, \quad (26)$$

где l_2 - длина участка барабана соответствующая отделению остатков полуфабриката в зоне центробежного отжима.

При протирании $l_2 = 0,11R$, при финишировании $l_2 = 1,11R$.

Значения коэффициента k_q , учитывающего свойства различных видов сырья в случае протирания яблок составляет 1,00; моркови - 1,103; томатной пульпы - 0,833. При финишировании яблочного пюре $k_q = 1,00$; пюре из тыквы - 0,818; томатов протертых - 0,662.

Исследования влияния параметров на показатели процессов протирания и финиширования растительного сырья подтвердили правомерность использования метода малых подач и описания экспериментальных данных в виде функционала (21). Дисперсионный анализ экспериментальных данных показал, что ширины зазора между бичами и перфорированной поверхностью в общей сумме квадратов отклонений при оценке количества отходов и содержания сухих веществ в отходах при протирании яблочного пюре составляет 80 %, а количества поврежденных семян в отходах - 74 %. Значимое влияние на показатели процесса оказывает также фактор разделения. При протирании яблочного пюре вклад фактора разделения в общую сумму квадратов отклонений приблизительно на порядок меньше и в случае определения количества отходов составляет 1,4 %, содержания сухих веществ в отходах 3,9 %, поврежденных семян в отходах 22 %.

Экспериментально подтверждено, что характер движения продукта в барабане протирочных машин и финишеров зависит от ширины зазора между бичами и перфорированной поверхностью. При этом возникают два качественно отличающихся режима течения сырья. Основным признаком, отличающим эти режимы друг от друга является наличие либо отсутствие жгута из отходообразующих частиц перед бичами.

В случае эксплуатации протирочных машин и финишеров в режиме с образованием жгута из отходообразующих частиц перед би-

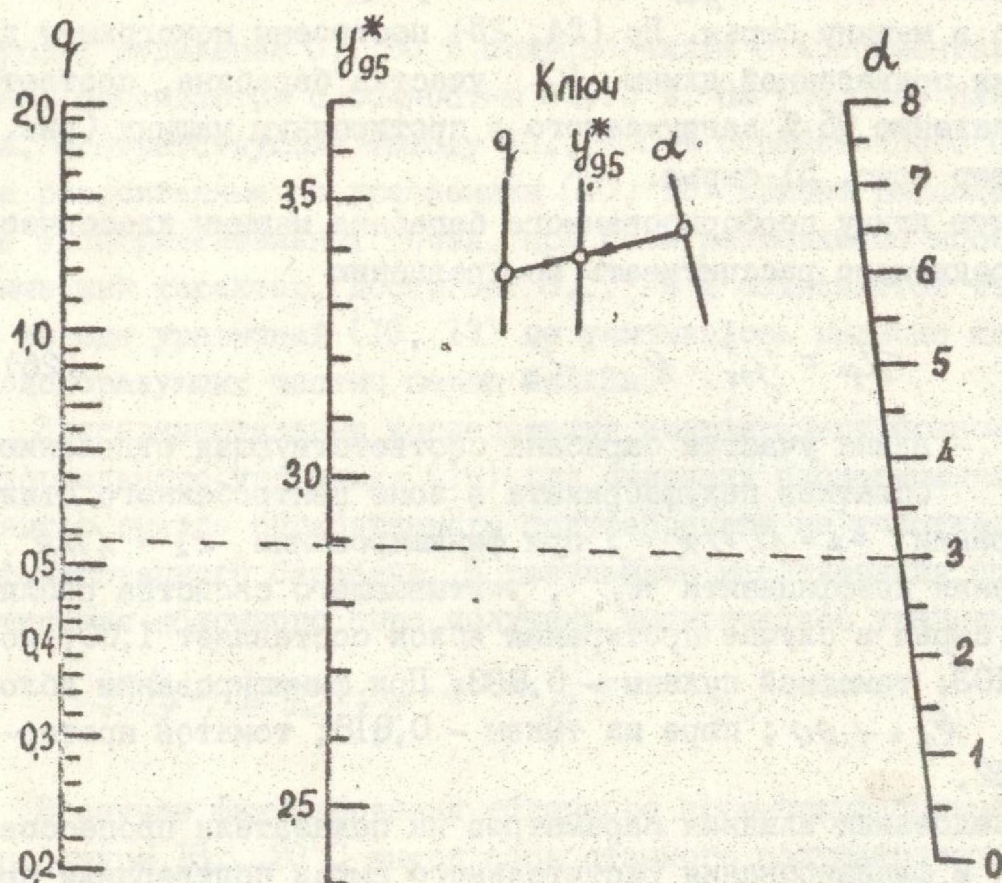


Рис. 4. Номограмма для определения приведенной длины барабана протирочной машины, соответствующей отделению 95 % загружаемого в машину сырья.

