

Автор ер.

Л 94

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

На правах рукописи

ЛЯЛИНА ИРИНА АНАТОЛЬЕВНА

УДК 664.653.1

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СМЕШЕНИЯ И ПЛАСТИКАЦИИ  
ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА ПРИ ДВУХСТАДИЙНОМ ЗАМЕСЕ

Специальность 05.18.12 -- процессы, машины и агрегаты  
пищевой промышленности

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Одесса -- 1990

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

Научный руководитель: кандидат технических наук,  
доцент Козлов В.Г.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,  
профессор Мачихин С.А.

кандидат технических наук,  
доцент Моргунов В.А.

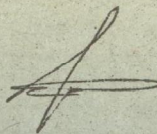
Ведущая организация НПО "Пищепромавтоматика" (г. Одесса).

Защита состоится "26" апреля 1990 г. в 13 часов  
на заседании специализированного совета Д 068.35.01 в  
Одесском технологическом институте пищевой промышленности  
им. М.В. Ломоносова по адресу: 270039, г. Одесса, ул. Свердло-  
ва, 112.

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

Автореферат разослан "23" марта 1990 г.

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

 Е.Г. Кротов

v.016673

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

ОНАХТ 02.07.12  
Совершенствование пр



v016673

Автограф  
LWA \$ 11

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В настоящее время в отрасли нет серийно выпускаемых высокоэффективных тестопрigотовительных агрегатов непрерывного действия. Эксплуатируемые на предприятиях агрегаты ХТР давно не выпускаются, а серийные бункерные агрегаты полунепрерывного действия типа ХТА обладают значительными недостатками. Эти агрегаты оснащены одинаковыми тестомесильными машинами, осуществляющими замес в плотных слоях и в одинаковых режимах, при отсутствии регулирования режима обработки. В них нет деления рабочего процесса на предварительное смешение и окончательный замес. Однако требования, предъявляемые к этим процессам, различаются на различных стадиях тестопрigотовления.

Задачи повышения технического уровня и увеличения выпуска оборудования для пищевой промышленности, в том числе и хлебопекарной, поставлены в число первоочередных в программе модернизации отечественного машиностроения. Их решение не может быть осуществлено без должного научного обоснования рабочих процессов, протекающих, в частности, на стадии тестопрigотовления.

Пшеничные среды, используемые в хлебопечении, являются гетерогенными дисперсными системами. Ведущее место при их переработке занимают процессы смешения и пластикации. В связи с изложенным, актуальной является разработка высокоэффективных процессов смешения и пластикации хлебного теста и создание для их реализации соответствующего технологического оборудования.

Целью работы является совершенствование процессов смешения брикетов пшеничного теста и его пластикации на основе смешанных потоков и деформации теста в тонких

...венной цели необходимо решить сле-

...х масс в традиционных

...сти в кана-

...для смеше-


...вершить книгу не лишне зазначеного термину.

ния компонентов рецептуры в разреженных потоках и исследовать рабочий процесс в нем;

— изучить влияние видов деформации при замесе и режимов тонкослойной прокатки теста на его реологические и технологические свойства;

— провести промышленную апробацию месильного оборудования, реализующего смешение в разреженных потоках и пластификацию в тонких слоях, рассчитать экономическую эффективность от внедрения результатов работы в производство.

Научная новизна работы состоит в теоретическом и экспериментальном обосновании эффективных способов и режимов переработки хлебопекарных сред в тестомесильном оборудовании.

На защиту выносятся следующие научные положения:

— математическое описание гидродинамики вязкой жидкости в каналах конусных распылителей с разработкой устройства для предварительного смешения компонентов рецептуры хлебного теста в разреженных потоках;

— экспериментальное обоснование способов и режимов эффективного смешения полуфабрикатов и теста;

— исследование закономерностей изменения реологических и технологических свойств теста при разных видах деформационного воздействия в процессе замеса, которые могут быть использованы для установления оптимальных режимов пластикации теста и конструктивных схем месильно-пластицирующих машин.

Практическое значение и реализация работы

Практическое значение работы заключается в том, что на основании теоретических разработок создано устройство для гомогенизации хлебного теста, основанное на центробежном смешении компонентов в разреженных потоках (а.с. № 1472018). Предложены математические описания, пригодные для конструкторских расчетов и определения энергозатрат на процесс распыла в центробежных конических распылителях жидкости. На их основе разработаны соответствующие методики расчета.

