ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-131-138
УДК 683.957

Оригинальная статья
http://fptt.ru

Электрическая плита ПЭ-УИЭВ

С. А. Романчиков

ФГКВОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева»,
199034, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8

e-mail: romanchkovspb@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 21.10.2018
Дата принятия в печать: 28.12.2018

© С. А. Романчиков, 2018

Аннотация. Повышение коэффициента полезного действия электрических плит остается нерешенной задачей в настоящее время. В целях реализации данной задачи в статье предлагается конструктивное решение по изменению конструкции электрической плиты конвекционного типа с включением устройства для ионизации воздуха «Электрической плиты ПЭ-УИЭВ». Это позволит сократить расходы энергоресурсов и ускорить технологический процесс по приготовлению пищи. Принцип работы ПЭ-УИЭВ основан на использовании метода электротермической конвекции теплообменных поверхностей жарочного настила. Предложенные конструктивные особенности плиты обеспечивают снижение образования канцерогенных веществ, улучшение вкусовых качеств при жарке и тушении. Новизна устройства заключается в том, что конструктивные изменения обеспечивают повышение коэффициента теплоотдачи от поверхности конфорки к наплитному котлу в 3 раза за счет создания условий для образования эффекта электротермической конвекции. Обработка воздуха электричеством придает ему «липкие» свойства. Воздух прилипает к заземленным поверхностям наплитных котлов. Ионизированный воздух интенсивно выполняет функцию переносчика тепла. Ионизация позволила достичь снижения образования канцерогенных веществ в 2–4 раза и обеззараживания готовых блюдах. Практическая значимость технического решения заключается в том, что предложенная конструкция позволяет снизить нагрузку на систему вентиляции и кондиционирования и может быть использована для приготовления пищи в ограниченных (закрытых) пространствах, а также обеспечивает улучшение вкусовых показателей качества. Предложенное техническое решение, в сравнении с существующими плитами, отличается тем, что обеспечивает сокращение возможности осуществления циркуляции горячего воздуха и снижение его потерь.

Ключевые слова. Плита электрическая конвекционного типа, озонирование, конвективный поток воздуха

Для цитирования: Романчиков, С. А. Электрическая плита ПЭ-УИЭВ / С. А. Романчиков // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 131–138. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-131-138.

Original article

Available online at http://fptt.ru

Convection Type Electric Stove with Air Ionization

S.A. Romanchikov

A.V. Khruyov Military Educational Institution of Logistics,
8, Makarov Emb., Saint Petersburg, 199034, Russia

e-mail: romanchkovspb@mail.ru

Received: October 21, 2019
Accepted: December 28, 2018

© S.A. Romanchikov, 2018

Abstract. Increasing the efficiency of electric stoves currently remains an unsolved problem. The present study proposes a new design scheme for the electric convection stove with an air ionization device (Electric Stove PE-UIEV). This will reduce energy costs and speed up the cooking process. The stove in question is based on the method of electrothermal convection of heat-exchange surfaces of the frying deck. The proposed design reduces the formation of carcinogenic substances and improves the taste of fried and stewed dishes. The improved device increases the heat transfer coefficient from the burner surface to the cooker by 3 times since it creates better conditions for electrothermal convection. Treating air with electricity gives it adhesive properties: the air sticks to grounded surfaces of boilers. Ionized air intensively performs the function of heat carrier. Ionization reduces carcinogenic substances by 2–4 times and disinfects of ready-made dishes. The practical significance of the technical solution lies in the fact that the proposed design reduces the load on the ventilation and air conditioning system. In addition, the stove can be used for cooking in restricted (closed) spaces, and it improves the taste quality indicators. Unlike other stoves, this one reduces hot air circulation and, thus, its losses.

Keywords. Convection type electric stove, ozonation, convective air flow

For citation: Romanchikov S.A. Convection Type Electric Stove with Air Ionization. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 131–138. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-131-138.

Введение

В целях реализации национального проекта «Наука» и государственной программы «Развитие науки и технологии» осуществляется поиск новых технических и технологических решений, обеспечивающих повышение интенсификации производства и снижения энергозатрат. Для повышения эффективности работы электрической плиты разработаны ее конструктивные изменения.

Объекты и методы исследования

Предлагаемая конструкция «Электрической плиты ПЭ-УИЭВ» (плита электрическая конвекционного типа с устройством для ионизации воздуха) относится к универсальным тепловым аппаратам. Она предназначена для варки, жарения, запекания, тушения, а также вспомогательных процессов при приготовлении пищи. Конструктивные особенности плиты обеспечивают снижение образования канцерогенных веществ, улучшение вкусовых качеств при жарке и тушении. Принцип ее работы основан на использовании метода электротермической конвекции теплообменных поверхностей жарочного настила.

