

Учреждение образования  
«Могилевский государственный университет продовольствия»

УДК 641.521:641.538.06

**СМАГИН ДЕНИС АЛЕКСЕЕВИЧ**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ  
КАРТОФЕЛЯ И МЯСНЫХ РУБЛЕНЫХ ИЗДЕЛИЙ  
В СРЕДЕ ПЕРЕГРЕТОГО ВОДЯНОГО ПАРА**

Специальность 05.18.12 – процессы и аппараты пищевых производств

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

Могилев, 2006

Работа выполнена в Учреждении образования «Могилевский государственный университет продовольствия»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
**Груданов Владимир Яковлевич**  
УО «Могилевский государственный университет продовольствия»,  
заведующий кафедрой «Машины и аппараты пищевых производств»

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
**Мазур Анатолий Макарович**  
УП «Плодовошпроект»,  
заместитель директора, г. Минск

доктор технических наук, доцент  
**Шуляк Виктор Анатольевич**  
УО «Могилевский государственный университет продовольствия»,  
заведующий кафедрой «Прикладная механика»

Опонирующая организация: УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
кафедра «Технология и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции»

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертации.** Одним из наиболее широко распространенных способов тепловой обработки кулинарных изделий является жарка и ее разновидности в газовых средах в условиях естественной циркуляции теплоносителя. Традиционно для этой цели применяют нагретый воздух. Однако, данный теплоноситель имеет ряд недостатков, оказывающих негативное влияние на процесс нагревания кулинарных полуфабрикатов: низкие по абсолютному значению тепловые потоки на поверхности изделий, значительное количество испаряемой влаги из обрабатываемых изделий, образование сильно уплотненной корки. Кроме того, существенным недостатком при аппаратурной реализации данного процесса является возникновение неравномерного температурного поля по объему рабочей камеры жарочных шкафов. Как результат, имеет место увеличение продолжительности тепловой обработки, что отрицательно сказывается на потребительских характеристиках готовой продукции.

Для интенсификации тепловой обработки кулинарных изделий в жарочных шкафах с естественной циркуляцией теплоносителя необходимо добиться повышения содержания влаги в греющей среде, увеличения количества подводимой теплоты без увеличения температуры греющей среды, обеспечения равномерности температурного поля по объему рабочей камеры. В этой связи особый интерес представляет перегретый водяной пар, который по своим свойствам отвечает вышеуказанным требованиям. Данный теплоноситель является дешевым, доступным и позволяет достичь высоких температур технологического процесса (до 300° С) без повышения давления выше атмосферного.

В настоящее время недостаточно изучены факторы интенсификации технологического процесса и особенности нагревания кулинарных изделий при тепловой обработке в среде перегретого водяного пара. Отсутствие комплексного подхода по изучению факторов интенсификации тепловой обработки кулинарных изделий в среде перегретого водяного пара и невозможность прогнозирования ее продолжительности, отсутствие методики выбора конструктивных элементов парожарочных шкафов не позволяют рационально осуществлять кулинарную обработку пищевых продуктов. Решение указанных задач позволит повысить эффективность тепловой обработки, приведет к повышению потребительских характеристик готовой продукции, обеспечит ритмичность производства, позволит составить рациональные графики выпуска продукции и эффективно использовать рабочую силу.

Объектами изучения являлись картофель и мясные рубленые изделия, занимающие высокий удельный вес в ассортименте продукции пищевой промышленности и общественного питания.

**Связь работы с крупными научными программами, темами.** Настоящая работа выполнена в соответствии с планом НИР на кафедре «Машины и аппараты пищевых производств», в том числе, в рамках региональной научно-технической программы "Развитие Могилевской области" по теме "Разработать и внедрить ресурсосберегающие ассортимент, технологический процесс и опытные образцы технологического оборудования для организации школьного питания" (1999 – 2001 г.); Х/Д № 98-

07 «Создание модульной линии тепловых аппаратов для предприятий массового питания» - регистрационный номер 19983489 (1998 – 2001 г.).

**Цель и задачи исследования.** Целью работы является повышение эффективности тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий за счет применения в качестве теплоносителя перегретого водяного пара и разработки методики определения продолжительности процесса.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести сравнительный анализ перегретого водяного пара и нагретого воздуха как непосредственных теплоносителей для тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий;
- разработать методику выбора конструктивных элементов парожарочного шкафа, обеспечивающую повышение эксплуатационных характеристик аппарата;
- изучить факторы, влияющие на интенсивность протекания тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий в среде перегретого водяного пара;
- исследовать процесс нагревания картофеля и мясных рубленых изделий при тепловой обработке в среде перегретого водяного пара с целью разработки методики определения продолжительности процесса;
- разработать и внедрить в производство парожарочный шкаф, встроенный в электроплиту.

**Объект и предмет исследований.** Объект исследований – процесс тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий в среде перегретого водяного пара в условиях естественной циркуляции теплоносителя и аппарат для его осуществления. Предмет исследований -- особенности протекания теплообменных процессов в картофеле и мясных рубленых изделиях при тепловой обработке в среде перегретого водяного пара и термометрические характеристики парожарочного шкафа.

**Гипотеза.** Предполагается, что применение перегретого водяного пара позволяет интенсифицировать процесс тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий. Предполагается разработать методику определения продолжительности тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий в среде перегретого водяного пара.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований выдвинутая гипотеза полностью подтвердилась. Использование перегретого водяного пара в качестве теплоносителя позволяет сократить продолжительность тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий. Законы стационарной теплопроводности однородных тел распространяются на картофель и мясные рубленые изделия, подвергаемые тепловой обработке в среде перегретого водяного пара, что позволяет разработать методику определения продолжительности исследуемого процесса.

**Методология и методы проведенного исследования.** При выполнении работы использованы теоретические и экспериментальные методы исследований, в том числе статистические (анализ, обработка экспериментальных данных и математическое описание полученных зависимостей).

### ***Научная новизна и значимость полученных результатов.***

1. Определено влияние толщины корки и температуры поверхности картофеля и мясных рубленых изделий на интенсивность протекания тепловой обработки в среде перегретого водяного пара.
2. Установлено, что законы нестационарной теплопроводности однородных тел распространяются на картофель и мясные рубленые изделия, подвергаемые тепловой обработке в среде перегретого водяного пара.
3. Получены критериальные уравнения, позволяющие рассчитать изменение температуры в центре картофеля и мясных рубленых изделий при тепловой обработке в среде перегретого водяного пара.
4. Предложена методика выбора конструктивных элементов парожарочного шкафа, обеспечивающая равномерность подачи водяного пара по площади пода и оптимальное температурное поле по объему рабочей камеры.

### ***Практическая (социальная, экономическая) значимость работы.***

1. Предложена методика, позволяющая расчетным путем определить продолжительность тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий в среде перегретого водяного пара.
2. В учебный процесс внедрен экспериментальный стенд для изучения процесса теплопередачи в паровом водонагревателе.
3. Разработаны новые конструкции парожарочных шкафов. Новизна предлагаемых технических решений защищена патентом Республики Беларусь № 7096 и положительным решением на выдачу патента Республики Беларусь.
4. Внедрен в производство парожарочный шкаф, встроенный в электроплиту ПЭМ-0,51Ш. Применение данного аппарата позволяет повысить выход, улучшить технологические и потребительские показатели готовой кулинарной продукции, снизить себестоимость производства кулинарных изделий за счет снижения удельных затрат электроэнергии, увеличить производительность труда обслуживающего персонала и получить независимость отечественных предприятий от зарубежных производителей аналогичной техники.

Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения в производство парожарочного шкафа, встроенного в электроплиту ПЭМ-0,51Ш, составляет 2326500 рублей (в ценах 2004 г.).

