

Авторефер.
056

Министерство высшего и среднего специального образования
УССР

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

А. П. ОЛЬШЕВСКИЙ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА
СОКООТДАЧИ ЯБЛОЧНОЙ МЕЗГИ
ПРИ ТОНКОСЛОЙНОМ ПРЕССОВАНИИ
В КАМЕРНЫХ ПРЕССАХ**

(Специальность № 05.175 — машины и аппараты
пищевой промышленности)

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

Принят 1987

Одесса — 1972.

Министерство высшего и среднего специального образования
УССР

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

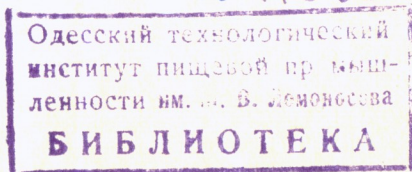
А. П. ОЛЬШЕВСКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА
СОКООТДАЧИ ЯБЛОЧНОЙ МЕЗГИ
ПРИ ТОНКОСЛОЙНОМ ПРЕССОВАНИИ
В КАМЕРНЫХ ПРЕССАХ

(Специальность № 05.175 — машины и аппараты
пищевой промышленности)

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

041965



ОНАХТ 22.06.12
Исследование процесс



v011965

Одесса — 1972.

Работа выполнена на кафедре технологического оборудования пищевых производств Одесского технологического института пищевой промышленности имени М. В. Ломоносова и в лабораториях Украинского научно-исследовательского института консервной промышленности.

Научный руководитель — кандидат технических наук, доцент **Н. В. Морозов.**

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, **Б. Л. Флауменбаум,**
кандидат технических наук, доцент **В. Я. Валуцкий**

Ведущее предприятие — Одесское специальное конструкторское бюро продовольственного машиностроения (СКБ Продмаш).

Автореферат разослан „_____“ _____ 197 г.

Защита диссертации состоится на заседании совета Одесского технологического института пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова „_____“ _____ 197 г.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Письменный отзыв на реферат в двух экземплярах с подписью, заверенный печатью учреждения, просим направить в совет института по адресу: г. Одесса, ГСП-510, ул. Свердлова, 112.

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

ВВЕДЕНИЕ

Производство соков — одна из наиболее быстро растущих отраслей консервной промышленности. В Советском Союзе с 1965 по 1970 гг. производство плодово-ягодных и овощных соков увеличилось с 680 млн. до 1630 млн. условных банок. Директивами XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 гг. намечается увеличить выработку соков в 1,8 раза. Яблочный сок — один из самых распространенных видов плодово-ягодных соков.

Развитие производства соков в настоящее время идет по пути максимальной механизации и автоматизации технологических процессов, повышения выхода и улучшения качества готового продукта.

При создании поточных механизированных линий выработки яблочных соков большую трудность представляет механизация прессования, которое является пока единственным способом выделения сока из мякоти, получившим промышленное применение.

Непрерывно действующие шнековые прессы из-за значительного перетира мякоти не могут быть использованы для получения высококачественного яблочного сока. Извлечение сока из дробленых яблок осуществляется в настоящее время на пакетных прессах, не обеспечивающих поточности производства и требующих значительных затрат ручного труда. Применение прессов камерного типа позволяет ликвидировать ручные операции при извлечении сока. Однако процесс соковыделения при прессовании сырья в камерных прессах изучен недостаточно.

Исследований, посвященных изучению процесса извлечения сока из яблок, сравнительно немного. В Советском Союзе этим вопросом занимались Б. Л. Флауменбаум, И. С. Каган, А. Н. Самсонова. Прессованию различных пищевых продуктов посвящены работы Л. Л. Гельгара, А. И. Драгилева, Г. А. Ждановича, Н. И. Исаева, Г. А. Кука, С. К. Слепнева, А. И. Масликова. За рубежом такие исследования проводили Л. Линке, Н. Лютти и И. Керменди.

Анализ существующих способов прессования и многолетний опыт эксплуатации оборудования для получения яблочного сока показали, что наиболее высокое качество его и максимальный выход достигаются при прессовании мякоти в тонком слое. Работами, проведенными в Украинском научно-исследовательском институте консервной промышленности, установлено, что, осуществляя прессование яблочной мякоти в тонком слое (60–80 мм) беспакетным способом, за сравнительно короткое время (3 минуты) можно получить достаточно высокий выход сока. В результате этих исследований был разработан непрерывно действующий камерный пресс для извлечения яблочного сока, обеспечивающий полную механизацию основных и вспомогательных операций. Производственные испытания опытного образца этого пресса (марки А9-КПА) показали работоспособность его конструкции в целом, однако выход сока был ниже нормируемого. Основное внимание данного исследования уделено определению путей увеличения выхода сока при прессовании яблочной мякоти в прессах камерного типа.