чами количество отходов сравнительно невелико, степень их отжатия высокая, наблюдается низкое содержание поврежденных семян и засоренности семян в отходах (см. табл. I). В случае эксплуатации протирочных машин и финишеров в режиме без образования жгута из отходообразующих частиц количество получающихся отходов значительно увеличивается, степень их отжатия уменьшается, поврежденность и засоренность семян в отходах возрастает (табл. I).

В определенном диапазоне ширин зазоров между бичами и перфорированной поверхностью наблюдается переходный характер движения суспензии, когда жгут из отходообразующих частиц периодически возникает и исчезает. В случае неустойчивого образования жгута показатели процессов протирания и финиширования колеблются в значительных пределах.

Ширина зазора между бичами и перфорированной поверхностью, при которой реализуется устойчивое образование жгута, зависит

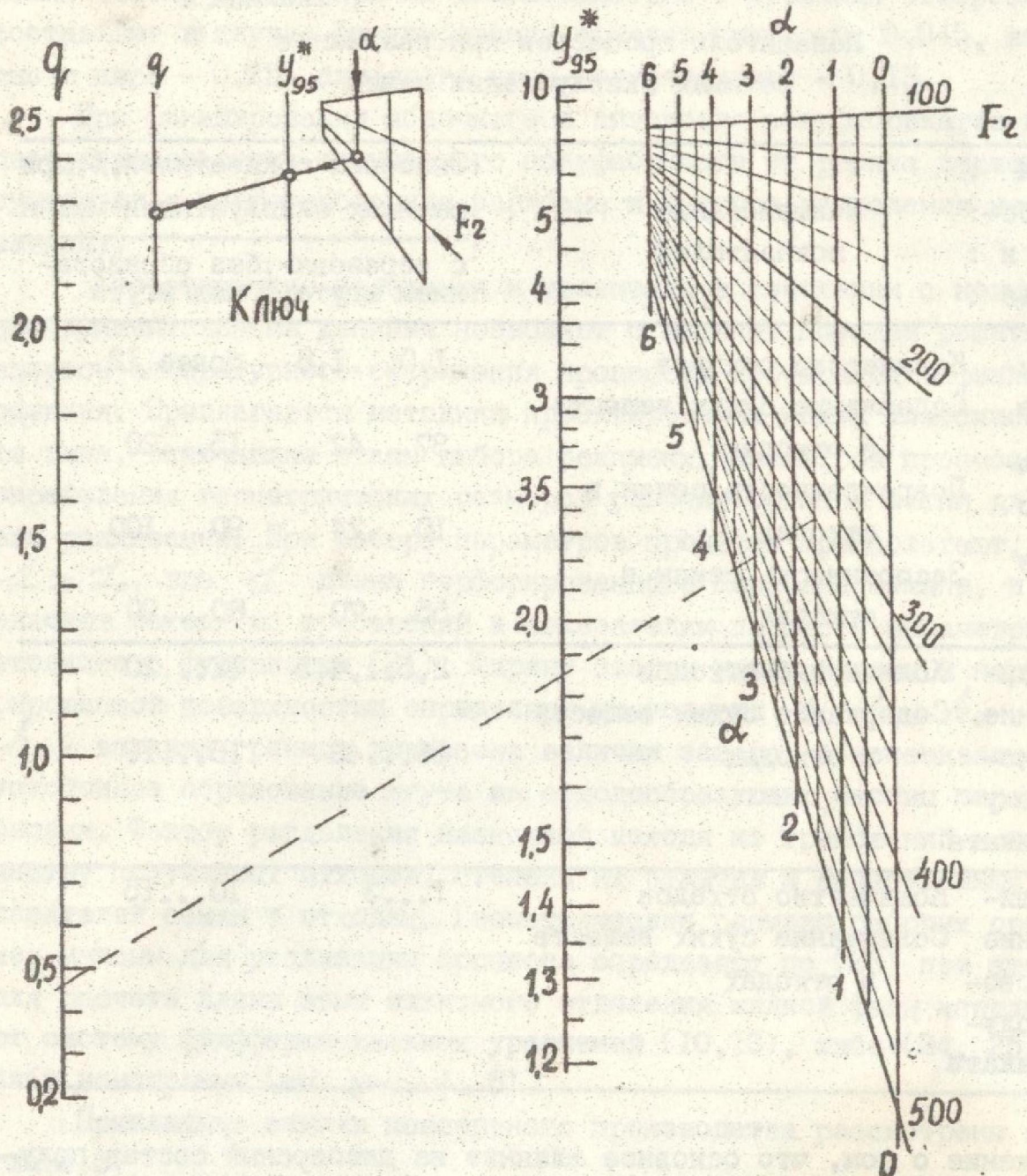


Рис. 5. Номограмма для определения приведенной длины барабана финишера, соответствующей отделению 95 % загружаемого в машину сырья.