На Николаевском хлебокомбинате осуществлены производственные испытания быстроходного роторного смесителя, предназначенного для получения смеси в разреженных потоках. В условиях Одесского хлебозавода № 4 проведены опытно-промышленные испытания месильно-пластицирующей машины, основанной на принципе сдвиговой деформации теста в тонких слоях. Ожидаемый эконо-

номический эффект от внедрения результатов работы на линии средней мощности составит 12,3 тыс. рублей в год.

Апробация работы. Основные результаты работы доложены на Всесоюзной конференции "Пути интенсификации технологических процессов и оборудования в отраслях агропромышленного комплекса" г. Москва, 1988 г.; на заседаниях Всесоюзного семинара "Интенсификация и автоматизация технологических процессов обработки пищевых продуктов" г. Москва, февраль 1988, май, декабрь 1989 г.; республиканской научно-технической конференции "Совершенствование техники и технологии в пищевой промышленности и общественном питании" г. Кутаиси, 1988 г.; отчетных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава и научных сотрудников ОТИП им. М.В. Ломоносова г. Одесса, 1986-1989 гг.

Публикация результатов. По материалам диссертационной работы опубликовано 10 печатных работ, в том числе авторское свидетельство.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 131 странице машинописного текста и содержит 35 рисунков, 15 таблиц, 10 приложений. Список литературы включает 183 наименования, в том числе 38 иностранных.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первом разделе проведен анализ аппаратурно-технологических систем тестоприготовления, функциональных классификаций тестомесильных машин (ТММ) и механизмов рабочих процессов в них. Рассмотрены направления совершенствования процессов смешения и пластикации хлебопекарных сред.

Большой вклад в изучение названных процессов в области хлебопечения внесли С.А. Мачихин, Ю.А. Мачихин, Л.И. Пучкова, Н.Б. Углев, Р.В. Кузьминский, В.В. Щербатенко, А.Т. Лисовенко и др.; в других отраслях промышленности — Ю.И. Макаров, А.И. Зайцев, А.А. Александровский, Д.О. Битев, Ф.Г. Ахмадиев и др.

Обзор литературных источников показывает, что процесс непрерывного замеса теста целесообразно осуществлять в две стадии, при которой предварительное смешение во времени и

пространство предшествует окончательной пластикации. В практике хлебопечения эти прогрессивные направления широко не применяются, а традиционные ТМ названным требованиям не удовлетворяют.

Общим принципом повышения эффективности процесса получения пищевых дисперсных систем является достижение необходимой дисперсности, создание и поддержание в ходе технологического процесса высокой величины активной поверхности контакта фаз. Однако в хлебопечении, несмотря на легкую диспергируемость исходного сырья, эти принципы не используются, что снижает эффективность протекания типовых процессов.

Смешение хлебопекарных сред в дисперсных потоках должно осуществляться в устройствах, учитывающих их специфические особенности. Одной из них является быстрая структурируемость, значительно затрудняющая получение качественных смесей. Поэтому смешение исходных компонентов должно происходить при большой скоротечности без существенного деформационного воздействия на смесь. Эффективно реализовать этот процесс позволяют центробежные смесительные устройства. Разработка таких конструкций и условий их эксплуатации требует исследования гидродинамики потоков, определяющих эффективность смешения.

Теоретические исследования процессов пластикации показали, что их совершенствование должно проходить в направленном использовании деформационного воздействия при замесе, исключая возможность возникновения разрыва сплошности структуры материала. Одним из путей решения этой проблемы может служить тонкослойная прокатка.

Во втором разделе изложены теоретические предпосылки интенсификации процессов смешения хлебопекарных сред.

Процесс смешения распыленных потоков муки и жидкости можно рассматривать как массообменный. При этом его эффективность определяется плотностью орошения, дисперсным составом, производительностью устройства и др., которые, в свою очередь, зависят от гидродинамических условий работы распыляющего элемента смесителя. В центробежном устройстве основным элементом является распылитель жидкости, т.к. при распылении твердого компонента изменения дисперсных характеристик материала не происходит.