В результате изучения литературы и анализа работы прессового оборудования для теоретического обоснования и экспериментального исследования процесса сокоотдачи при тонкослойном прессовании продукта в камерных прессах были определены следующие цели и задачи:

1) изучение влияния режимов прессования в закрытой камере с одной подвижной стенкой на изменение объема продукта и количество получаемого при этом сока;

2) определение фильтрующей способности прессуемого слоя;

3) изучение влияния вида измельчения сырья и сте-

пени повреждения клеток на процесс извлечения сока в камерном прессе;

4) исследование прессования измельченных яблок по двустадийному режиму;

5) определение рациональных (по выходу сока) режимов прессования яблочной мякоти в камерном прессе и разработка технологических требований на проектирование оборудования для их реализации.

Диссертация, состоящая из пяти глав, изложена на 142 страницах, содержит 38 рисунков и 40 страниц приложений.

В первой главе приведены обзор и анализ экспериментальных и теоретических работ, посвященных изучению прессования различных пищевых продуктов с целью извлечения жидкости.

Во второй главе изложены теоретические исследования процесса соковыделения в прессах камерного типа.

В третьей главе представлена методика проведения экспериментального исследования. Четвертая глава содержит экспериментальный материал, посвященный изучению основных факторов, влияющих на выход сока при прессовании продукта в камерных прессах.

В пятой главе содержатся рекомендации промышленного применения результатов работы.

1. Методы исследования

Для выявления закономерностей при отжиме сока из дробленых яблок в прессах камерного типа и определения режимов прессования, обеспечивающих максимальный выход сока за ограниченное время процесса без ухудшения его качественных показателей, проведены экспериментальные исследования.

Опыты проводили на экспериментальном стенде, позволяющем имитировать условия прессования в камерном прессе А9-КПА. Отжим сока из навески продукта осуществлялся в вертикально расположенной пресс-камере диаметром 70 мм. Поверхность перфорации дренажного дна составляла 10%, диаметр отверстий — 1,5 мм. Установка была оснащена необходимыми контрольно-измерительными приборами и самопишущими устройствами, позволяющими непрерывно регистриро-

вать давление прессования, высоту прессуемого слоя и количество отжатой жидкости.

Для изучения влияния величины давления прессования P на выход сока варьировали P в пределах от $0,1 \text{ Мн/м}^2$ до $2,5 \text{ Мн/м}^2$, а продолжительность повышения давления до заданного значения — в пределах от 20 до 120 сек. при общей длительности прессования 180 сек.

Фильтрующую способность прессуемого слоя определяли после сжатия навески продукта в камере до заданного давления путем фильтрования чистого яблочного сока через полученную лепешку. Количество фильтрата фиксировалось самопишущим прибором. Перепад давлений при фильтровании поддерживался постоянным.

Двустадийное прессование сырья осуществлялось в пресс-камере экспериментального стенда.

Результаты лабораторных опытов были проверены нами в производственных условиях на непрерывно действующей установке предварительного прессования яблок (см. рис. 1) и опытно-промышленном образце пресса А9-КПА. Предварительный отжим дробленых яблок осуществлялся при сжатии мезги между движущейся транспортной лентой и вращающимся перфорированным барабаном. Отжатый сок проходил через отверстия и стекал в поддон. Выжимки удалялись щеткой-разрыхлителем.

В экспериментах использовали сортосмесь свежих яблок либо свежие яблоки сортов Ренет бергамотный и Ренет Симиренко. Степень повреждения клеток исследуемого сырья характеризовалась показателем φ_k , определяемым по методике Б. Л. Флауменбаума.

Качественные и физико-химические показатели полученного сока определяли по средним пробам в соответствии с действующими методиками инструкций и ГОСТов.¹

Определение условного содержания сока в сырье $G_{\text{усл}}$ проводилось одновременно с остальными экспериментами. Навеску прессовали в перфорированном цилиндре при давлении $4,0 \text{ Мн/м}^2$. Продолжительность повышения давления составляла 0,5 часа, а общая длительность

прессования до прекращения соковыделения — около 1,5 часов.

Экспериментам предшествовало установление характера распределения опытных данных. Полученное значение критерия Колмогорова (0,73) свидетельствует об отсутствии существенных отклонений в распределении экспериментальной совокупности от нормального закона.