от вида перерабатываемого сырья и размеров содержащихся в нем отходообразующих частиц. При протирании семечковых плодов и овощей ширина зазора не должна превышать 2 мм, при финишировании айвового пюре-полуфабриката - 1,0 мм, сливового пюре-полуфабриката - 0,75 мм.

Экспериментальные исследования подтвердили теоретическое

Таблица I

Показатели процессов при различных режимах эксплуатации машин

Вид : обработ- ки и : сырье :	Наименование показателей	:Значения показателей,%, при :режимах эксплуатации машин :с образова-:без образова- :нием жгута : ния жгута	
Проти- вание яблоч- ного пюре	Количество отходов	1,0...1,8	более 12
	Содержание сухих веществ в отходах	37...42	15...20
	Поврежденность семян в отходах	10...24	90...100
	Засоренность семян в отходах	55...70	80...90
Финиши- рование айвово- го полу- фабриката	Количество отходов	2,5...4,5	12...20
	Содержание сухих веществ в отходах	36...42	16...19
Финиши- рование сливово- го полу- фабриката	Количество отходов	1...3	10...15
	Содержание сухих веществ в отходах		

положение о том, что основное влияние на дисперсный состав получаемого при финишировании растительного сырья полуфабриката оказывает процесс измельчения частиц мякоти. Увеличение количества частиц в полуфабрикате при финишировании протертых томатов в результате дробления частиц мякоти составляет 14...22, яблок - 22...45, консервированного пюре-полуфабриката из яблок и слив - 80...90 %. Закупорки отверстий перфорированной поверхности частицами дисперсной фазы при перемещении суспензии относительно этой поверхности в течение нескольких минут экспериментально не обнаружено. На основании экспериментальных данных о количестве актов дробления частиц в финишерах установлено, что дробление частиц мякоти происходит при взаимодействии движущихся в потоке суспензии частиц с кромками отверстий перфорированной поверхно-

сти и описывается зависимостью (18). При этом вероятность дробления частиц мякоти при их взаимодействии с кромками отверстий составляют в случае финиширования томатов протертых 0,045, яблочного пюре - 0,25, сливового пюре-полуфабриката - 0,13.

При финишировании яблочного и айвового полуфабрикатов качество измельчения получаемого полуфабриката от режима движения суспензии в перфорированном барабане и фактора разделения не зависит.

Теоретические положения и уравнения в сочетании с новыми экспериментальными данными позволяют с научных позиций решать вопросы аппаратного оформления процессов протирания и финиширования. Предлагается методика проектирования машин классического типа, включающая этапы выбора режимных параметров процесса и определения геометрических размеров рабочих органов машин для его реализации. При выборе параметров процесса предполагают, что $L \geq L_p$, где L длина перфорированного барабана машины, и назначают исходя из требований к показателям процесса параметры, входящие в функционал (21). Ширину зазора между бичами и перфорированной поверхностью определяют из условия $0 < h \leq h_{\max}$ где h_{\max} - верхняя граница диапазона величин зазора, обеспечивающего устойчивое образование жгута из отходообразующих частиц перед бичами. Фактор разделения назначают исходя из требований к количеству получаемых отходов, степени их отжатия и качественных показателей семян в отходах. Геометрические размеры рабочих органов машины для реализации процесса определяют по (26) при этом для расчета длины зоны активного отделения жидкой фазы используют систему дифференциальных уравнений (10, 13), либо (24, 25), либо номограммы (см. рис. 4, 5).

Прикладные задачи консервного производства рассмотрены в главе 5.

Исследованы схемы протирания и финиширования томатной пульпы и яблочного пюре, отличающиеся количеством ступеней и диаметрами отверстий в перфорированной поверхности используемых машин. Во всех случаях финишеры были снабжены ситами с отверстиями диаметром 0,4 мм. В двухступенчатых схемах протирания сырья перед финишированием осуществляли на ситах с отверстиями диаметром 2,8 либо 1,2 мм, в трехступенчатой использовались две последовательно установленные протирочные машины с отверстиями в перфорированной поверхности диаметром 2,8; 1,2 мм, в четырехступенчатой - 3 протирочных машины с отверстиями в перфорированной поверхности

диаметром 2,8; 1,2; 0,8 мм. По данным эксперимента минимальное количество отходов обеспечивается в двухступенчатой схеме с протирочной машиной, имеющей сита с отверстиями диаметром 2,8 мм и финишер, при этом с увеличением количества ступеней обработки сырья количество получающихся отходов возрастает. Дисперсные составы полуфабриката, обработанного в исследованных схемах протирания и финиширования не отличаются друг от друга. Использование двухступенчатых схем протирания и финиширования сырья позволяют существенно уменьшить количество установленных в технологических линиях протирочных машин, снизить расход энергии на реализацию процесса и упростить обслуживание оборудования, что дает основания рекомендовать их промышленности.