### ***Основные положения диссертации, выносимые на защиту.***

1. прогнозный расчет продолжительности тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий в среде перегретого водяного пара и нагретого воздуха;
2. методика выбора конструктивных элементов парожарочного шкафа;
3. новые сведения о процессе нагревания картофеля и мясных рубленых изделий при тепловой обработке в среде перегретого водяного пара;
4. критериальные уравнения, позволяющие рассчитать изменение температуры в центре картофеля и мясных рубленых изделий при тепловой обработке в среде перегретого водяного пара и, тем самым, определить продолжительность процесса;
5. результаты внедрения в производство парожарочного шкафа, встроенного в электроплиту.

**Личный вклад соискателя.** Диссертация является самостоятельной научной работой, обобщающей результаты теоретических и экспериментальных исследований, в которых автор принимал непосредственное участие.

**Апробация результатов диссертации.** Основные результаты проведенных исследований были доложены и обсуждены на Международных научно-технических конференциях «Новые технологии в пищевой промышленности» (Минск, 2002 г.); «Техника и технология пищевых производств» (Могилев, 2002 г., 2003 г., 2005 г.); «Актуальные направления развития экологически безопасных технологий производства, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» (Воронеж, 2003 г.); на VIII Республиканской научно-технической конференции студентов и аспирантов «НИРС-2003» (Минск, 2003 г.); на Международной конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств» (Могилев, 2004 г.); на Международном научно-практическом семинаре, посвященном 30-летию кафедры МАПШ Могилевского государственного университета продовольствия (Могилев, 2004 г.).

**Опубликованность результатов.** По теме диссертации опубликовано 21 работа, в том числе 3 статьи в рецензируемых изданиях, 7 статей в иных научно-производственных журналах и сборниках докладов конференций, 1 депонированная рукопись, 8 тезисов в сборниках материалов научных конференций, 1 патент Республики Беларусь, 1 положительное решение на выдачу патента Республики Беларусь. Общее количество опубликованных страниц составляет 56.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа изложена на 100 страницах машинописного текста, состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа содержит 24 рисунка и 11 таблиц. Список использованных источников включает 116 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, изложены цель и задачи исследований; отмечена научная новизна и практическая значимость исследований; приведена связь работы с крупными научными программами; обозначены объект и предмет исследований; выдвинута гипотеза; представлены выносимые на защиту основные положения.

**В первой главе** приведен анализ номенклатуры современного теплового оборудования общественного питания; описаны тепловые процессы, протекающие в пищевых продуктах при жарке и запекании; проведен обзор современного состояния аппаратного оформления процесса тепловой обработки пищевых продуктов в паровоздушных средах.

Показано, что ранее не проводилось исследований теплообменных процессов, протекающих в пищевых продуктах, с позиций учения о нестационарной теплопроводности.

Выявлено, что в настоящее время перспективным направлением конструирования технологического оборудования является разработка парожарочного шкафа, встроенного в электроплиту. Применение подобного аппарата позволяет обеспечить

весь технологический процесс тепловой обработки кулинарных изделий на объектах общественного питания с малым количеством посадочных мест.

Рассмотрены основные направления совершенствования конструкций жарочных, пекарных, пароварочных и парожарочных шкафов.

На основе всестороннего анализа литературных данных сформулирована основная цель и задачи исследований.

**Во второй главе** приведен прогнозный расчет продолжительности тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий в среде перегретого водяного пара и нагретого воздуха; предложена конструкция и методика выбора конструктивных элементов парожарочного шкафа.

Важным показателем эффективности технологического процесса производства изделий из картофеля и мясных рубленых полуфабрикатов является продолжительность тепловой обработки сырья, определяемая количеством времени, необходимого для нагревания объема заготовки до достижения температуры, определяющую кулинарную готовность. По результатам информационного поиска разработана методика прогнозного расчета продолжительности тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий заданных габаритных размеров в среде перегретого водяного пара и нагретого воздуха. За критерий кулинарной готовности принималась температура в центре изделий  $85^{\circ}\text{C}$ , что соответствует технологическим и санитарно-гигиеническим требованиям.

С точки зрения учения о теплопроводности, тепловая обработка кулинарных изделий классифицируется как переходный процесс нестационарной теплопроводности. Картофель и мясные рубленые изделия условно рассматривались как однородные тела. За модель тела принят бесконечный цилиндр (продолговатая цилиндрическая форма картофеля и мясных рубленых изделий соответствует данной форме). Теплоотдачей, поступающей от поверхности функциональной смкости, пренебрегали. Таким образом, для расчета продолжительности запекания картофеля и жарки мясных рубленых изделий можно использовать математические зависимости, характеризующие процесс нагревания однородных тел.

Уравнение, описывающее нестационарное температурное поле в однородном теле, имеет следующий вид:

$$\Theta = \sum_{n=1}^{\infty} A(\mu_n) U(\mu_n \bar{r}) e^{-\mu_n^2 Fo} \quad (1)$$

где  $\Theta$  – безразмерная температура;  $A$ ,  $U$  – табличные функции;  $\mu_n$  – корни характеристического уравнения  $\mu = \mu(Bi)$ ;  $Fo$  – число Фурье;  $Bi$  – число Био.

Для исследуемых изделий толщиной 30 мм на десятой минуте тепловой обработки  $Fo > 0,3$ , что означает наступление регулярного режима теплопроводности. При данном режиме для проведения расчетов достаточно ограничиться первым членом ряда (1). Изменение во времени безразмерной температуры  $\Theta_0$  на оси изделий  $r = 0$  после наступления регулярного режима теплопроводности описывается уравнением:

$$\Theta_0 = N(Bi) \exp(-\mu^2 Fo), \quad (2)$$

при этом

$$\Theta = \frac{t_{ж} - t}{t_{ж} - t_0}, \quad (3)$$

где  $r$  – радиус обрабатываемых изделий, м;  $N(Bi)$  – табличная функция;  $t_0$ ,  $t$ ,  $t_{ж}$  – соответственно начальная температура в центре изделия, температура в центре изделия во время нагревания и температура греющей среды, °С.

При расчете продолжительности тепловой обработки в среде перегретого водяного пара температура на поверхности изделий принималась постоянной и равной температуре насыщения конденсирующегося пара. Постоянная температура на поверхности тела соответствует  $Bi \rightarrow \infty$ , что позволяет использовать уравнение:

$$\Theta_0 = 1,606 \exp(-5,787Fo) \quad (4)$$

Расчетные данные свидетельствуют о прогнозируемом достижении кулинарной готовности картофеля и мясных рубленых изделий исследованных размеров при тепловой обработке в среде перегретого водяного пара в пределах 10...11 мин (рис. 1, 2).

При тепловой обработке в воздушной среде поверхность изделий быстро подсушивается с образованием корки, температура которой переменная и выше температуры насыщения. Для расчета продолжительности тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий в среде нагретого воздуха в связи с ранним подсушиванием внешней оболочки был введен эквивалентный коэффициент  $\alpha_{экв}$ , характеризующий теплопередачу от теплоносителя к однородной среде изделия через корку. Внешняя оболочка (корка) отнесена к окружающей (греющей) среде. Термическое сопротивление корки отнесено, таким образом, к граничным условиям. Температура подкоркового слоя принималась равной температуре насыщения, что обусловлено вскипанием свободной влаги вблизи нагретой корки. Плотность теплового потока от греющей среды к поверхности кулинарных изделий, принималась равной плотности теплового потока, передаваемого через корку к внутренним слоям изделий. В результате была получена следующая формула для определения  $\alpha_{экв}$ :

$$\alpha_{экв} = \alpha \frac{t_B - t_{пов}}{t_{пов} - t_B}, \quad (5)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи от нагретого воздуха к поверхности изделия, Вт/(м<sup>2</sup> · °С);  $t_B$  и  $t_{пов}$  – соответственно температура воздуха и поверхности, °С.