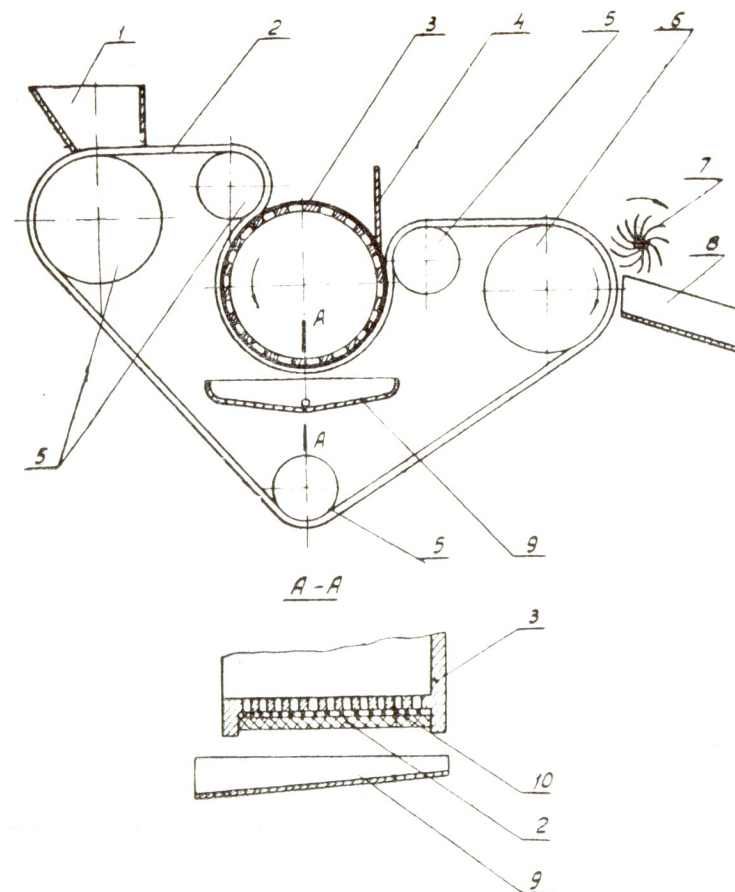


Рис. 1. Установка для предварительного прессования измельченных яблок:

1 — загрузочный бункер; 2 — транспортная лента; 3 — перфорированный барабан; 4 — скребок; 5 — направляющие барабаны; 6 — приводной барабан; 7 — щетка-разрыхлитель; 8 — лоток; 9 — поддон для сбора сока; 10 — сетка.

¹ Определение качественных и физико-химических показателей сока проводилось сотрудниками технологического отдела УкрНИИКП под руководством З. П. Камневой.

Установлено, что принятая повторность экспериментов, равная 5-ти, обеспечивает отклонение среднего значения экспериментальной выборки от среднего значения генеральной совокупности в пределах $\pm 1,68\%$ с 95% достоверности.

II. Результаты исследования процесса соковыделения из измельченных яблок в прессовой камере

Для оценки эффективности процесса прессования продукта в камерном прессе целесообразно иметь сведения о количестве сока, который может быть получен из данного вида мезги методом отжима. Поскольку сам по себе метод прессования принят нами как условный способ получения сока, выделившееся при этом количество жидкой фазы является «условным содержанием сока в сырье» $G_{\text{усл.}}$. Таким образом, под $G_{\text{усл.}}$ следует понимать такое количество жидкости, которое выделяется в процессе однократного отжима при допуске высоко (по условиям выдавливания мезги) конечном давлении прессования, незначительной скорости его повышения и продолжительности процесса, определяемой по прекращении соковыделения.

Среднее арифметическое значение условного содержания жидкой фазы $G_{\text{усл.}}$ в мезге, полученной после однократного измельчения яблок на дробилке КДП-3М (показатель степени повреждения клеток сырья $\varphi_k = 0,67 \div 0,71$), по данным экспериментов, проведенных на протяжении полного сезона переработки яблок, составило 70,7% первоначальной массы сырья или 67% объема (без учета не извлекаемой прессованием жидкости). Среднее квадратичное отклонение при этом составляло 2,2%.

Влияние давления прессования на изменение объема продукта и количество извлекаемого сока

Прессование измельченных яблок в камере с подвижной стенкой отличается от других видов прессования относительным сдвигом слоев. Экспериментальные кривые изменения относительного объема V_p/V_0 в зависимости от P представлены на рис. 2. Значение V_p для каждого опыта определяли после того, как сокоотдача прекращалась, V_0 — первоначальный объем продукта.

Характер кривой 1 позволяет условно разделить процесс на два этапа. Первый (при $P < 0,2$ Мн/м²) характерен переформировкой структуры сжимаемого продукта, объем которого при этом резко уменьшается. Скелетная структура образует более компактную систему, и происходит интенсивное вытеснение воздуха и межскелетной жидкости. Во втором этапе (при $P > 0,2$ Мн/м²) можно предполагать изменение объема скелетной фазы, сопровождающееся вытеснением оставшегося межскелетного сока и воздуха.

Рассматривая исследуемый продукт как трехфазную систему, первоначальный объем мезги можно выразить так:

$$V_0 = V_p + V_{\text{с. извл.}} + \Delta V_p, \quad (1)$$

где V_p — объем сжатого продукта при давлении P ;

$V_{\text{с. извл.}}$ — объем извлеченного сока;

ΔV_p — дефицит объема, учитывающий деформацию каркаса, удаление воздуха и сжатие остатка воздуха.

Для любого конечного давления прессования P можно представить V_p следующим образом:

$$V_p = V_{p_{\text{усл.}}} + F_{(P)}, \quad (2)$$

где $V_{p_{\text{усл.}}}$ — объем спрессованного продукта при определении $G_{\text{усл.}}$;

$F_{(P)}$ — разница между объемами V_p и $V_{p_{\text{усл.}}}$.