Исследован процесс протирания томатной пульпы без ее предварительной тепловой обработки. При этом использовался метод малых подач сырья в машину, режимы эксплуатации машин с образованием жгута из отходообразующих частиц перед бичами. Данные о показателях процесса приведены в табл. 2.

Полученные результаты показали, что с увеличением фактора разделения количество получаемых отходов снижается, а количество поврежденных семян в отходах увеличивается. В случае использования семян, получаемых при протирании томатной пульпы, в качестве вторичного сырья значение фактора разделения при котором эксплуатируется протирочная машина необходимо выбирать с учетом этих показателей. В качестве критерия оптимизации предложено использовать сумму потерь обусловленных потерями сырья с отходами и в связи с повреждением семян.

В случае использования семян для посевных целей оптимальное значение фактора разделения составляет 90...100.

В случае использования семян в качестве вторичного сырья для производства растительного масла, а также без использования семян условные потери уменьшаются с увеличением фактора разделения.

Для обеспечения нормируемых количеств отходов при холодном протирании томатов на ситах с отверстиями диаметром до 2,0 мм необходимо, чтобы $F_z \geq 200$. При увеличении фактора разделения до 300...350 протирочные машины позволяют снизить количество получаемых отходов по сравнению с нормируемыми на 0,5...0,8 %. Таким образом, холодное протирание томатной пульпы не только позволяет повысить качество получаемого полуфабриката, но и в случае использования приведенных рекомендаций экономически целесообразно.

Таблица 2

Показатели процесса протирания томатной
пulpы без предварительного нагрева сырья

Диапазон : изменения: диаметра : отверстий: сит, мм :	Уравнение регрессии при $F_z = 50 \dots 400$	Погрешности расчета при уровне достоверности 95 %	абсолютные: относительные
0,4...2,0	$\alpha = 204 F_z^{-0,789}$	-	4...8
2,8	$\alpha = 121 F_z^{-0,765}$	-	8...13
2,8	$K_c = 0,63 - 5,3 \cdot 10^{-4} F_z$	0,1...0,2	
0,8...2,8	$P_c = 6,45 + 0,044 F_z$	1,3...2,2	

Примечание: по уравнениям регрессии рассчитывается:

α - количество отходов, %,

K_c - количество семян в высушенном виде в отходах
от загружаемой в машину pulpы, %,

P_c - поврежденность семян в отходах, %.

$$\Pi = C_{\alpha} \alpha \cdot 10^{-2} + C_c K_c P_c \cdot 10^{-4} \text{ руб/т},$$

где C_{α} , C_c - цена томатов и семян как вторичного сырья,
соответственно,

K_c , P_c - смотри табл. 2.

Процесс финиширования консервированных полуфабрикатов (персикового, яблочного, сливового, айвового) исследовали на финишерах, снабженных ситами с щелевой перфорацией, ширина отверстий которых составила 0,34 мм. Финиширование осуществляли без предварительного нагрева сырья при температуре 15...20°C в режиме с образованием жгута из отходообразующих частиц перед бичами при $F_z = 50 \dots 400$. При этом исследовали два варианта расположения сит: большое измерение отверстий расположено вдоль образующей, большое измерение отверстий расположено перпендикулярно образующей перфорированного барабана. Результаты измерений показали, что расположение щелевых отверстий существенно влияет на количество получаемых отходов, а при $F_z = 200 \dots 400$ влияние расположения отверстий на качество измельчения не проявляется. При финишировании наблюдается нагрев отходов, который можно оценить из эмпирического уравнения $\Delta t_{отх} = 0,025 F_z$, а также нагрев обработанного полуфабриката $\Delta t_{полуфа} = 0,004 F_z$.

Проведенные исследования доказали целесообразность использования сит с щелевой перфорацией для финиширования растительного сырья без предварительной тепловой обработки. При этом отверстия в ситах должны быть расположены перпендикулярно к цилиндрической поверхности сит. Учитывая влияние фактора разделения на выход и качество измельчения обработанного полуфабриката, нагрев отходов, рекомендуется эксплуатировать финишеры при $f_z = 300 \dots 400$.