Теоретический анализ процессов смешения в устройствах с дисперсными потоками показал целесообразность выбора центробежного смесителя, распылитель жидкости у которого выполнен в виде пакета конусов. Возможны различные варианты движения жидкости в канале: при коаксиальном расположении конусов с параллельными образующими; в сужающемся канале с одинаковым поперечным сечением на входе и выходе и в сужающемся канале, при условии, что выходное сечение меньше входного. Наиболее приемлемыми для сред хлебопекарного производства являются первые два варианта, которые применимы для распыления вязковязких жидкостей (опар, заквасок и др.).

Впервые рассмотрено движение жидкости в коническом сужающемся по радиусу канале с постоянной площадью поперечного сечения, позволяющем стабилизировать течение и обеспечить эффективность работы устройства. При дозированном питании производительность смесителя определяется геометрическими и режимными параметрами движения жидкости в канале.

В конической, относительной системе координат  $r, \varphi, x$  рассматривали установившееся ламинарное течение вязкой жидкости при сплошном течении ее в канале. Решение искали в виде:

$$\begin{aligned} U_r &= r \sin \alpha f_1(x) \\ U_\varphi &= r \sin \alpha f_2(x) \\ U_x &= f_3(x) \end{aligned} \quad (1)$$

В первом приближении принимаем, что кориолисова сила от компонентов скорости  $U_\varphi$  и  $U_x$  значительно меньше кориолисовой и центробежной сил от  $U_r$ . Исключаем из рассмотрения одно из уравнений движения, которое дается только для определения давления, а также составляющую скорости  $U_x$  (т.к. при малом  $h$  ее величина незначительна). После соответствующих преобразований получены соотношения для вычисления составляющих относительной скорости  $U_r$  и  $U_\varphi$ :

$$\begin{aligned} U_r &= \frac{\omega^2 R \sin \alpha}{12\nu} x \left( \frac{F}{2\pi R} - x \right) \\ U_\varphi &= -\frac{\omega^3 R \sin^2 \alpha}{12\nu^2} x \left( x^3 - \frac{F}{\pi R} x^2 + \frac{F^3}{8\pi^3 R^3} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

Исходя из выражений (2) можно определить условие начала деформации профиля скорости и переход от течения с параболическим распределением (при неразрывном потоке) к движению со спутным течением в центре канала. Полученное соотношение имеет вид:

$$\frac{\omega_0}{\omega} = 1 - \frac{16,26 \cdot 10^{-4}}{\pi^4} \frac{\omega^2 \sin^2 \alpha F^4}{R^4 \nu^2} \quad (3)$$

В работе также приведены зависимости для вычисления пропускной способности расплителя, разработаны методики расчета параметров центробежных конических расплителей и энергозатрат на процесс.

Получены соотношения для вычисления основных составляющих мощности  $N_1$  и  $N_2$ . Решение покажи в виде:

$$N_1 = \frac{Q \nu^2 \rho}{2} \quad ; \quad (4)$$

$$N_2 = M_{\text{сопр}} \cdot \omega \quad (5)$$

где  $M_{\text{сопр}} = 2\pi R^2 \rho \int_0^{F/2\pi R} \nu_r \nu_\varphi dx \quad (6)$

Откуда  $N_1 = \frac{\nu_r F (\nu_r^2 + \nu_\varphi^2) \rho}{2} \quad ; \quad (7)$

$$N_2 = 1,91 \cdot 10^{-8} \frac{\rho \omega^6 \sin^3 \alpha F^7}{\nu^3 R^3} \quad (8)$$

Соотношение (8), после соответствующих преобразований, может быть представлено в безразмерном виде:

$$\frac{N_2}{\rho \omega^3 \left(\frac{F}{R}\right)^5} = 1,91 \cdot 10^{-8} \left(\frac{\omega F}{\nu}\right)^3 \left(\frac{R^2}{F}\right) \sin^3 \alpha \quad (9)$$

Анализ физико-механических свойств хлебопекарных сред позволил разработать классификацию, основанную на сочетании свойств последних и эффективных месильных устройств для их переработки.

В третьем разделе представлены объекты и методы исследования.

В работе использовали пшеничную муку высшего и первого сортов. Остальное сырье (дрожжи, соль, вода) соответствовало требованиям нормативно-технической документации.