На основе графика $V_p/V_0 = f_{(P)}$, имеющего асимптотический характер, относительный объем спрессованного продукта для давлений от 0,2 до 2,5 Мн/м² можно определить из уравнения

$$\frac{V_p}{V_0} = \frac{V_{p_{\text{усл.}}}}{V_0} + \frac{B}{C + P}, \quad (3)$$

где B и C — постоянные.

Для исследованного продукта (свежие яблоки сортов Ренет бергамотный и Ренет Симиренко с $\varphi_k = 0,67 \div 0,71$) уравнение (3) при $P = 0,2 \div 2,5$ Мн/м² имеет вид

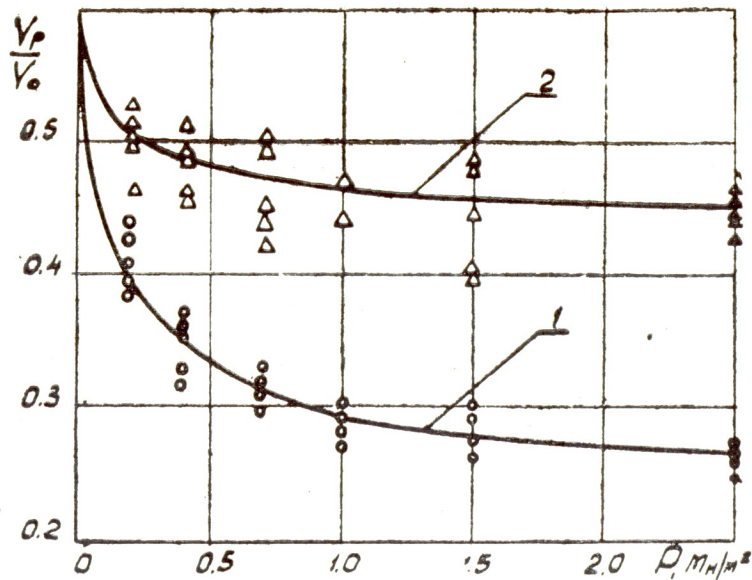


Рис. 2. Изменение относительного объема в зависимости от давления прессования:
1 — одностадийный режим прессования; 2 — прессование предварительно отжатой мезги (в этом случае V_0 — объем предварительно отжатой мезги)

$$\frac{V_p}{V_0} = 0,24 + \frac{0,07}{0,22 + P} \quad (4)$$

где P — давление прессования, Мн/м^2 .

Среднее отклонение расчетной величины V_p/V_0 , определенной по уравнению (4), от фактических значений, полученных при проведении экспериментов, составляет 4,4%.

Учитывая, что величина ΔV_p при давлениях выше $1,0 \text{ Мн/м}^2$ стабилизируется и равна 8,5%, и принимая во внимание уравнение (1), после некоторых преобразований получим:

$$\frac{V_{\text{с.извл.}}}{V_0} = 0,675 - \frac{0,07}{0,22 + P} \quad (5)$$

или количество извлекаемого сока при давлении P

$$G_{\text{извл.}} = 70,7 - \frac{7,3}{0,22 + P} \quad (6)$$

Таким образом, для исследованного сырья в рассматриваемых нами условиях

$$G_{\text{извл.}} = G_{\text{усл.}} - \frac{7,3}{0,22 + P} \% \quad (7)$$

Используя уравнение (6), можно, например, определить необходимую величину давления прессования, при котором достигается нормируемый выход сока, равный 66% весовых. $P_{\text{min}} = 1,6 \text{ Мн/м}^2$, т. е. рабочее давление для рассматриваемого типа прессов должно быть не ниже $1,6 \text{ Мн/м}^2$. В этом случае выход сока составит 94% от его условного содержания в сырье.

Эксперименты, проведенные в производственных условиях на опытном образце непрерывно действующего камерного пресса, подтвердили справедливость полученных зависимостей. Для получения нормируемого выхода сока давление прессования в прессе должно быть доведено до $1,6-1,8 \text{ Мн/м}^2$.

Статистическая обработка результатов экспериментов также показала наличие тесной зависимости выхода сока от давления прессования. Корреляционное отношение оказалось равным 0,93.

При увеличении давления, например с $1,5 \text{ Мн/м}^2$ до $2,5 \text{ Мн/м}^2$, количество извлеченной жидкости увеличивается на 3%. При давлении до $1,0 \text{ Мн/м}^2$ ни в одном из экспериментов не удалось получить удовлетворительный процент извлеченного сока.

Изучение динамики извлечения сока показало, что основная масса сока (около 80% от $G_{\text{усл.}}$) извлекается в течение первой минуты процесса при $P < 0,2 \text{ Мн/м}^2$, что говорит в пользу двустадийного прессования. При давлениях 0,2 и $2,5 \text{ Мн/м}^2$ разница в количестве извлеченного сока за время повышения давления до его заданного значения невелика и составляет примерно 10% от $G_{\text{усл.}}$.