Расчет изменения температуры в центре исследуемых изделий при тепловой обработке в среде нагретого воздуха производился по уравнению следующего вида:

$$\Theta_0 = N(Bi_{экв}) \exp(-\mu_1^2 Fo), \quad (6)$$

где  $Bi_{экв}$  – эквивалентное число Био:

$$Bi_{экв} = \frac{\alpha_{экв} \times r}{\lambda}, \quad (7)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала изделия, Вт/(м · °С).

Получается ряд графических зависимостей (кривых), характеризующих изменение температуры в центре картофеля и мясных рубленых изделий при постоянной температуре на его поверхности. Величина температуры поверхности изделий изменяется от начальной до 125...130° С. Кривая изменения температуры в центре изделий в реальном технологическом процессе будет переходить с одной расчетной кри-



вой на другую, что позволяет прогнозировать наступление кулинарной готовности изделий при обработке в среде нагретого воздуха в пределах 13...24 мин (рис. 1, 2).

Таким образом, проведенные расчеты показывают, что при использовании в качестве греющей среды перегретого водяного пара можно прогнозировать значительное сокращение продолжительности тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий по сравнению с нагретым воздухом.

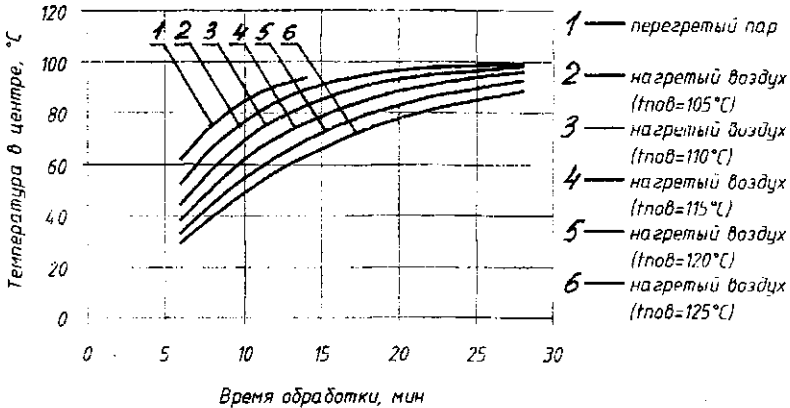


Рис. 1 – Результаты прогнозного расчета нагрева центра картофеля

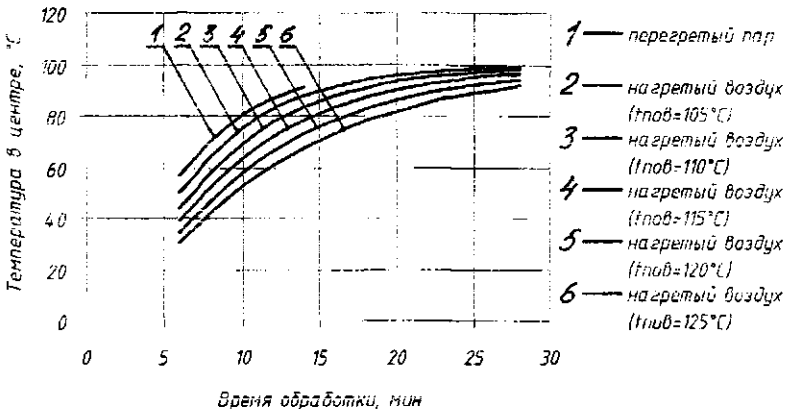


Рис. 2 – Результаты прогнозного расчета нагрева центра мясных рубленых котлет

Для аппаратурной реализации изучаемого процесса предложена конструкция парожарочного шкафа (рис. 3). Аппарат является многофункциональным, что определяется особенностями его конструкции. При включенном парогенераторе и выключенном пароперегревателе аппарат работает как пароварочный шкаф. При выключенном парогенераторе и включенном пароперегревателе аппарат работает как жарочный шкаф. При включенных парогенераторе и пароперегревателе аппарат работает в парожарочном режиме.

Геометрические размеры конструктивных элементов парожарочного шкафа подобраны по методике, реализующей свойства «золотой пропорции». Получаемый эффект – равномерная подача пара по условным кольцам парораспределительного коллектора (уравнение (8) – (10)) и выравнивание температурного поля по объему рабочей камеры (уравнение (11)). Проведенные исследования свидетельствуют об эффективности предложенной методики выбора конструктивных элементов парожарочного шкафа. Пропускная способность всех условных колец парораспределительного коллектора одинаковая, что обеспечивает равномерное распределение пара по площади пода рабочей камеры. Температурный перепад по объему рабочей камеры для перегретого водяного пара не превышает  $35^{\circ}\text{C}$ , для нагретого воздуха –  $44^{\circ}\text{C}$  при нормируемом значении  $50^{\circ}\text{C}$ .

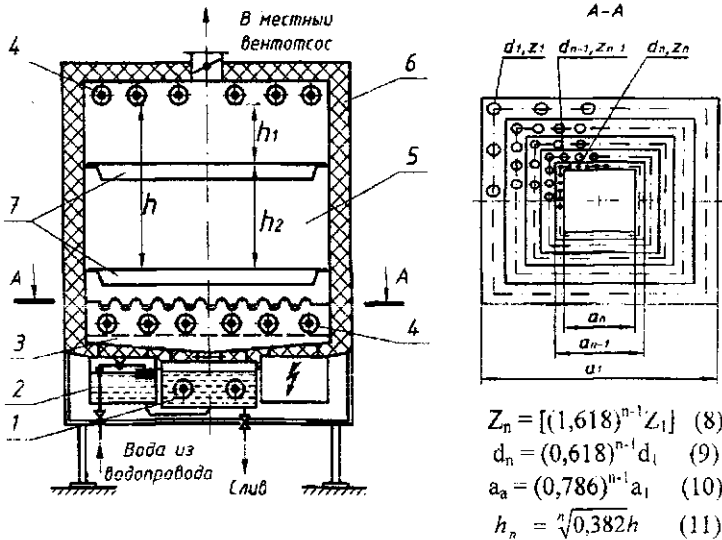


Рис. 3 – Схема парожарочного шкафа

1 – парогенератор; 2 – питатель; 3 – пароперегреватель; 4 – ТЭН; 5 – рабочая камера;

6 – корпус; 7 – противни или функциональные емкости

$Z_n$  – количество отверстий перфорированной панели (квадратные скобки обозначают целую часть числа);  $d_n$  – диаметр отверстий, мм;  $a_n$  – длина стороны условного квадратичного кольца, мм;  $h$  – высота рабочей камеры, мм;  $h_n$  – размеры составляющих высоты рабочей камеры;  $n$  – номер функциональной емкости, считая от верхней.

**В третьей главе** определены исследуемые параметры процесса; изложено описание экспериментальной установки для проведения исследований процесса тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий в среде перегретого водяного пара; описаны методика и программа исследований процесса тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий; проведен анализ погрешностей измерения.

Экспериментальный стенд состоит из парогенератора, пароперегревателя, рабочей камеры с установленным в ней U-образным трубчатым теплообменником, к поверхности которого припаяны термоэлектрические преобразователи типа ТХА, подключенные по схеме к милливольтметру. Термопары располагаются по всей ок-

ружности трубки теплообменника, что позволяет изучать теплоотдачу от греющей среды в различных точках поверхности. Диаметр трубки соответствует толщине традиционных рубленых изделий типа котлет и шницелей. Внутри теплообменника циркулирует вода, которая подается самотеком из подогреваемого питательного бака и далее поступает в приемный бак, установленный на платформе весов (рис. 4).