Качество муки оценивали стандартными показателями в соответствии с ГОСТ 9404-60. Реологические свойства клейковины определяли на приборе ИДК-1 и растяжимостью. Газообразующую способность - на приборе АГ-1М.

Структурно-реологические свойства теста исследовали на ротационном вискозиметре РВ-8, экстенсографе Брабендера, валориграфе и миксографе. Эффективность смешения тестовых масс измеряли универсальным иономером ЭВ-74, по величине среднеквадратичного отклонения (СКО) концентрации хлорида натрия в пробе.

Структуру лиофилизированных проб теста изучали на растровом электронном микроскопе РЭМ-1004. Использовали гельфильтрацию глиадинов на Сефадексе Г-100 и электрофорез - на установке фирмы ЛКБ (Швеция). Общий азот определяли по модифицированной методике ВСТИ. Белки фракционировали по А.И. Ермакову. Количество связанной воды в тесте определяли эксикаторным методом.

Тесто готовили традиционными и экспериментальными способами. Качество хлеба оценивали согласно принятым в отрасли показателям.

Экспериментальные данные обрабатывали методами регрессионного анализа, используя ЭВМ ЕС-1022.

В четвертом разделе проведено экспериментальное исследование процессов смешения и пластикации сред хлебопекарного производства.

По однородности смесей определена эффективность тесто-приготовления в традиционных устройствах и в разреженных потоках. Исследовали эффективность смешения опар влажностью 41...70 %, а также однородность теста, замешенного на этих опарах. Процесс удовлетворительно описывается уравнением:

$$S = a + b/w_0 + c/w_0^2 + d/w_0^3 \quad (10)$$

Установлено, что в традиционных месильных устройствах наиболее высокая эффективность смешения предварительных полу-

фабрикатов при влажности 43...45 %, а теста на них — 45...47 %.

Оценивали эффективность смешения теста на опарах, содержащих 70...90 % муки при пропорциональном либо полном включении воды по рецептуре. Безопарное тесто рассматривалось как предельный вариант опары при полном содержании в ней муки.

Получены следующие зависимости для СКО концентрации NaCl при пропорциональном (II) и полном (I2) заливе воды в опару:

$$S_1 = 4,22 - 631,2/C_0 + 24,2 \cdot 10^3 / C_0^2 \quad (II)$$

$$S_2 = 1,62 - 231,2/C_0 + 8,76 \cdot 10^3 / C_0^2 \quad (I2)$$

Анализ данных уравнений позволил минимизировать величину СКО концентрации NaCl, соответствующую содержанию муки в опаре 80 % и полному заливу в нее воды.

Предельное усреднение смеси достигается при стабилизации СКО концентрации хлорида натрия. Однако для технологической однородности такое усреднение может быть избыточным. В работе предложен критерий технологической однородности, который представляет собой максимальное газообразование тестовой смеси при ее определенной однородности. Показано, что большее значение этот критерий имеет на стадии приготовления предварительных полуфабрикатов.

На основании теоретических исследований, для осуществления первой стадии двухстадийного замеса разработана принципиальная схема центробежного смесителя, реализующего смешение компонентов в разреженных потоках, образуемых коническим распылителем жидкости 3 и крыльчатой с гребенчатыми лопастями 5 (рис. I). При их контакте получается тестовая смесь, которая выпадает на обечайку смесительной камеры и выводится из нее при помощи зачищающей лопасти 6. Экспериментально подтверждена достоверность соотношений, предложенных для определения конструктивных и режимных параметров центробежного конического распылителя с сужающимся каналом постоянного сечения (погрешность не превышает 6 %).

Применение центробежного смесителя для получения предварительных полуфабрикатов позволяет устранить комьеобразо-