Проведенные теоретические исследования послужили основанием для разработки финишера инверсивного типа. Производственные испытания инверсивного финишера А9-КИР, изготовленного Одесским СКТБ Продмаш по рекомендациям автора работы, подтвердили изложенные выше теоретические положения и показали, что машины этого типа обеспечивают более высокие показатели качества измельчения получаемого полуфабриката, чем финишеры классического типа в сочетании с клапанными гомогенизаторами. Степень дисперсности полуфабриката уменьшается в 1,5...2,0 раза, в несколько раз снижается содержание частиц размером выше 150 и 300 мкм. Во всех исследованных случаях качество измельчения полуфабриката после инверсивного финишера удовлетворяет требованиям, предъявляемым к продуктам детского питания. Удельные затраты энергии на реализацию процесса в инверсивных финишерах в 1,2...2,0 раза выше чем в машинах классического типа, однако в связи с тем, что использование инверсивных финишеров позволяет отказаться от установки в технологических линиях клапанных гомогенизаторов, общие затраты энергии при переработке каждой тонны растительного сырья примерно на 5 кВт/ч меньше чем в случае использования финишера классического типа и гомогенизатора. Использование финишеров инверсивного типа при переработке томатной пульпы позволяет снизить количество клетчатки более чем в 3 раза, мякоти на 20 %, что представляет значительный интерес при производстве концентрированных томатопродуктов. Финишеры инверсивного типа целесообразно использовать в технологических линиях производства пюреобразных консервов для детского питания и концентрированных томатопродуктов.

РЕАЛИЗАЦИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕЗУЛЬТАТОВ

В работе предложены и обоснованы прогрессивные режимы эксплуатации протирочных машин и финишеров классического типа, заключающиеся в переходе к высоким значениям фактора разделения, ко-

Таблица 3
Внедрение в производство и эффективность
новых машин

Наименование машин	Где используются, годы	Коли- чест- во штук	Экономиче- ский эффект на I машину тыс. руб.
Опытный образец финиш- ной протирочной машины	Одесский опытный консе- рвный завод им.В.И.Ле- нина 1979...1984 г.г.	6	47,45
Опытный образец проти- рочной машины для пер- вичного протирания ра- стительного сырья	Одесский опытный консер- вный завод им.В.И.Ленина 1981...1984 г.г.	4	11,95
Финишная протирочная машина Тираспольского завода литейных машин им. С.М. Укирова	Предприятия Госагропрома СССР 1981...1983 г.г.	190	12,478
Финишная протирочная машина марки РЗ-КИЕ Каховского машинострои- тельного завода	Предприятия Госагропрома СССР 1981...1983 г.г.	194	
Двухфракционный фини- шер марки РЗ-КИЗ Кахо- вского машзавода, Тираспольского ЭМЗ	Предприятия Госагропрома СССР 1982...1986 г.г.	127	6,3

торые в 3...4 раза превосходят режимы, реализуемые в промышлен-
ности. Их новизна подтверждается авторским свидетельством на
изобретение № 888923. Важной стороной предлагаемых режимов про-
тирания и финиширования растительного сырья является реализация
перемещения суспензии в перфорированном барабане с образованием
жгута из отходообразующих частиц перед бичами. Для реализации
этих режимов разработаны конструкции жесткого перфорированного
барабана и бичевого устройства, обеспечивающие повышение долго-
вечности сит и снижение ширины зазора между бичами и ситом до
0,5 мм (а.с. № 707565, 986387). Предложена протирочная машина с
ловушкой для инородных тел (а.с. № 806990), машины позволяющие
отбирать обработанный полуфабрикат двух фракций различных по со-

держанию мякоти, в том числе и клетчатки (а.с. № 707565, 995732).

Данные о внедрении в производство и экономической эффективности новых моделей скоростных протирочных машин и финишеров по состоянию на 01.01.87 г. приведены в табл. 3.

Общий экономический эффект от внедрения разработанных автором машин до 1984 года составляет 2,5 млн рублей.

На базе рекомендаций автора Одесским СКТБ Продмаш разработана гамма унифицированных протирочных машин и финишеров А9-КИГ, которые прошли производственные испытания. Техническая документация на эти машины передана Одесскому механическому заводу продовольственного оборудования, который освоил их серийное производство. В 1985...1986 годах изготовлено 986 машин. Кроме этого, Югославская фирма "Единство" по техническим требованиям Госагропрома СССР приступила к выпуску одно- и двухфракционных протирочных машин по типу РЗ-КИЕ и РЗ-КИЗ для комплектования томатных линий.