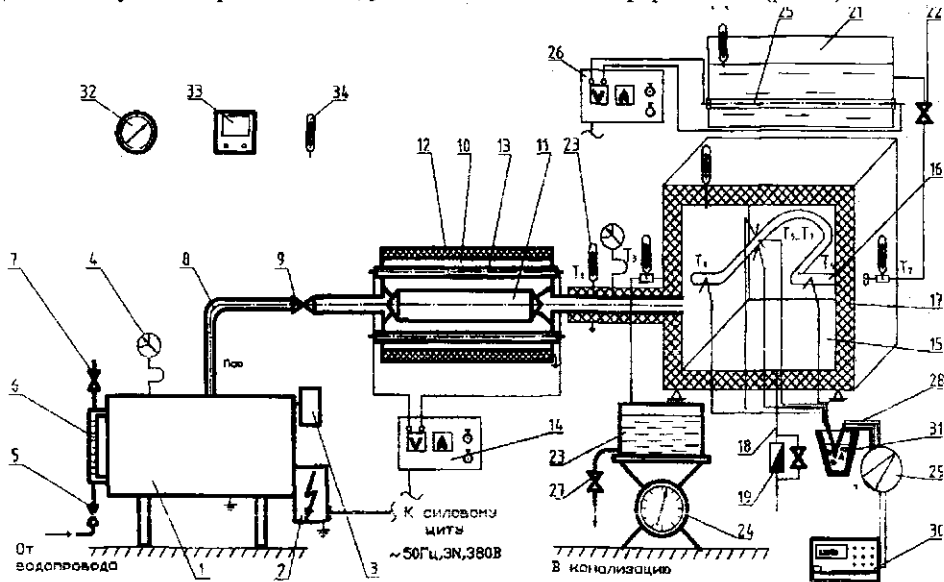


Рис. 4 – Схема экспериментального стенда

1 – парогенератор; 2 – пульт управления; 3 – предохранительный клапан; 4, 20 – манометр; 5, 7, 9, 22, 27 – вентиль; 6 – уровнемерное стекло; 8 – паропровод; 10 – пароперегреватель; 11 – обтекатель; 12 – тепловая изоляция; 13, 25 – ТЭН; 14, 26 – трансформатор; 15 – рабочая камера; 16 – теплообменник; 17 – теплоизоляция; 18 – конденсаторопровод; 19 – конденсатоотводчик; 21 – питательный бак; 23 – приемный бак; 24 – весы; 28 – термомпары; 29 – переключатель; 30 – милливольтметр; 31 – сосуд Дьюара; 32 – секундомер; 33 – барометр; 34 – термометр

Данная конструкция использовалась при исследовании процесса нагревания поверхности изделий. При проведении исследований на пищевых продуктах система питательный бак-теплообменник-приемный бак отключалась, в камеру загружалась сетчатая емкость с обрабатываемыми изделиями, в толще которых закреплялись термомпары. Измерялись изменения температуры в центре изделий и в подкорковом слое.

**В четвертой главе** представлены результаты обработки и анализ экспериментальных данных, проведена оценка адекватности расчетных зависимостей реальному процессу. При осуществлении экспериментальных исследований ставилась задача максимально возможного приближения условий проведения эксперимента к процессам, происходящих в реальных технологических аппаратах.

Результаты экспериментальных исследований по изучению продолжительности нагревания, влажности и толщины корки исследуемых изделий при тепловой обработке в среде перегретого водяного пара и нагретого воздуха приведены в табл. 1. По-

лученные данные свидетельствуют, что продолжительность тепловой обработки в среде перегретого водяного пара для мясных рубленых изделий меньше на 20...35 %, для картофеля очищенного – на 14...26 %, для картофеля в кожуре – на 12...20 % по сравнению с нагретым воздухом, что подтверждает результаты прогнозного расчета.

Влажность изделий, приготовленных в среде перегретого водяного пара, значительно выше при большей степени сохранности содержания влаги. Это свидетельствует о значительном уменьшении количества испаряемой влаги из изделий и, как результат, о высокой эффективности процесса.

Толщина корки изделий, подвергшихся тепловой обработке в среде перегретого водяного пара, уменьшается на 23,5...50 % для мясных рубленых изделий и на 38,5...65 % для картофеля по сравнению с нагретым воздухом. Уменьшение толщины корки обуславливает снижение ее термического сопротивления, что способствует лучшему проникновению теплоты во внутренние слои обрабатываемых изделий.

Таблица 1

Влияние теплоносителей на исследуемые показатели изделий из картофеля и мясных рубленых полуфабрикатов

Показатели	Перегретый водяной пар	Нагретый воздух
Продолжительность тепловой обработки, мин		
котлета мясная	9,5...10,5	13,0...14,5
картофель очищенный	15,5...16,5	19,5...21,0
картофель в кожуре	18,0...19,0	21,5...22,5
Влажность, %		
котлета мясная (полуфабрикат 44,0 %)	39,5...41,5	36,0...38,0
картофель очищенный (полуфабрикат 77,5 %)	73,0...74,5	69,5...72,0
картофель в кожуре (полуфабрикат 77,5 %)	74,5...76,0	72,0...74,0
Степень сохранности содержания влаги, %		
котлета мясная	79,5	72,0
картофель очищенный	84,5	77,5
картофель в кожуре	92,5	85,5
Толщина корки, мм		
котлета мясная	1,1...1,3	1,7...2,2
картофель очищенный	0,6...0,8	1,3...1,8

При проведении исследований процесса нагревания поверхности изделий наиболее низкая температура наблюдалась в нижней части трубки теплообменника, наиболее высокая – в верхней части. Так, при средней температуре стенки 101,5° С разность температур между верхней и нижней точками измерения составляла 6,5...7° С. Следовательно, в реальном технологическом процессе на верхних участках обрабатываемых изделий обезвоживание поверхности начнет осуществляться раньше, чем на остальной поверхности, что обусловит различную толщину и цвет корки по площади готового изделия. При этом величина теплового потока от греющей среды будет изменяться вдоль поверхности теплообмена.

Результаты исследований показывают, что при средней температуре поверхности до  $104^{\circ}\text{C}$  снижение теплоотдачи имеет крутой характер, а при больших температурах принимает пологий характер, что свидетельствует о прекращении конденсационных процессов (рис. 5). Переход к процессу теплоотдачи свободной конвекцией, с одной стороны, обуславливает снижение интенсивности нагрева изделий; с другой стороны, приводит к подсушиванию поверхности с дальнейшим образованием корки, что определяет возможность осуществления процессов жарки и запекания.

Полученные данные подтверждаются результатами исследований по изучению теплоотдачи от перегретого водяного пара к трубке теплообменника. В диапазоне температуры греющей среды до  $180^{\circ}\text{C}$  снижение теплоотдачи имеет крутой характер, а при более высоких температурах приобретает пологий, что свидетельствует о переходе от процесса теплоотдачи при наличии конденсации на поверхности к процессу теплоотдачи только свободной конвекцией (рис. 6).

Изменение характера снижения кривых на рис. 5 и 6 происходит при одинаковых значениях коэффициента теплоотдачи, что подтверждает наши предположения.

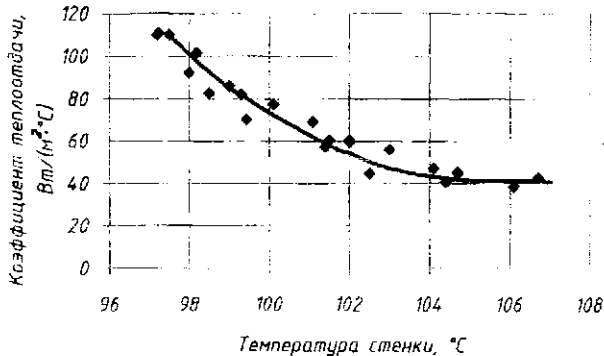


Рис. 5 - Зависимость коэффициента теплоотдачи от температуры на поверхности стенки (температура греющей среды  $200^{\circ}\text{C}$ )

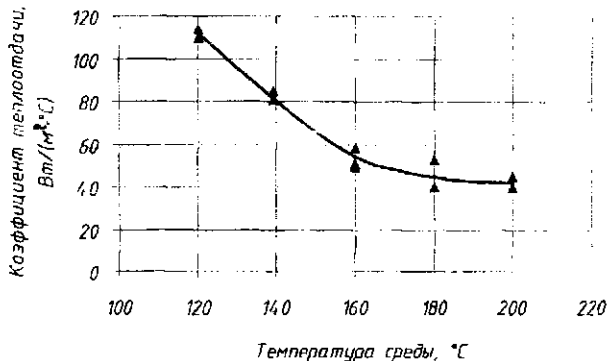


Рис. 6 - Зависимость коэффициента теплоотдачи от температуры греющей среды (средняя температура на поверхности стенки  $99...101^{\circ}\text{C}$ )

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о более высокой эффективности тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий в среде перегретого водяного пара по сравнению с нагретым воздухом. При этом сокращение продолжительности тепловой обработки обусловлено более высоким коэффициентом теплоотдачи от перегретого водяного пара к поверхности обрабатываемых изделий на начальной стадии тепловой обработки при средней температуре поверхности менее  $104^{\circ}\text{C}$  и снижением термического сопротивления корки.