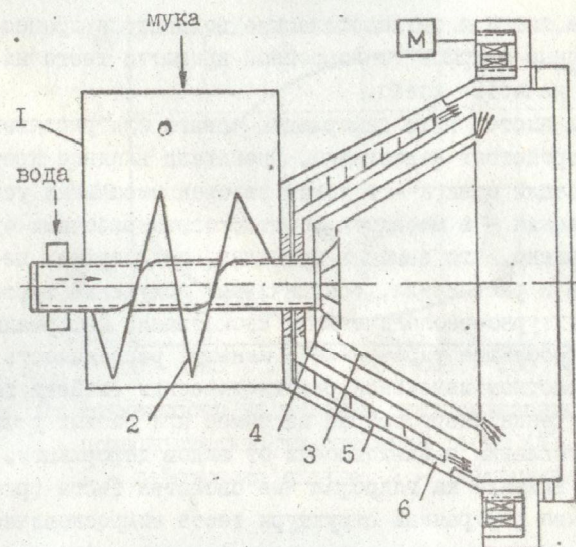


Рис. I. Принципиальная схема центробежного смесителя хлебного теста

вание и отмывку клейковины, имеющих место при использовании традиционных ТММ. Длительность смешения составляет 1...2 с, однородность получаемой смеси высокая (СКО концентрации NaCl 0,103 %). При замесе теста в традиционных устройствах близкая однородность достигается за 360 с.

Процесс распределения индикатора однородности в безопарном тесте и полученной с двухстадийным замесом, удовлетворительно описывается уравнениями:

$$S_1 = 20,9 \cdot 10^{-2} e^{(-0,47t + 5,3 \cdot 10^{-2} t^2)} \quad (I3)$$

$$S_2 = 10^{-4} (404 + 126/t - 2,7/t^2) \quad (I4)$$

В промышленных ТММ преобладает один из видов деформации — растяжение или сдвиг, которые могут быть осложнены сжатием, или проявляться в сочетании друг с другом. Влияние вида деформационной обработки теста при замесе на его свойства и качество хлеба не исследовалось

Изучено влияние вида деформации при замесе на реологи-

ческие свойства теста и технологические показатели процесса. Определено влияние режимов тонкостойной прокатки теста на его свойства и качество хлеба.

Получить в чистом виде деформацию сдвига или растяжения в месильных устройствах невозможно. Оценивали влияние преобладающих деформаций сдвига - в узких зазорах месильных устройств и растяжения - в месилках со штифтовыми рабочими органами. Установлено, что замес в месилках, реализующих деформации сдвига и растяжения, обеспечивает получение теста с различными структурно-реологическими свойствами. Деформация сдвига вызывает большее упрочнение и меньшую растяжимость при более контрастном изменении реокинетических свойств теста. Проведена оценка энергозатрат на замес при разных режимах те толприготовления в зависимости от видов деформации.

Установлено их влияние на гидрофильные свойства теста (рис.2).

Исследование внутренней структуры теста микроскопическими методами и методами биохимического анализа показало, что сдвиговая деформация обеспечивает более высокий уровень структурообразования и деструкции клейковинных белков. При этом она заметно повышает формоустойчивость подового хлеба, что особенно проявляется при двухстадийном замесе (на 50%). Выявлены значительные преимущества сдвиговой деформации в процессе переработки слабой муки (рис.3).

Определена эффективность режимов обработки теста в месильно-пластицирующей машине, обеспечивающей сдвиговую деформацию его в серповидных зазорах методом прокатки. Показано улучшение структурно-механических свойств мякиша хлеба и повышение выхода последнего на 1,5%, сопровождающееся снижением упека (на 10,5%) и усушки (в среднем на 13%). Формоустойчивость подовых изделий повышается на 11%.

В пятом разделе приведены результаты производственных испытаний месильно-пластицирующей машины и расчет ожидаемого экономического эффекта от внедрения ее в производство, который для линии средней мощности составит 12,3 тыс. рублей в год.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

I. На основе анализа аппаратно-технологических систем тестоприготовления, функциональных классификаций ТММ, механиз-

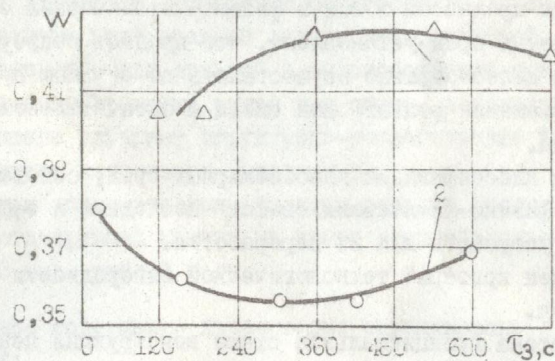


Рис. 2. Зависимость количества прочносвязанной воды (W) от продолжительности смешения теста (τ<sub>3</sub>):  
1 - деформация сдвига, 2 - деформация растяжения