В Ы В О Д Ы

- I. Разработаны теоретические основы процессов протирания и финиширования растительного сырья:
 - теория движения суспензии в рабочих полостях машин и ее разделения на обработанный полуфабрикат и отходы;
 - методология исследования выхода обработанного полуфабриката на участках длины перфорированного барабана и влияния параметров на показатели процессов в машинах классического типа;
 - методология решения вопросов аппаратурного оформления процессов;
 - теория инверсивного финиширования растительного сырья;
 - описаны механизмы влияния процесса финиширования на дисперсный состав получаемого полуфабриката.
2. Получены новые данные о процесса протирания и финиширования растительного сырья:
 - характер движения суспензии относительно перфорированной поверхности зависит от ширины зазора между бичами либо скребками и перфорированной поверхностью, при этом возможны режимы работы машины с образованием и без образования жгута из отходобразующих частиц перед бичами либо скребками;
 - свойства обработанного полуфабриката и его количественный выход по длине перфорированного барабана изменяются, при этом можно выделить участок барабана, который соответствует отделению основного количества обработанного полуфабриката;

- изменение дисперсного состава растительного сырья при его финишировании определяется дроблением движущихся в потоке частиц мякоти при взаимодействии последних с кромками отверстий перфорированной поверхности;
 - показатели процесса финиширования в случае использования сит с щелевой перфорацией зависят от расположения отверстий в барабане.
3. Разработаны вопросы аппаратурного оформления процессов протирания и финиширования растительного сырья:
- выбора основных параметров процесса;
 - методика технологического и силового расчетов машин;
 - получены расчетные зависимости и экспериментальные данные для решения вопросов аппаратурного оформления процесса.
4. Решены прикладные задачи консервного производства:
- обоснована рациональность использования двухступенчатой схемы протирания и финиширования растительного сырья;
 - разработаны режимы протирания томатной пульпы полуфабрикатов без предварительной тепловой обработки и показана их целесообразность;
 - разработаны режимы финиширования консервированного полуфабриката на ситах с щелевой перфорацией без предварительной тепловой обработки;
 - предложены и испытаны в производственных условиях финишеры инверсивного типа, которые рекомендуются для использования в линиях изготовления консервов для детей раннего возраста, а также концентрированных томатпродуктов.
5. Предложены, разработаны и испытаны новые модели скоростных протирочных машин и финишеров, на базе которых ВНИПКИ Консервпромкомплекс и Одесское СКТБ Продмаш освоили и внедрили в промышленность машины марки РЗ-КИЕ, РЗ-КИЗ и гамму унифицированных машин марки А9-КИГ. Решены вопросы обеспечения надежности и повышения долговечности машин, снижения металлоемкости и энергоемкости машин.
6. Широкая реализация результатов проведенных исследований в консервной промышленности подтверждает правильность теоретических положений. Реальная экономия от внедрения в промышленность протирочных машин и финишеров составляет около 2,5 млн рублей в год.

СПИСОК ОСНОВНЫХ ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. А.с. 707565 (СССР). Протирачная машина. /Укр.НИИконсервной пром-сти; А.К.Гладушняк, А.С.Жвалевский, В.Г.Владюк. -Заяв., 19.05.77 № 2490805/28-13; Оpubл. в Б.И., 1980, № 1.
2. А.с. 753421 (СССР). Протирачная машина для пищевых продуктов. /Одесский технол.ин-т пищевой пром-сти им.М.В.Ломоносова; А.К.Гладушняк, Н.В.Гуртовой. - Заяв. 13.07.78, №2645636/28-13 Оpubл. в Б.И., 1980, № 29.
3. А.с. 764645 (СССР). Протирачная машина. /Одесский технол.ин-т пищевой пром-сти им.М.В.Ломоносова; А.К.Гладушняк, Н.В.Гуртовой. -Заяв., 05.10.78, №2671470/28-13; Оpubл. в Б.И., 1980, №35.
4. А.с. 805990 (СССР). Протирачная машина. /Одесский технол.ин-т пищевой пром-сти им.М.В.Ломоносова; А.К.Гладушняк, Н.В.Гуртовой, Б.Д.Кузьмичев. -Заяв., 30.05.79, №2774146/28-13; Оpubл. в Б.И., 1981, № 7.
5. А.с. 862906 (СССР). Протирачная машина. /Одесский технол.ин-т пищевой пром-сти им.М.В.Ломоносова; А.К.Гладушняк, Н.В.Гуртовой В.В.Кавецкий, Ш.Р.Мавлянов. -Заяв., 02.11.79, № 2835685/28-13; Оpubл. в Б.И., 1981, № 34.
6. А.с. 886886 (СССР). Протирачная машина. /Одесский технол.ин-т пищевой пром-сти им.М.В.Ломоносова; А.К.Гладушняк, Н.В.Гуртовой -Заяв., 03.04.80, №2908170/28-13; Оpubл. в Б.И., 1981, № 45.
7. А.с. 897212 (СССР). Протирачная машина. /Одесский технол.ин-т пищевой пром-сти им.М.В.Ломоносова; А.К.Гладушняк, Н.В.Гуртовой, Б.Д.Кузьмичев, П.И.Кучер. -Заяв., 24.03.80, № 2899362/28-13; Оpubл. в Б.И., 1982, № 2.
8. А.с. 897213 (СССР). Протирачная машина. /Одесский технол.ин-т пищевой пром-сти им.М.В.Ломоносова; А.К.Гладушняк, Н.В.Гуртовой -Заяв., 01.04.80, №2904039/28-13; Оpubл. в Б.И., 1982, № 2.
9. А.с. 906502 (СССР). Протирачная машина. /Одесский технол. ин-т пищевой пром-сти им.М.В.Ломоносова; Проектно-конструк.ин-т продуктов детского питания и систем управления агро-пром.комплексами консервной пром-сти; А.К.Гладушняк, Н.В.Гуртовой, Г.М.Евстигнеев. -Заяв., 16.07.80, №2958343/28-13; Оpubл. в Б.И., 1982, №7.
10. А.с. 986387 (СССР). Протирачная машина. /Одесский технол.ин-т пищевой пром-сти им.М.В.Ломоносова; А.К.Гладушняк, Н.В.Гуртовой, А.М.Тимошевский. -Заяв., 21.07.80, №2961090/28-13; Оpubл. в Б.И., 1983, № 1.
11. А.с. 995732 (СССР). Протирачная машина. /Одесский технол.ин-т пищевой пром-сти им.М.В.Ломоносова; А.К.Гладушняк, Н.В.Гуртовой,