Качественные показатели и химический состав сока, полученного после прессования дробленых яблок в камере с повышением давления до 2,5 Мн/м², почти не изменяются.

Выход сока при давлении Р может быть определен по формуле

$$G_{извл} = G_{усл} - k_p \frac{F_{(p)}}{V_0} 100 \% , \quad (8)$$

где $G_{усл}$ — условное содержание сока в мезге по отношению к первоначальной ее массе, %;

k_p — отношение объемной массы сока к объемной массе мезги.

Из выражения (8) следует, что выход сока зависит от качества сырья и его дробления, а также от конечного давления прессования. При сравнении уравнений (8) и (7) видно, что функция $F_{(p)}$ определяется некоторым количеством неизвлеченной жидкости, которая остается в выжимках. Общее количество извлеченной жидкости после прессования сырья в камере составляет разницу между условным содержанием сока в сырье и неизвлеченным остатком жидкой фазы.

Проведенные эксперименты позволили установить значения функций сжимаемости прессуемого продукта и его способности к сокоотдаче. Сжимаемость исследуемого продукта $\Theta_{(p)}$, представляющая собой отношение конечной и начальной высот слоя, оценивается выражением (4). Способность к сокоотдаче $f_{(p)}$, определяемая как относительная добавка объемного выхода жидкости при повышении давления на dP , характеризуется зависимостью

$$f_{(p)} = \frac{1}{(0,22 + p + dP)(1,12 + 9,7P)} \quad (9)$$

Определение фильтрующей способности прессуемого слоя

В процессе прессования сопротивление сжимаемого слоя фильтрованию жидкой фазы продукта не остается постоянным, а растет с увеличением Р.

Фильтрующая способность прессуемого слоя после проведения экспериментов определялась по формуле

$$\Phi_{(p)} = \frac{V}{\tau} \frac{h}{F \rho} \text{ м}^4/\text{Мн} \cdot \text{сек} , \quad (10)$$

Изменение массы полученного фильтрата во времени имеет прямолинейный характер. Угол наклона прямых зависит от величины давления, под которым проводилось предварительное прессование навески.

Математическая обработка экспериментальных данных показывает, что фильтрующая способность прессуемого слоя и давление прессования связаны между собой зависимостью вида

$$\Phi_{(p)} = a p^b + d , \quad (11)$$

где a , b и d — постоянные, определяемые экспериментально.

Так, для мезги из свежих яблок сортов Ренет бергамотный и Ренет Симиренко с $\varphi_k = 0,67-0,71$ обработка опытных данных методом наименьших квадратов позволила получить следующее уравнение:

$$\Phi_{(p)} = (2,578 p^{-0,6516} - 0,1165) \cdot 10^{-6} . \quad (12)$$

Среднее значение отклонений экспериментальных данных от расчетной величины $\Phi_{(p)}$ по уравнению (12) составило 10,53%.

Опытным путем установлено, что сопротивлением дренажной перегородки по сравнению с сопротивлением фильтрованию, оказываемым прессуемым слоем продукта $1/\Phi_{(p)}$, можно пренебречь.

Влияние скорости изменения давления на величину сокоотдачи

Скорость изменения давления существенно сказывается на количестве жидкости, извлекаемой из прессуемого продукта. Максимально возможный выход сока

при ограниченной продолжительности процесса в камерном прессе может быть достигнут в том случае, когда режим прессования обеспечивает соответствие между выделением сока и сжатием продукта. Это объясняется тем, что выделяющийся при прессовании сок должен фильтроваться через пористый слой нижележащего продукта, фильтрующая способность которого с повышением давления уменьшается, поэтому соковыделение следует рассматривать как совокупность процессов уплотнения прессуемого продукта и фильтрации вытесняемого при этом сока.

Статистическая обработка результатов проведенных экспериментов позволила установить тесную зависимость выхода сока от продолжительности повышения давления. Корреляционное отношение оказалось равным 0,73. В исследуемых пределах извлечение сока имеет максимум при изменении продолжительности повышения давления в диапазоне 55–65 секунд. Во всех случаях основная масса сока выделяется при повышении давления, когда сопротивление прессуемого слоя еще незначительно.

Рациональная продолжительность повышения давления до его заданного значения, которая обеспечивает максимально возможное извлечение жидкости (при ограниченном времени всего процесса), определялась нами также расчетным путем.

Дробленые яблоки по консистенции представляют собой трехфазную систему, состоящую из твердого вещества, жидкости (сока) и воздуха. Твердое вещество системы гипотетически представляется скелетом, внутри которого расположены остальные фазы. Учитывая незначительную толщину начального слоя продукта, можно условно считать, что давление в скелете при каждом давлении прессования равномерно распределено по высоте слоя. В связи с этим приняты следующие допущения:

- а) в каждый момент времени пористость продукта одинакова по высоте слоя;
- б) давление в жидкой фазе продукта изменяется от максимума, равного P у поршня, до 0 у решетки.