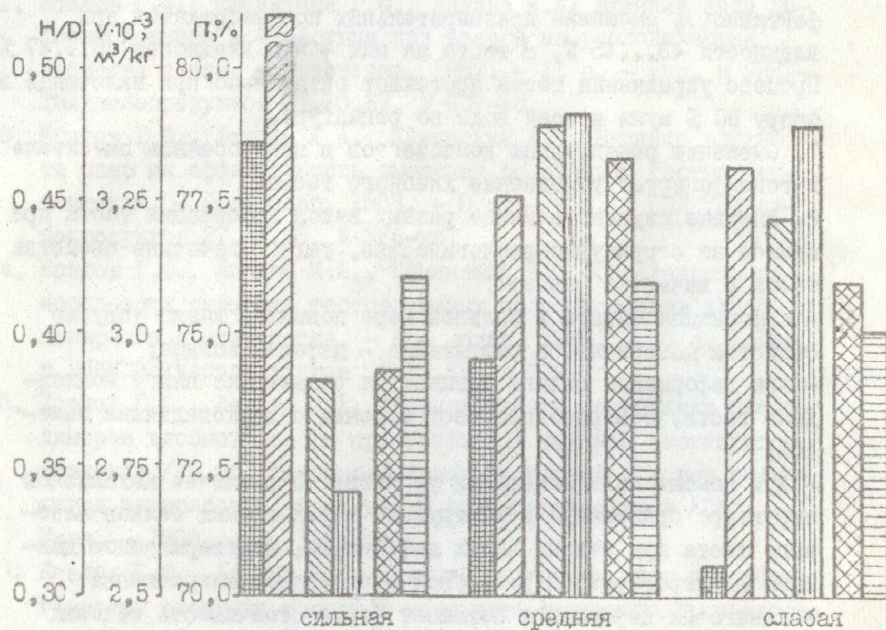


Рис. 3. Влияние вида деформации при замесе и "силы" пшеничной муки на качество хлеба

H/D V П  

- деформация растяжения  

- деформация сдвига

- мов рабочих процессов в них и физико-механических свойств перерабатываемых сред установлено, что процесс непрерывного замеса теста целесообразно осуществлять по стадиям предварительного смешения рецептурной смеси и окончательной пластикации теста.
2. Создана классификация хлебопекарных сред, основанная на сочетании физико-химических свойств последних и эффективных месильных устройств для их переработки.
  3. Предложен критерий технологической однородности хлебопекарных сред.
  4. Разработана принципиальная схема конструкции центробежного смесителя для получения смесей в разреженных потоках.
  5. Описана гидродинамика вязкой жидкости в каналах конусных распылителей, предложены методики расчета параметров центробежных конических распылителей и энергозатрат на процесс.
  6. В традиционных месильных устройствах наиболее высокая эффективность смешения предварительных полуфабрикатов при влажности 43...45 %, а теста на них - при влажности 45...47 %. Процесс усреднения теста протекает оптимально при включении в опару 80 % муки и всей воды по рецептуре.
  7. Смешение рецептурных компонентов в центробежном смесителе интенсифицирует усреднение хлебного теста.
  8. Впервые изучено влияние разных видов деформации теста при замесе на структурно-реологические, технологические свойства теста и качество хлеба:
    - деформация сдвига в большей мере повышает вязко-упругие свойства материала, а растяжения - деформационные;
    - при деформации сдвига повышается связывание влаги коллоидами теста, особенно при тестоведении с двухстадийным замесом;
    - при помощи гельфльтрации установлено различие механизмов структурообразования и деструкции клейковинных белков хлебного теста при разных видах деформации, подтвержденное данными электрофореза и растровой электронной микроскопии;
    - сдвиговая деформация повышает формоустойчивость подовых изделий и улучшает качество хлеба, особенно при переработке слабой муки и двухстадийном замесе.
  9. Особенности вида деформационного воздействия при замесе являются основанием для выбора оптимальных режимов и конст-