Техническое решение базируется на повышении КПД за счет принудительного изменения движения конвективных потоков воздуха от греющих поверхностей. Это обеспечивает снижение теплопотерь, расхода энергоресурсов, сроков закипания воды на 26–28 %. Тепловой аппарат предусматривает дополнительное включение в его конструкцию (рис. 1) коробчатых газоходов со встроенными приточными вентиляторами и фильтрами. Источник напряжения для ионизации воздуха связан через шину с высоковольтным электродом, подкаченным к ионизационной решетке. Электрическая схема плиты представлена на рисунке 2.

Конструктивные особенности предложенной плиты заключаются в следующем. На внешней стороне жарочного настила с двух сторон жестко фиксируются короб для подачи воздуха (4) и заборник (1), соединенные между собой через коробчатые газоходы (13). Ионизирующее устройство (6) изготовлено в виде металлической сетки (ячейка 10 × 10 мм), вмонтированной в изоляционную пластину из фторопласта. Ионизирующее устройство связано через высоковольтный электрод и шину с источником высоковольтного напряжения (до 12 кВ). Газоход (13), изготовлен из теплоизолированного материала, что обеспечивает постоянную температуру проходящего потока воздуха.

Электрическая плита работает следующим образом. Вентиляторы (15) принудительно изменяют направление восходящего конвективного потока воздуха, нагретого жарочным настилом (8), с вертикального на горизонтальное. Воздух (t = 20–70 °C) через заборник (1) поступает в коробчатый газоход (13) и в фильтр. Очищенный воздух со скоростью 1,0–1,8 м/с поступает в тепловую завесу, где, проходя через ионизирующее устройство (6), положительно (пары, пылинки, содержащиеся в воздухе, приобретают плюсовой заряд) заряжается и ионизируется, а затем подается на рабочую

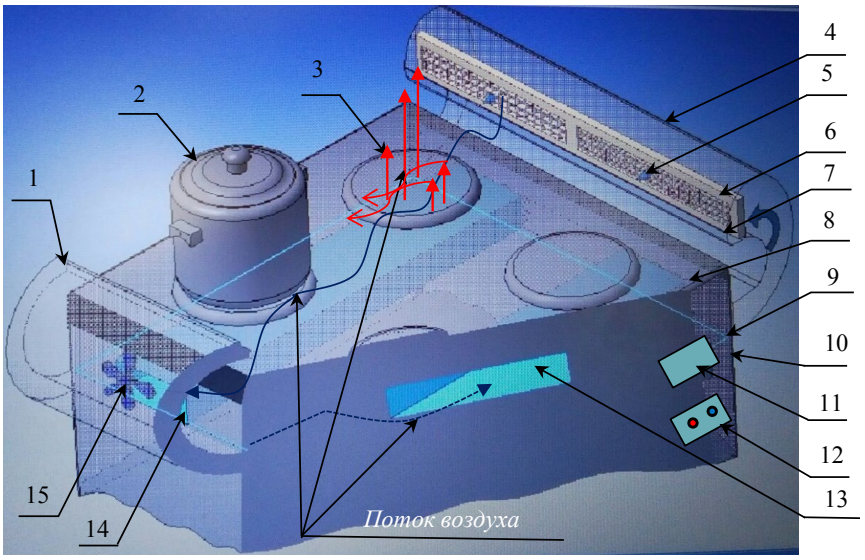


Рисунок 1 – Электрическая плита ПЭ-УИЭВ: 1 – заборник; 2 – котел; 3 – конфорка; 4 – короб для подачи воздуха; 5 – высоковольтный электрод; 6 – ионизирующие устройство; 7 – щелевое сопло; 8 – жарочный настил; 9 – шина; 10 – корпус; 11 – источник напряжения; 12 – блок управления;13 – коробчатый газоход; 14 – фильтр; 15 – вентилятор

Figure 1 – PE-UIEV electric stove: 1 – intake; 2 – boiler; 3 – ring; 4 – air supply box; 5 – high voltage electrode; 6 – ionizing device; 7 – slotted nozzle; 8 – frying flooring; 9 – tire; 10 – the case; 11 – voltage source; 12 – control unit; 13 – box flue; 14 – the filter; 15 – fan