Уравнение Козени-Кармана, описывающее процесс фильтрации через слой постоянной высоты h , выглядит так:

$$\frac{V}{\tau} = \xi_{(\varepsilon)} \frac{\kappa}{\mu} \cdot \frac{\Delta q}{h} \cdot F, \quad (13)$$

где $\xi_{(\varepsilon)} = \frac{\varepsilon^3}{1 - \varepsilon}$;

V — объем фильтрата;

τ — время фильтрации;

ε — пористость слоя;

κ — постоянная;

μ — динамическая вязкость жидкой фазы;

Δq — перепад давлений;

F — площадь поперечного сечения.

На основе допущения «а» $\xi_{(\varepsilon)}$ зависит от сжимаемости прессуемого материала и характеризует фильтрующую способность прессуемого слоя $\Phi_{(P)}$. Обозначив

$$\xi_{(\varepsilon)} \frac{\kappa}{\mu} = \Phi_{(P)}, \quad (14)$$

путем преобразований для давления под поршнем P получено выражение

$$P = \frac{1}{\Phi_{(P)}} \cdot \frac{f_{(P)} dP}{d\tau} \cdot \frac{h^2}{2}, \quad (15)$$

где $\int_{(P)} dP = \frac{V_{извл. P+dP} - V_{извл. P}}{V_{извл. P}} \quad (16)$

— способность продукта к сокоотдаче.

При теоретическом исследовании процесса получена зависимость давления жидкой фазы q_h от высоты слоя, которая имеет параболический характер:

$$q_h = 2P \left(\lambda - \frac{\lambda^2}{2} \right), \quad (17)$$

где $\lambda = h/N$ — относительная высота слоя продукта.

Для обеспечения равенства расхода фильтрата и притока выделяемой при повышении давления свободной жидкости в работе получено значение необходимой скорости повышения давления прессования:

$$\frac{dP}{d\tau} = \frac{2P}{H_0^2} \cdot \frac{\Phi_{(P)}}{[\Theta_{(P)}]^2 \cdot f_{(P)}}, \quad (18)$$

где H_0 — начальная высота слоя прессуемого продукта.

Таким образом, скорость повышения давления обратно пропорциональна H_0^2 , что согласуется с теорией прессования водонасыщенных дисперсных систем и говорит в пользу прессования в камере с подвижной стенкой в тонком слое. Сжимаемость прессуемого материала $\Theta_{(P)}$, способность к сокоотдаче $f_{(P)}$ и фильтрующая способность слоя $\Phi_{(P)}$ — функции давления, зависящие от степени зрелости сырья, вида его измельчения, степени повреждения клеток и т. д., определяются экспериментально.

Уравнение (18) решали относительно τ после подстановки найденных экспериментально значений $\Theta_{(P)}$, $f_{(P)}$ и $\Phi_{(P)}$. Интеграл находили с помощью электронно-вычислительной машины «Минск-22». Полученное значение τ для $P_0 = 0,15$ Мн/м² и $P = 1,8$ Мн/м² составляет 59,6 сек. Ошибка вычислений $\pm 0,01\%$.

Влияние вида измельчения сырья и степени повреждения клеток на процесс извлечения сока

Кроме сырья, однократно измельченного на дробилке КДП-3М (φ_k составляло $0,67 \div 0,71$), исследованию подвергали сырье после двойного измельчения на этой же машине ($\varphi_k = 0,63 \div 0,73$) и яблоки, измельченные на дробилке терочного типа ($\varphi_k = 0,62 \div 0,68$).

Экспериментально установлено, что характер кри-

вых извлечения сока, изменения относительного объема и фильтрующей способности прессуемого слоя одинаковы для исследованных значений φ_k . Увеличение φ_k приводит к повышению выхода сока при прессовании продукта в камерном прессе, что согласуется с результатами, полученными Б. Л. Флауменбаумом. Вместе с тем тонкое механическое дробление приводит к резкому падению фильтрующей способности и снижению выхода сока, несмотря на некоторое повышение показателя φ_k . При этом повышается количество осадка в соке.

Вне зависимости от величины φ_k имеет место резкое уменьшение относительного объема прессуемого продукта (до 50—55%) при $P < 0,2$ Мн/м², сопровождающееся обильным соковыделением. Фильтрующая способность прессуемого слоя при этом очень высокая.

Для расчета размеров проектируемых прессов, количества получаемой выжимки, расхода воздуха и других параметров можно рекомендовать принимать объемную массу выжимки в интервале от 1400 до 1250 кг/м³ в зависимости от давления прессования и количества извлеченного сока. Объемную массу исходного сырья следует принимать: для яблок, измельченных на дробилке КДП, — 900—1000 кг/м³; для яблок, измельченных терочной поверхностью, — 850—875 кг/м³.

В результате проведенных нами опытов не удалось выявить какого-либо заметного положительного эффекта от совместного прессования измельченных яблок с плодоножками вишен и черешен. Величины выхода сока, изменения относительного объема и фильтрующей способности слоя были такими же, как и при прессовании мезги без добавочного материала.