- рукций ТММ: сдвиговую деформацию целесообразно применять для переработки муки ниже средней силы и низкобелковой, а деформацию растяжения - для сильной и высокобелковой муки.
10. Тонкослойная прокатка теста при сдвиге в месильно-пластицирующей машине улучшает структурно-реологические свойства теста, повышает качество и выход хлеба.
11. Ожидаемая экономическая эффективность от внедрения месильно-пластицирующей машины на линии средней мощности составит 12,3 тыс. рублей в год.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. А.с. № 1472018 СССР МКИ А 21 С 1/06 Гомогенизатор хлебоного теста/Г.Ф. Козлов, И.А. Лялина, Б.Г. Звягинцев (СССР) - № 4218320/31-13; Заявл. 30.03.87; Опубл. 15.04.89, Бюл. № 14.
2. Козлов Г.Ф., Пшенишнюк Г.Ф., Лялина И.А. Влияние вида деформационного воздействия при замесе на реологические свойства теста. - Краснодар, 1987. - II с. - Деп. в ЦНИИТЭИхлебопродуктов 21.10.87, № 837-хб.
3. Козлов Г.Ф., Лялина И.А., Каминский А.Я. Влияние влажности опар на эффективность смешения по стадиям тестопритовления. - Краснодар, 1988. - 8 с. - Деп. в ЦНИИТЭИхлебопродуктов 27.01.88, № 886-хб.
4. Козлов Г.Ф., Лялина И.А., Каминский А.Я. Определение однородности смешения тестообразных полуфабрикатов хлебопекарного производства. - Краснодар, 1988. - 10 с. - Деп. в ЦНИИТЭИхлебопродуктов 03.10.88, № 977-хб.
5. Козлов Г.Ф., Лялина И.А. Интенсификация гидратации биополимеров хлебного теста при различных режимах тестопритовления // В сб. "Интенсификация процессов и новые технологии переработки, хранения и транспортировки в АПК". - Киев. - 1988. - С. 189-194.
6. Козлов Г.Ф., Лялина И.А. Влияние влажности опар на эффективность смешения тестовых масс хлеба пекарного производства // Тезисы докл. Республ. конф. "Совершенствование техники и технологии в пищевой промышленности и общественном питании". - Кутаиси. - 1988. - С. 101-103.

7. Козлов Г.Ф., Лялина И.А. Влияние режимов тестоприготовления на гидрофильные свойства хлебного теста. - Краснодар, 1988. - 13 с. - Деп. в ЦНИИТЭИ хлебопродуктов 15.11.88, № 991-хб 88.
8. Козлов Г.Ф., Лялина И.А. Теоретические проблемы гидратации биополимеров. - Краснодар, 1989. - 45 с. - Деп. в ЦНИИТЭИ хлебопродуктов 15.02.89, № 1043-хб 89.
9. Козлов Г.Ф., Лялина И.А., Трошчин О.А. Течение вязкой жидкости в конических сужающихся каналах // Соц.-экон. и науч.-техн. проблемы агропром. комплекса: Тезисы докл. обл. межвуз. науч.-практ. конф.; 9-11 окт. 1989 г. - Одесса, 1989. - С. 170.
10. Козлов Г.Ф., Лялина И.А. Критерий технологической однородности тестообразных масс хлебопекарного производства // Изв. вузов, Пищ. технология. - 1989. - № 4. - С. 28-30.

## Условные обозначения

- $C_0$  - содержание муки в опаре, %;
- $P$  - пористость хлеба, %;
- $F$  - площадь поперечного сечения канала,  $m^2$ ;
- $H/D$  - формоустойчивость подовых изделий;
- $V$  - удельный объем,  $m^3/kg$ ;
- $h$  - ширина канала, м;
- $N_1, N_2$  - мощность, необходимая на сообщение кинетической энергии распыливаемой жидкости и на преодоление сопротивлений за счет сил трения при движении жидкости вдоль по каналу между конусами, Вт;
- $Q$  - пропускная способность сужающегося канала,  $m^3/c$ ;
- $R$  - радиус конуса, м;
- $U$  - абсолютная скорость среды на кромке сброса, м/с;
- $U_x, U_r, U_\varphi$  - линейная, радиальная и окружная составляющие  $U$ , м/с;
- $w_0$  - влажность опары, %;
- $\alpha$  - половина угла раскрытия конуса, град;
- $\omega, \omega_0$  - угловая скорость вращения конуса, жидкости, 1/с;
- $\frac{N_2}{\rho \omega^3 \left(\frac{F}{R}\right)^5}$  - критерий мощности  $K_N$ .

Лялина