Исследование особенностей нагревания картофеля и мясных рубленых изделий при тепловой обработке в среде перегретого водяного пара осуществлялось при температуре греющей среды равной  $200^{\circ}\text{C}$ .

Быстрый рост температуры подкоркового слоя свидетельствует о скором прогреве поверхности обрабатываемых изделий, что в совокупности с медленным прогревом центра на начальной стадии подтверждает предположение о высоком значении числа Био при тепловой обработке картофеля и мясных рубленых изделий в среде перегретого водяного пара (рис. 7).

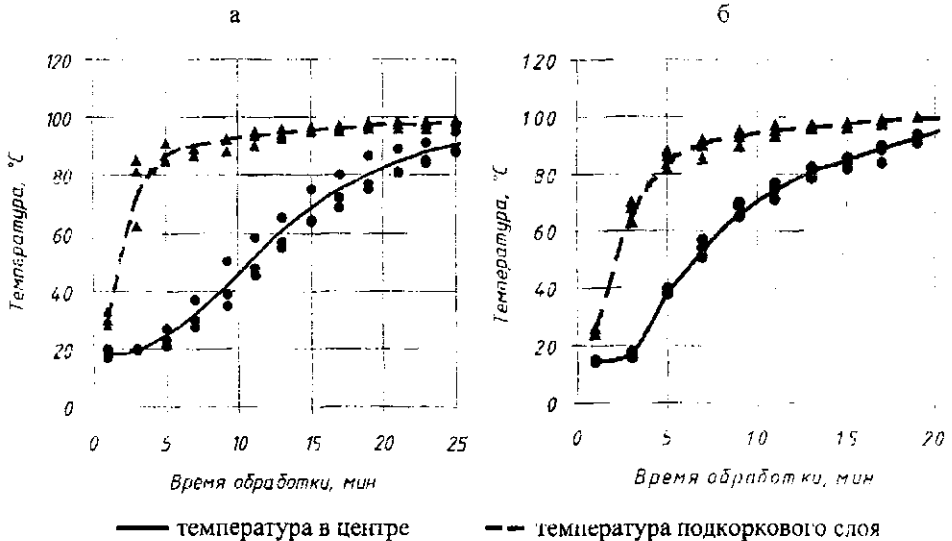


Рис. 7 — Изменение температур слоев исследуемых изделий:

а — картофеля в кожуре; б — мясной рубленой котлеты

Изменение температуры при регулярном режиме нестационарной теплопроводности в полулогарифмических координатах изображается прямыми линиями, что характерно для процесса нагревания исследуемых продуктов при тепловой обработке в среде перегретого водяного пара (рис. 8, 9). Построенные графики свидетельствуют о наличии двух стадий в процессе тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий, обусловленные наличием неупорядоченного и регулярного режимов нестационарной теплопроводности. Этим экспериментально подтверждается, что законы теплопроводности однородных тел распространяются на картофель и мясные рубленые изделия, подвергаемые тепловой обработке в среде перегретого водяного пара.

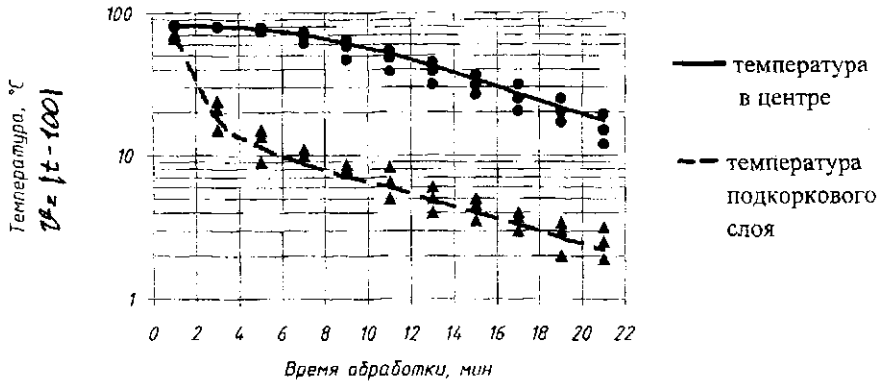


Рис. 8 - Изменение во времени температуры картофеля в коже

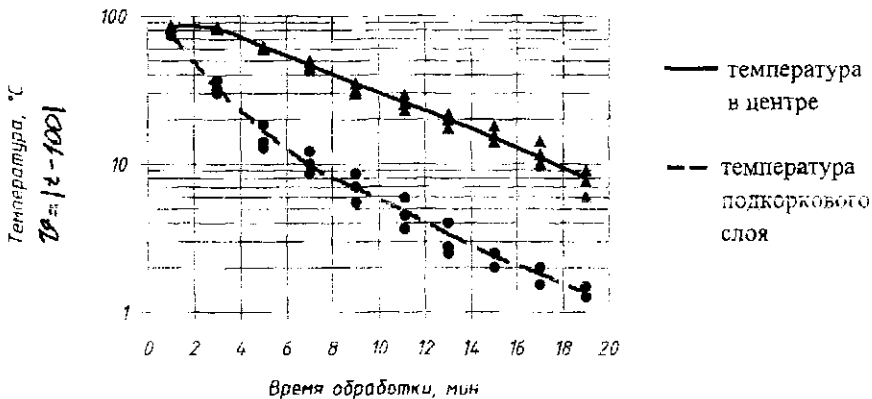


Рис. 9 -Изменение во времени температуры мясной рубленой котлеты

Анализ характера изменения безразмерной температуры изделий от числа Фурье показывает, что переход от неупорядоченного к регулярному режиму теплопроводности происходит при значении числа Фурье около 0,2 (рис. 10).

По итогам проведенной обработки экспериментальных данных были получены критериальные уравнения, характеризующие изменение безразмерной температуры в центре изделий от числа Фурье (рис. 10):

- для изделий из мясного натурального фарша эллипсоидной формы с отношением большого диаметра к меньшему от 1,5 до 2,0 при  $Fo > 0,25$ :

$$\Theta = 1,4 \exp(-4,67Fo) \quad (13)$$

- для картофеля эллипсоидной формы с отношением большого диаметра к меньшему от 1,2 до 1,6 при  $Fo > 0,2$ :

$$\Theta = 1,78 \exp(-6,1Fo) \quad (14)$$

- для комбинированных изделий из картофеля и мясного натурального фарша эллипсоидной формы с отношением диаметров менее 2,0 при  $Fo > 0,25$ :

$$\Theta = 1,51 \exp(-5,33Fo) \quad (15)$$

Полученные зависимости позволяют с высокой степенью точности рассчитать изменение температуры в центре исследуемых изделий различных размеров и, тем самым, прогнозировать продолжительность тепловой обработки изделий из картофеля и мясного фарша в среде перегретого водяного пара атмосферного давления в условиях естественной циркуляции греющей среды.