Двустадийный режим прессования сырья

Значительное уменьшение объема прессуемого продукта на первом этапе процесса, сопровождающееся обильным вытеснением межклеточной жидкости, потребовало проверить целесообразность двустадийного прессования.

Предварительный отжим мезги в лабораторных условиях осуществляли в перфорированном цилиндре. Давление прессования составляло $0,1 \div 0,15$ Мн/м². В производственных условиях такие эксперименты проводили

на непрерывно действующей установке ленточного типа (см. рис. 1), конструкция которой позволяла изменять давление и продолжительность прессования. Скорость движения ленты, равная 0,115 м/сек., соответствовала длительности процесса 4 сек. При этом на испытываемой установке было получено примерно 40,0% сока по отношению к первоначальной массе мезги. Показатель степени повреждения клеток сырья составлял 0,67–0,71. Относительный объем продукта после предварительного отжима был равен 0,773, что соответствует давлению прессования 0,05–0,1 Мн/м². Прессование более 15–20 сек. не приводило к ощутимому повышению выхода сока. При скорости движения ленты свыше 0,115 м/сек. в полученном соке наблюдалось значительное содержание осадка (свыше 4,0%).

Последующее прессование выжимок проводили на лабораторном прессе. Объемная масса продукта, подлежащего повторному отжиму, составляла 980–1050 кг/м³. Незначительное изменение V_p/V_0 в процессе повторного прессования (см. рис. 2, кривая 2) свидетельствует о закончившейся переформировке скелета продукта и значительном удалении газообразной фазы при предварительном отжиме.

Общий выход сока после прессования по двустадийному режиму определяли по формуле

$$G_{\text{общ.}} = G_1 + G_2 - \frac{G_1 \cdot G_2}{100} \% \quad (19)$$

где G_1 — выход сока при предварительном отжиме, %;
 G_2 — выход сока при повторном отжиме, %.

Экспериментально установлено, что $G_{\text{общ.}}$ на 3–4% больше, чем при контрольном однократном прессовании мезги в пакетах для тех же значений P . Контрольные опыты проводили на лабораторном гидравлическом прессе.

Сок, полученный после двустадийного прессования, по качеству и химическим показателям не отличается от сока, полученного на пакпрессе.

III. Предложения и рекомендации по работе прессового оборудования

Методика оценки работы прессового оборудования

Выход сока зависит не только от используемого прессового оборудования и режима его работы, но также от сорта и состояния перерабатываемого сырья и его подготовки к прессованию. Поэтому оценка работы прессового оборудования по абсолютному выходу, существующая в практике, недостаточно объективна.

Поскольку выход сока зависит также от давления и способа прессования, для оценки работы прессового оборудования по выходу необходимо сопоставлять фактический выход Φ с условно предельным P при одинаковом давлении прессования, нормативном технологическом процессе его и одинаковой мезге.

Относительный выход φ , рекомендуемый для оценки работы прессового оборудования, равен:

$$\varphi = \frac{\Phi}{P} \cdot 100 \% \quad (20)$$

В проведенных экспериментах общее количество полученного сока измерялось после прекращения соковыделения и стабилизации уплотнения прессуемого слоя, поэтому его можно считать условно предельным для данного P .

Характер зависимости условно предельного выхода от P указывает на незначительное его повышение, когда $P > 2,0$ Мн/м², что позволяет при определении P ограничиться этим давлением.

Если φ близок к 100 или выше его, то это указывает на высокое качество работы прессового оборудования.

Для установления P в работе рекомендуются технология его получения и прибор, доступные в использовании на заводах и пунктах первичной переработки сырья.

Предложения по схеме прессования

Приведены разработанные технологические требования на проектирование агрегата для получения плодовых соков. Предлагаемое непрерывно действующее обо-

рудование предусматривает двустадийный отжим мезги. Предварительное прессование осуществляется на ленточном прессе, а повторное — в камерном. Конструкции прессов защищены авторскими свидетельствами № 150081 и № 275033.

На новом оборудовании по сравнению с пакетным прессом 2П-41, серийно выпускаемым отечественной промышленностью, производительность труда на одного рабочего увеличивается в 5 раз, при этом полностью ликвидируются ручные операции и улучшаются санитарные условия. Проектируемый выход сока равен 94,0—95,0% от его условного содержания в мезге, что составляет 68—70% от массы исходного сырья при обычной его подготовке ($\varphi_k \approx 70\%$).

Выводы

1. Анализ существующих способов прессования и многолетний опыт эксплуатации оборудования для получения яблочного сока показали, что наиболее высокое качество и максимальный выход его достигаются при прессовании мезги в тонком слое. Установлено также, что этот процесс наиболее целесообразно проводить в прессах камерного типа.

2. В результате выполненных исследований разработаны оптимальные режимы прессования яблочной мезги и предложена принципиальная схема рациональной конструкции оборудования для их реализации, которая обеспечивает:

- а) непрерывность процесса,
- б) кратковременность цикла прессования,
- в) полную механизацию основных и вспомогательных операций.