- Заяв., 06.07.81, №3312111/28-13; Оpubл. в Б.И., 1983, № 6.
12. А.с. 1009411 (СССР). Протираочная машина. /Одесский технол. ин-т пищевой пром-сти им. М.В. Ломоносова; А.К. Гладушняк, Н.В. Гуртовой.-Заяв., 11.06.81, №3301751/28-13; Оpubл. в Б.И., 1983, №13.
13. А.с. 1017276 (СССР). Протираочная машина. /Одесский технол. ин-т пищевой пром-сти им. М.В. Ломоносова; А.К. Гладушняк, Н.В. Гуртовой.-Заяв., 17.11.81, №3356837/28-13; Оpubл. в Б.И., 1983, №18.
14. А.с. 1063368 (СССР). Протираочная машина. /Одесский технол. ин-т пищевой пром-сти им. М.В. Ломоносова; А.К. Гладушняк, Н.В. Гуртовой Б.Д. Кузьмичев.-Заяв., 24.05.82; Оpubл. в Б.И., 1983, № 48.
15. А.с. 1119650 (СССР). Протираочная машина. /Одесский технол. ин-т пищевой пром-сти им. М.В. Ломоносова; А.К. Гладушняк, Н.В. Гуртовой В.И. Святошнюк.-Заяв., 19.11.82; № 3513630/28-13; Оpubл. в Б.И., 1984, № 39.
16. А.с. 1123623 (СССР). Протираочная машина. /Одесский технол. ин-т пищевой пром-сти им. М.В. Ломоносова; А.К. Гладушняк, Н.В. Гуртовой В.Г. Нерянов, П.И. Кучер.-Заяв. 14.01.83, №3571751/28-13; Оpubл. в Б.И., 1984, № 42.
17. А.с. 1156629 (СССР). Протираочная машина. /Одесский технол. ин-т пищевой пром-сти им. М.В. Ломоносова; А.К. Гладушняк, Н.В. Гуртовой П.П. Попов.-Заяв., 11.07.83, №3618712/28-13; Оpubл. в Б.И., 1985, №19.
18. А.с. 888923 (СССР). Способ протирания растительного сырья. /Одесский технол. ин-т пищевой пром-сти им. М.В. Ломоносова; А.К. Гладушняк, Н.В. Гуртовой.-Заяв. 19.03.80, №2896981/28-13; Оpubл. в Б.И., 1981, № 46.
19. А.с. 1015886 (СССР). Способ протирания растительного сырья. /Одесский технол. ин-т пищевой пром-сти им. М.В. Ломоносова; А.К. Гладушняк, Н.В. Гуртовой.-Заяв. 19.06.81, №3303591/28-13; Оpubл. в Б.И., 1983, № 17.
20. А.с. 475173 (СССР). Установка для тонкого измельчения растительного сырья. /А.К. Гладушняк.-Заяв., 06.08.73, №1955981/28-13; Оpubл. в Б.И., 1975, № 24.
21. А.с. 776594 (СССР). Установка для тонкого измельчения растительных тканей. /Одесское СКТБпродов. машиностроения; А.К. Гладушняк, А.Б. Штульман, И.Х. Ротенберг, Ю.Г. Вайншток.-Заяв., 10.11.78, №2684807/28-13; Оpubл. в Б.И., 1980, № 41.
22. А.с. 520096 (СССР). Устройство для измельчения растительного сырья. /А.К. Гладушняк, А.Ф. Каган, А.А. Громов, Л.М. Лошкин. - Заяв., 08.02.74, 08.02.74, №1994775/13; Оpubл. в Б.И., 1976, №25.
23. А.с. 544414 (СССР). Шпаритель для фруктов и овощей. /Укр. НИИ