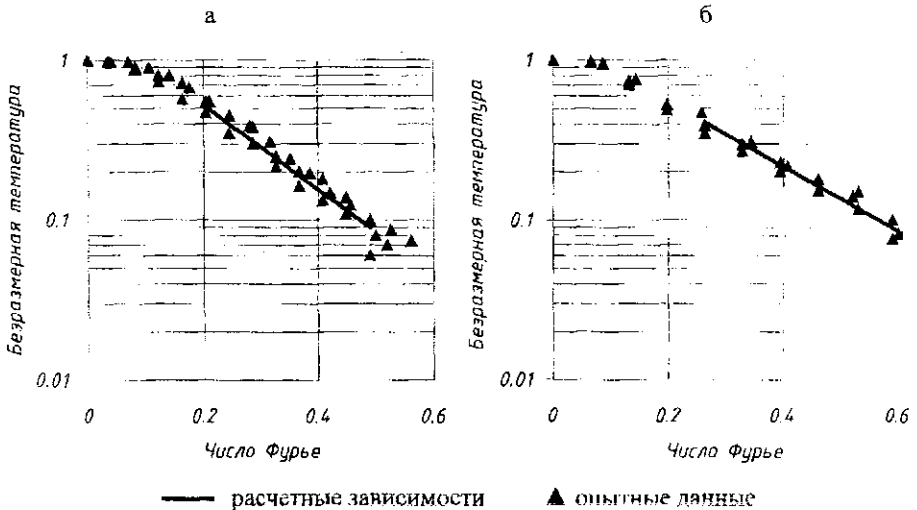


Рис. 10 – Изменение безразмерной температуры от числа Фурье  
а – картофель; б – мясные рубленые изделия

Расчетное значение критерия Фишера составило 1,25 при критическом значении 5,0, что свидетельствует об адекватности расчетных зависимостей реальному технологическому процессу.

При построении кривых зависимости безразмерной температуры от числа Фурье для подкоркового слоя было выявлено новое явление: во время тепловой обработки в среде перегретого водяного пара картофеля в кожуре при значении числа Фурье от 0,1 до 0,2 имеет место резкое снижение роста безразмерной температуры подкоркового слоя, нехарактерное для изделий из очищенного картофеля и мясных рубленых полуфабрикатов. Предполагается, что данный эффект обусловлен отслоением кожуры картофеля, что приводит к образованию дополнительной паровой прослойки между подкорковым слоем и кожурой.

**В пятой главе** представлены методика, обработка и анализ результатов термометрических испытаний парожарочного шкафа; описаны методика и результаты исследований влияния перегретого водяного пара на выход и органолептические показатели картофеля и мясных рубленых изделий; информируется о результатах внедрения в производство парожарочного шкафа.

Согласно предложенной конструкции парожарочного шкафа (рис. 3) сконструирован опытный образец и проведены его термометрические испытания. Для этого на нижней и верхней емкостях со сплошным дном располагались по три термометра. Результаты обработки экспериментальных данных изображены на рис. 11.



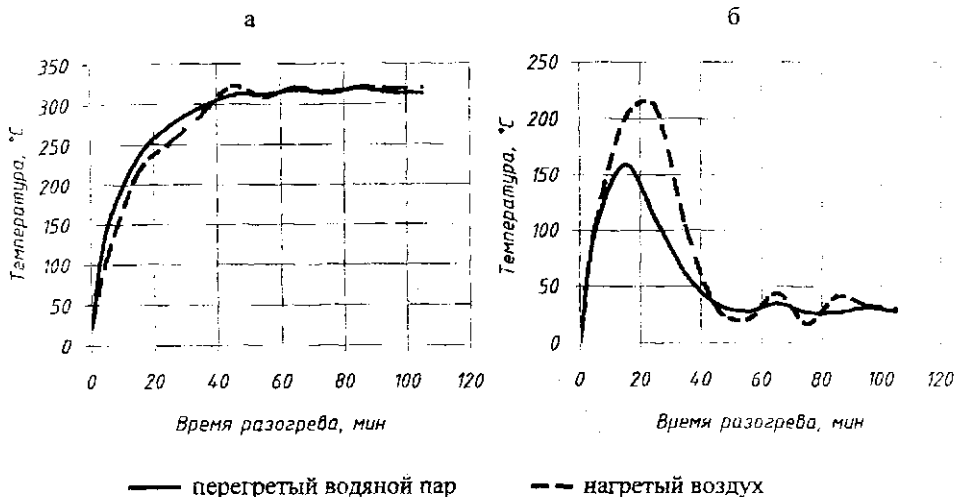


Рис. 11 – Результаты термометрических испытаний парожарочного шкафа:  
а – изменение средней температуры греющей среды; б – изменение температурного перепада греющей среды

При использовании в качестве теплоносителя перегретого водяного пара температура греющей среды растет быстрее и достигает рабочей температуры 230°C на 4 минуты раньше, чем при использовании нагретого воздуха. Выход на стационарный режим работы аппарата для обоих теплоносителей происходит на 42...44 минутах разогрева. В дальнейшем температурное поле паровой среды характеризуется большей равномерностью и стабильностью.

Изделия, приготовленные в среде перегретого водяного пара, характеризуются высокими выходом и органолептическими показателями (табл. 2). Реакция изделий из мяса на пероксидазу отрицательная, что свидетельствует о высокой эффективности тепловой обработки в паровой среде с санитарно-гигиенической точки зрения.

Таблица 2

Влияние исследуемых теплоносителей на выход и органолептические показатели исследуемых изделий

Показатели	Перегретый водяной пар	Нагретый воздух
Выход готовой продукции, %		
котлета мясная	70,5...73,0	62,5...68,0
картофель очищенный	84,5...88,0	81,0...83,5
картофель в кожуре	91,0...93,5	88,0...89,5
Органолептическая оценка, балл		
котлета мясная	4,5...4,8	4,3...4,4
картофель очищенный	4,6...4,8	4,2...4,4
картофель в кожуре	4,4...4,7	4,2...4,4

Для производственного внедрения результатов проведенной работы разработан парожарочный шкаф, встроенный в электроплиту ПЭМ-0,51Ш. Применение одной единицы ПЭМ-0,51Ш позволяет обеспечить весь технологический процесс тепловой

обработки кулинарных изделий на объектах общественного питания с количеством посадочных мест до 25 (рис. 12, табл. 3).

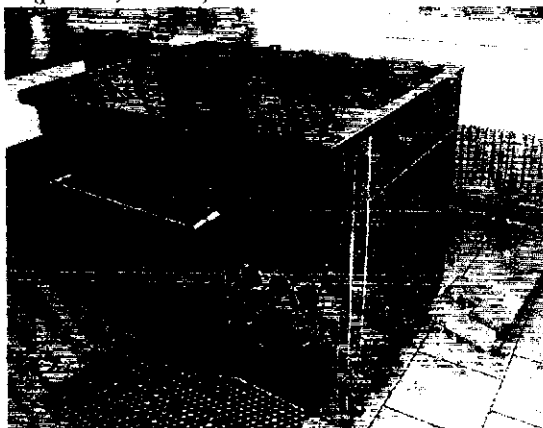


Рис. 12 - Внешний вид универсального теплового аппарата ПЭМ-0,51Ш

Таблица 3

Технические характеристики парожарочного шкафа, встроенного в электроплиту ПЭМ-0,51Ш

Наименование параметра	Ед. изм.	Величина
Температура в рабочей камере шкафа, не менее	°С	280
Время разогрева шкафа от 20°С до 230°С, не более	мин	20
Количество емкостей	шт	2
Номинальная мощность, не более	кВт	8
шкафа		
парогенератора	2	
Количество нагревательных элементов:	шт	8
шкафа		
парогенератора	2	
Число ступеней регулирования мощности парогенератора	шт	3
Внутренние размеры шкафа, не более	мм	600
длина		
ширина (глубина)		
высота	650	
		360

В 2002 году ПЭМ-0,51Ш внедрен в производство на РУП «Торгмаш» (г Барановичи, Республика Беларусь).

Опытно-промышленный образец парожарочного шкафа, встроенного в электроплиту ПЭМ-0,51Ш успешно прошел производственные испытания в столовой детской школы искусств г. Могилева.