Предложенное оборудование для извлечения сока из дробленых яблок защищено авторскими свидетельствами № 150081 и № 275033.

3. В результате теоретического исследования процесса соковыделения в прессах камерного типа получен общий вид уравнения, связывающего количество извлекаемой жидкости, качество и подготовку сырья и режим прессования. Установлено, что извлечение сока из дробленых яблок прессованием следует рассматривать как совокупность процессов уплотнения структуры сжимае-

мого слоя и фильтрации вытесняемой при этом жидкости.

4. Оптимальный (по выходу сока) режим прессования (максимальное давление и скорость его повышения) может быть определен для любого вида сырья из зависимостей, выведенных аналитическим путем при наличии следующих опытных данных: относительного извлечения сока, способности к сокоотдаче, сжимаемости и фильтрующим свойствам прессуемого продукта.

Результаты сопоставления расчетного времени повышения давления на одном из сортов яблочного сырья показали удовлетворительную сходимость с экспериментальными данными.

5. Теоретически установлено, что оптимальная скорость повышения давления обратно пропорциональна квадрату начальной толщины слоя продукта. Это согласуется с теорией и опытными данными прессования водонасыщенных дисперсных систем и подтверждает целесообразность прессования продукта в тонком слое.

6. Экспериментально установлено, что разрыхление слоя выжимок толщиной 15—20 мм и их повторное прессование дают возможность дополнительно получить примерно 2% сока от исходной массы сырья.

7. В результате изучения динамики извлечения сока из яблочной мезги установлено, что процесс прессования может быть условно разделен на два этапа:

— на первом этапе при низком давлении в течение короткого промежутка времени происходит обильное выделение сока;

— на втором этапе извлечение сока из сырья достигается за счет значительного увеличения давления и продолжительности прессования. Здесь зависимость выхода сока от давления с известным приближением описывается уравнением вида

$$G = A - \frac{B}{C + P}$$

где A , B и C — постоянные, определяемые экспериментально и зависящие от состояния и физико-механических свойств продукта.

8. Экспериментально подтверждена целесообразность двухстадийного прессования яблочной мякоти с промежуточным рыхлением. На первой стадии давление должно быть доведено до $0,15 \text{ Мн/м}^2$ при продолжительности прессования 15–20 секунд, а на второй — до $1,6–1,8 \text{ Мн/м}^2$ при длительности процесса 180 сек.

Выход сока на опытной непрерывно действующей установке для предварительного отжима мякоти составил 40% от исходной массы сырья. После повторного прессования предварительно разрыхленной мякоти выжимок получен общий выход сока, равный 70–72%.

Химико-технологические показатели полученного сока соответствуют требованиям действующих МРТУ.

9. Оценка работы прессового оборудования должна проводиться по относительному выходу сока, представляющему собой отношение фактического выхода к условно предельному. Условно предельный выход сока может быть определен с помощью разработанного нами прибора и методики.

10. В результате проведенных исследований разработаны и рекомендованы промышленности технологические требования на проектирование агрегата для двухстадийного прессования яблочной мякоти с целью получения максимального выхода сока высокого качества.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Морозов Н. В., Ольшевский А. П. Время прессования дробленых яблок в прессовой камере с подвижной стенкой. «Известия вузов СССР. Пищевая технология», 1971, № 2.
2. Морозов Н. В., Ольшевский А. П. Соковыделение при прессовании дробленых яблок в закрытой камере. «Известия вузов СССР. Пищевая технология», 1971, № 1.
3. Морозов Н. В., Ольшевский А. П. Оценка работы прессового оборудования. «Консервная и овощесушильная промышленность», 1970, № 8.
4. Штейнберг Р. В., Ольшевский А. П., Любимова Л. Д. Прессование плодово-ягодной мякоти. Сб. «Пищевая промышленность (консервная, овощесушильная и пищекокцентратная)», 1963, № 9.
5. Штейнберг Р. В., Ольшевский А. П., Любимова Л. Д. Прес безперервної дії для виготовлення плодово-ягідних соків. «Харчова промисловість», 1963, № 2.
6. Штейнберг Р. В., Ольшевский А. П., Любимова Л. Д. Описание к авторскому свидетельству № 150081 «Пневматический камерный пресс непрерывного действия для отжима дробленых плодов и винограда». Бюллетень изобретений и товарных знаков, 1962, № 18.
7. Ольшевский А. П. Описание к авторскому свидетельству № 275033 «Устройство для извлечения сока из плодово-ягодной мякоти». Бюллетень изобретений и товарных знаков, 1970, № 22.

Результаты исследований доложены и обсуждены:

- 1) На XXXVIII отчетной научной конференции ОТИПХП в 1969 г.;
- 2) на XXXI научной конференции ОТИ им. М. В. Ломоносова, посвященной 100-летию со дня рождения В. И. Ленина, в 1970 г.