- консервной пром-сти; А.К.Гладушняк, А.С.Жвалевский, Б.М.Уточкин - Заяв., 04.07.75, №2154029/13; Опубл. в Б.И., 1977, № 4.
24. Гладушняк А.К. Пути совершенствования протирочных машин. - Консервная и овощесушильная пром-сть, 1974, №12, с.32-34.
 25. Гладушняк А.К. Поліпшення якості рослинних консервів для дітей раннього віку. - Харчова пром-сть, 1975, № 5, с. 32-34.
 26. Гладушняк А.К. Инверсивная протирочная машина. - Одесса: ОЦНТИ, 1975. - 3с. - (Информ. листок /Одесс.ЦНТИ № 153-75.
 27. Гладушняк А.К. К вопросу разработки безбичевых измельчающе-протирочных установок. - Консервная и овощесушильная пром-сть, 1976, № 8, с. 16-20.
 28. Гладушняк А.К. Производство высококачественных пюреобразных продуктов детского питания. - В кн.: Основные направления увеличения производства и пути повышения качества продуктов детского питания. Тез. докл. - Киев, Респ. правление НТО пищ-й пром-сти, 1977, с. 32-33.
 29. Гладушняк А.К. О производстве высококачественных растительных пюреобразных консервов для детей раннего возраста. - Консервная и овощесушильная пром-сть, 1977, № 12, с. 20-21.
 30. Гладушняк А.К. Совершенствование производства детских продуктов. - Изв. вузов. Пищ. технология, 1978, № 1, с. 162-164.
 31. Гладушняк А.К. Повышение качества растительных консервированных продуктов для детского питания. - М.: ЦНИИТЭИ Пищепром, 1978. - 32 с., ил. - (обзор. информ. /ЦНИИТЭИ Пищепром, сер. "Консерв., овощесуш. и пищевые концентрат. пром-сть").
 32. Гладушняк А.К., Гуртовой Н.В. Пути повышения экономических показателей процесса протирания томатов. - Консервная и овощесушильная пром-сть, 1980, № 3, с. 26-28.
 33. Гладушняк А.К., Гуртовой Н.В. Пути улучшения дисперсного состава томатопродуктов в процессе протирания. - Консервная и овощесушильная пром-сть, 1980, № 5, с. 13-15.
 34. Гладушняк А.К., Гуртовой Н.В., Кузьмичев Б.Д. Перспективы использования сит с целевой перфорацией для финиширования плодового и овощного сырья. - Консервная и овощесушильная пром-сть, 1981, № 9, с. 17-19.
 35. Гладушняк А.К., Гуртовой Н.В. Обоснование режимов протирания томатов в холодном состоянии. - Консервная и овощесушильная пром-сть, 1982, № 4, с. 9-10.
 36. Гладушняк А.К., Зобов А.А., Гуртовой Н.В. Моделирование процесса получения семян томатов. - В кн. Тезисы к Всесоюзному семинару "Математическое моделирование и оптимизация процессов

- масло-жировой промышленности"-Краснодар;КПИ,1983,с.80-81.
38. Гладушняк А.К.,Гуртовой Н.В.Влияние финиширования на дисперсный состав продукта.-Изв.вузов.Пищ.технология,1984,№2, с. 85-88.
39. Гладушняк А.К.,Гуртовой Н.В.Рациональные параметры и режимы эксплуатации скоростных протирочных машин и финишеров.-Пищевая и перерабатывающая пром-сть, 1985, № I, с. 54-56.
40. Гладушняк А.К.Гидродинамика протирочных машин и финишеров.-Изв.вузов.Пищ.технология, 1986, с. 77-80, № 6.
41. Протирочные машины и финишеры. //Технологическое оборудование консервных заводов /М.С.Аминов,М.Я.Дикис,А.Н.Мальский, А.К.Гладушняк.-5-е изд.,перераб. и доп.: Учебник для студентов вузов по спец."Машины и аппараты пищ.произ-в" и "Технология консервирования".-М.: Агропромиздат, 1986.-с. 65-80.
42. Счетная камера для контроля качества измельчения консервов детского питания. /А.К.Гладушняк, Н.В.Гуртовой, Т.В.Яворская,Н.В.Уманская. - Консервная и овощесушильная пром-сть, 1980, № 7, с. 37-38.

Гладушняк