Ожидаемый экономический годовой эффект от использования одного парожарочного шкафа, встроенного в аппарат ПЭМ-0,51Ш, составляет 2326500 руб. (в ценах 2004 г.).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе проведенных исследований доказана целесообразность применения перегретого водяного пара для тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий. Результаты теоретических и экспериментальных исследований свидетельствуют о значительном сокращении продолжительности тепловой обработки исследуемых изделий в среде перегретого водяного пара по сравнению с нагретым воздухом. Готовая кулинарная продукция характеризуется более высокими выходом и органолептическими показателями по сравнению с продукцией, приготовленной традиционным способом /1, 12, 14, 18, 19/.

2. Предложена методика выбора конструктивных параметров парожарочного шкафа, обеспечивающая повышение эксплуатационных характеристик аппарата. Методика основана на применении свойств «золотой пропорции». В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований доказана эффективность предлагаемой методики /17/.

3. Разработана экспериментальная установка для исследования особенностей тепловой обработки кулинарных изделий в среде перегретого водяного пара. Определены основные факторы, влияющие на интенсификацию тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий в среде перегретого водяного пара: более высокий коэффициент теплоотдачи от греющей среды к поверхности изделий на начальной стадии тепловой обработки при средней температуре поверхности менее  $104^{\circ}\text{C}$  и уменьшение термического сопротивления корки /12, 19/.

4. Получены эмпирические зависимости, описывающие процесс нагревания картофеля и мясных рубленых изделий при тепловой обработке в среде перегретого водяного пара. Установлен характер протекания теплообменных процессов в исследуемых изделиях при тепловой обработке в среде перегретого водяного пара. Получены критериальные уравнения изменения безразмерной температуры в центре картофеля и мясных рубленых изделий от числа Фурье. На основе полученных уравнений предложена методика, позволяющая расчетным путем определить продолжительность тепловой обработки изделий из картофеля и мясного фарша в среде перегретого водяного пара до достижения кулинарной готовности /19/.

5. На РУИ «Торгмаш» (г. Барановичи, Республика Беларусь) внедрен в производство парожарочный шкаф, встроенный в электроплиту ПЭМ-0,51Ш. Данный аппарат успешно прошел производственные испытания в столовой детской школы искусств г. Могилева. Применение парожарочного шкафа, встроенного в электроплиту ПЭМ-0,51Ш позволяет снизить себестоимость производства кулинарной продукции за счет снижения удельных затрат электроэнергии и повысить производительность труда обслуживающего персонала. Проведенный расчет ожидаемой экономической эффективности показал целесообразность использования ПЭМ-0,51Ш в производстве продукции пищевой промышленности и общественного питания /4, 5, 6, 13, 16/.

**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1. Кирик И.М., Смагин Д.А. Исследование качества кулинарной продукции, обработанной в среде перегретого водяного пара. // *Техника и технология пищевых производств: Материалы III междунар. научно-техн. конфер.* 24 - 26 апреля 2002 г. / МГТИ. – Могилев, 2002. – С. 117.
2. Кирик И.М., Смагин Д.А. Многофункциональный жарочный шкаф. // *Техника и технология пищевых производств: Материалы III междунар. научно-техн. конфер.* 24 - 26 апреля 2002 г. / МГТИ. – Могилев, 2002. – С. 206.
3. Груданов В.Я., Кирик И.М., Смагин Д.А. Многофункциональный тепловой аппарат для предприятий общественного питания. // *Новые технологии в пищевой промышленности: Материалы междунар. научно-практ. конфер.,* 2 - 4 октября 2002. / БелНИИ пищевых продуктов. – Минск, 2002. – С. 89 - 91.
4. Груданов В.Я., Кирик И.М., Смагин Д.А. Малоинерционная плита с парожарочным шкафом. // *Питание и общество.* – 2003. – № 7. – С. 23 - 24.
5. Груданов В.Я., Кирик И.М., Смагин Д.А. Малоинерционная плита с парожарочным шкафом. // *Питание и общество.* – 2003. – № 8. – С. 28 - 29.
6. Груданов В.Я., Кирик И.М., Смагин Д.А. Многофункциональный и экономичный тепловой аппарат для малых предприятий общественного питания. // *Гермес.* – 2003. – № 8. – С. 13 - 14.
7. Кирик И.М., Смагин Д.А. Способ разогрева охлажденной кулинарной продукции в среде перегретого пара. // *Техника и технология пищевых производств: Материалы IV междунар. научно-техн. конфер.* 26 - 28 марта 2003 г., Ч.1 / МГУП. – Могилев, 2003. – С. 161.
8. Кирик И.М., Смагин Д.А. Многофункциональный жарочный шкаф. // *Техника и технология пищевых производств: Материалы IV междунар. научно-техн. конфер.* 26 - 28 марта 2003 г., Ч.1 / МГУП. – Могилев, 2003. – С. 275.
9. Груданов В.Я., Кирик И.М., Смагин Д.А. Многофункциональный жарочный шкаф. // *Актуальные направления развития экологически безопасных технологий производства, хранения и переработки сельхозпродукции: Материалы междунар. научно-практ. конфер.,* 15 - 18 апреля 2003. / ВГАУ. – Воронеж, 2003 - Том 3. – С.95-97
10. Смагин Д.А. Аппарат для тепловой обработки пищевых продуктов. // *Материалы VIII Республиканской научно-техн. конфер. студентов и аспирантов «НИРС-2003»* 9 - 10 декабря 2003 г., Ч. 4 / БГТУ. – Минск, 2003. – С.198.
11. Смагин Д.А., Желудков А.Л. Многофункциональный аппарат для тепловой обработки пищевых продуктов. // *Техника и технология пищевых производств: Материалы IV междунар. научной конфер. студентов и аспирантов* 21 - 23 апреля 2004 г. / МГУП. – Могилев, 2004. – С.149 - 150.
12. Груданов В.Я., Кирик И.М., Смагин Д.А. Исследование процесса тепловой обработки продуктов в среде перегретого водяного пара. // *Материалы междунар. научно-практич. семинара, посвящен. 30-летию кафедры МАИП МГУП.,* 22 - 23 апреля 2004. / МГУП. – Могилев, 2004. – С. 77 - 82.

13. Груданов В.Я., Кирик И.М., Смагин Д.А. Создание универсального теплового аппарата для объектов общественного питания. // *Материалы междунар. научно-практич. семинара, посвящен. 30-летию кафедры МАПП МГУП., 22-23 апреля 2004. / МГУП. – Могилев, 2004. – С. 82 – 87.*

14. Груданов В.Я., Кирик И.М., Смагин Д.А. Применение перегретого водяного пара для тепловой обработки мясных полуфабрикатов. // *Мясная промышленность. – 2004. – № 3(8). – С. 13 – 15.*

15. Груданов В.Я., Кирик И.М., Смагин Д.А. Многофункциональный электрический тепловой аппарат для объектов общественного питания. // *Innovation development trends of food products: International Scientific Practical Conference Reports / Latvia University of Agriculture. – Jelgava, LVA, 2004. – С. 247 – 252.*

16. Груданов В.Я., Кирик И.М., Смагин Д.А. Применение перегретого водяного пара для выпечки хлебобулочных изделий. // *Хлебопек. – 2004. – № 6(11). – С.18 – 20.*

17. Смагин Д.А. Совершенствование конструкции рабочей камеры пекарного шкафа. // *Хлебопек. – 2005. – № 4 (15). – С. 20 – 22.*

18. Смагин Д.А. Исследование влияния тепловой обработки в среде перегретого пара на качественные характеристики мясных полуфабрикатов. // *Техника и технология пищевых производств: Материалы V междунар. научно-техн. конфер. 18 – 20 мая 2005 г. / МГУП. – Могилев, 2005. – С. 196 – 197.*

19. Смоляк А.А., Смагин Д.А. Исследование процесса нагревания поверхности и внутренних слоев пищевых продуктов в перегретом паре атмосферного давления в условиях естественной циркуляции теплообменной среды / *Могилев. гос. ун-т продовольствия. – Могилев, 2005. – 8 с. – Библиогр.: 7 назв. – Рус. Дел в БелИСА.*

20. Груданов В.Я., Кирик И.М., Смагин Д.А. Устройство для обработки паром пищевых продуктов. Положительное решение на заявку а 20020948. РБ, МПК7 А 47 J 27/04, 26.11.2002.

21. Груданов В.Я., Кирик И.М., Смагин Д.А. Паровой шкаф. Пат. № 7096. РБ, МПК7 А 47 J 27/04, 27.01.2005.

**РЕЗЮМЕ****Смагин Денис Алексеевич****Повышение эффективности тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий в среде перегретого водяного пара**

Ключевые слова: перегретый водяной пар, картофель, мясные рубленые изделия, паровоздушные среды, теплоотдача, конденсация, тепловая обработка, парожарочный шкаф, нагревание, кулинарная готовность, температурное поле.

Целью работы является повышение эффективности тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий за счет применения в качестве теплоносителя перегретого водяного пара и разработки методики определения продолжительности процесса.

На основе изучения и анализа литературных источников разработана методика прогнозного расчета продолжительности тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий в среде перегретого водяного пара и нагретого воздуха. Теоретические исследования показали, что возможно применение перегретого водяного пара позволит интенсифицировать процесс нагревания исследуемых изделий. Экспериментальные исследования подтвердили результаты прогнозного расчета: при использовании перегретого водяного пара продолжительность тепловой обработки сокращается для мясных рубленых изделий на 20...35 %, для картофеля очищенного – на 14...26 %, для картофеля в кожуре – на 12...20 %.

Результаты экспериментальных исследований показали, что интенсификация тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий в среде перегретого водяного пара обусловлена более высоким коэффициентом теплоотдачи от греющей среды к поверхности изделий на начальной стадии тепловой обработки при средней температуре поверхности менее 104° С и снижением термического сопротивления корки.

В ходе работы получены новые экспериментальные данные, описывающие особенности нагревания исследуемых изделий при тепловой обработке в среде перегретого водяного пара. По результатам исследований выведены критериальные уравнения, позволяющие рассчитать изменение температуры в центре картофеля и мясных рубленых изделий при тепловой обработке в среде перегретого водяного пара. На основании полученных уравнений разработана методика, позволяющая расчетным путем определить продолжительность тепловой обработки картофеля и мясных рубленых изделий в среде перегретого водяного пара.

Для аппаратурной реализации изучаемого процесса разработана конструкция парожарочного шкафа. Предложена методика выбора конструктивных параметров рабочей камеры аппарата. Проведенные термометрические испытания показали, что по своим характеристикам разработанный аппарат соответствует требованиям, предъявляемым для данного класса тепловых аппаратов.

По результатам работы разработан и внедрен в производство универсальный тепловой аппарат – парожарочный шкаф, встроенный в электроплиту.

## РЭЗІЮМЭ

Смагін Дзясніс Аляксеевіч

**Павышэнне эфектыўнасці цеплавой апрацоўкі бульбы і мясных сечаных  
вырабаў у асяроддзі перагрэтай вадзяной пары**

Ключавыя словы: перагрэтая вадзяная пара, бульба, мясныя сечаныя вырабы, паравятрачны асяроддзі, цеплаперадача, кандэнсацыя, цеплавая апрацоўка, парасмажачная шафа, награванне, кулінарная гатоўнасць, тэмпературнае поле

Мэтай работы з'яўляецца павышэнне эфектыўнасці цеплавой апрацоўкі бульбы і мясных сечаных вырабаў за кошт выкарыстання перагрэтай вадзяной пары і распрацоўкі метадыкі вызначэння працягласці працэсу.

На аснове вывучэння і аналізу літаратурных дадзеных распрацавана метадыка прагнознага разліку працягласці цеплавой апрацоўкі бульбы і мясных сечаных вырабаў у асяроддзі перагрэтай вадзяной пары і нагрэтага паветру. Тэарэтычныя даследаванні паказалі, што ўжыванне перагрэтай вадзяной пары дазваляе інтэнсіфікаваць працэс нагрэву даследуемых вырабаў. Эксперыментальныя даследаванні пацвердзілі вынікі прагнознага разліку: пры выкарыстоўванні перагрэтай вадзяной пары працягласць цеплавой апрацоўкі скарачаецца для мясных сечаных вырабаў на за 20...35 %, для бульбы ачышчанай – на 14...26 %, для бульбы ў лупіне – на 12...20 %.

Вынікі эксперыментальных даследаванняў паказалі, што інтэнсіфікацыя цеплавой апрацоўкі даследуемых вырабаў у асяроддзі перагрэтай вадзяной пары абумоўлена больш высокім каэфіцыентам цеплаатдачы ад грэючага асяроддзя да паверхні апрацаваных вырабаў на пачатковай стадыі цеплавой апрацоўкі пры сярэдняй тэмпературы паверхні менш за 104° С і паніжэннем тэрмічнага супраціўлення коркі. У ходзе работы атрыманы новыя эксперыментальныя дадзеныя і выведзены крытэрыяльныя ураўненні, якія апісваюць працэс награвання бульбы і мясных сечаных вырабаў пры цеплавой апрацоўцы ў асяроддзі перагрэтай вадзяной пары. На выніках праведзеных даследаванняў распрацавана метадыка, якая дазваляе разліковым шляхам устанавіць працягласць цеплавой апрацоўцы ў асяроддзі перагрэтай вадзяной пары.

Для апаратурнай рэалізацыі вывучаемага працэсу распрацавана канструкцыя паравятрачнай шафы. Прапанавана метадыка выбару канструктыўных параметраў рабочай камеры апарата. Праведзеныя тэрмаметрычныя выпрабаванні паказалі, што па сваіх характарыстыках распрацаваны апарат адпавядае патрабаванням для дадзенага класу цеплавых апаратаў.

На выніках працы распрацаваны і ўжаранен у вытворчасць універсальныя цеплавы апарат – парасмажачная шафа, убудаваная ў электрапліту ПЭМ-0,51Ш.

## SUMMARY

Smagin Denis Alekseevich

**Increase of efficiency of thermal processing of a potato and the meat cut products in the environment superheated water pair**

Keywords: superheated water pairs, a potato, the meat cut products, steam-air environments, condensation, thermal processing, heating, culinary readiness

The purpose of the work was studying of the ways of an intensification of thermal processing of a potato and the meat cut products in the superheated water pair at the natural circulation of the heat-carrier and increase of efficiency of a process due to development of a technique of definition of the moment of approach of the set culinary readiness of the researched products.

Planning calculation of duration of thermal processing of a potato and the meat cut products has shown, that application superheated water pair allows to intensify process of heating of the researched products in comparison with heated up air. Experimental researches have confirmed results of planing calculation: at the use of superheated water pair duration of thermal processing reduces for the meat cut products less on 20 ... 35 %, for a cleared potato less on 14 ... 26 %, for a potato in a peel less on 12 ... 20 %.

It is found out, that the intensification of thermal processing of researched products in the environment superheated water pair is caused by higher factor of the recoil of heat from the heating environment to a surface of processable products at an initial stage of thermal processing at average temperature of a surface less than 104°C and by decrease of the thermal resistance of a surface. During the work new experimental data was received and deduced equations describing process of heating of a potato and meat cut products at the thermal processing in the environment superheated water pair. On results of the carried out researches the technique allowing in the settlement way to define the moment of achievement of set culinary readiness of a potato and meat cut products at the thermal processing in the environment superheated water pair is developed.

For hardware realization of investigated process the design of a chamber was developed. The technique of a choice of design data of the working chamber of the device was offered.

By results of work the multipurpose electrothermal apparatus for enterprises of public catering RREO – 0.51C has been developed and introduced into a batch production.