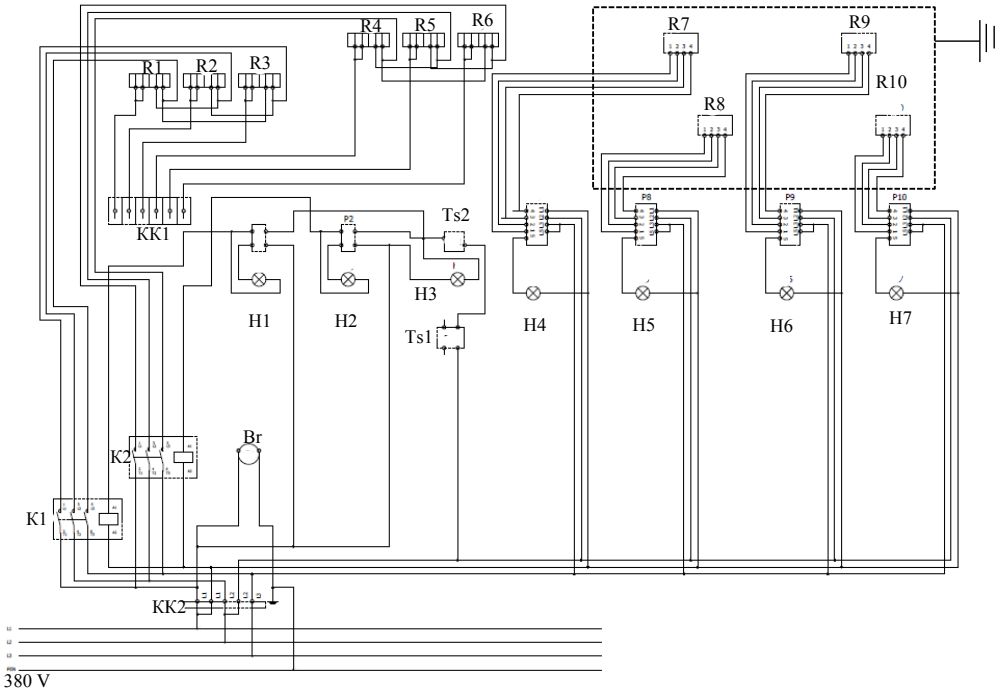


Рисунок 2 – Электрическая схема: H1-H7 – сигнальная лампа; K1-K2 – клемма рядовая; KK1 –клемма колодка; KK2 – клемма колодка; Br – разъем быстросъемный FQ14; P1-P2 – двухпозиционный переключатель; P7-P10 – шестипозиционный переключатель; R1-R6 – ТЭНы; R7-R10 – конфорки; Ts1 – аварийный термостат; Ts2 – рабочий термостат

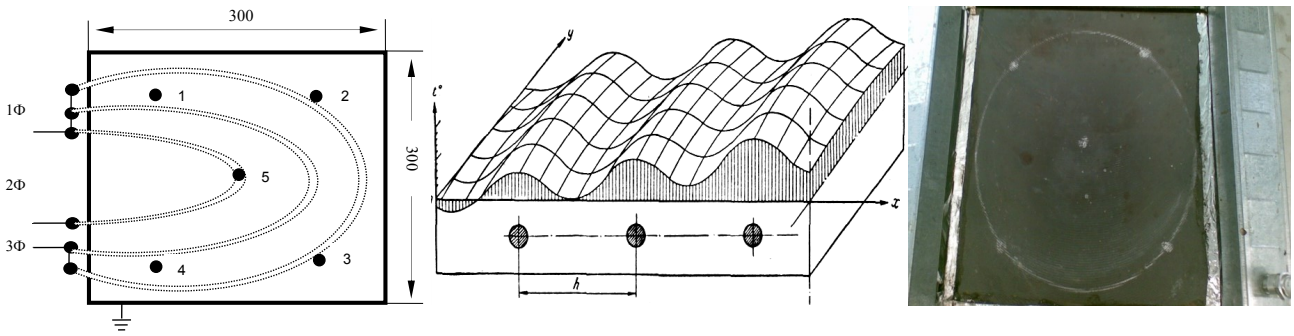
Figure 2 – Electric circuit: H1-H7 – warning lamp; K1-K2 – ordinary terminal; KK1 – terminal block; KK2 – terminal block; Br – quick connector FQ14; P1-P2 – two-way switch; P7-P10 – six-position switch; R1-R6 – TENY; R7-R10 – burners; TS1 – emergency thermostat; TS2 – working thermostat

поверхность жарочного настила (8). Воздушный поток проходит на высоте 2–7 см от жарочного настила. Конструктивные изменения позволяют обеспечить регулировку подачи переменного электрического тока напряжением от 1 кВ до 12 кВ от источника высоковольтного напряжения на ионизирующую решетку в зависимости от технологической операции. Пары воды (H_2O) при прохождении ионизирующей решетки разрываются на водород (H_2) и кислород (O_2). Водород дезинфицирует воздух. Молекулы кислорода (O_2) под воздействием электрического поля образуют азот (O_3). При взаимодействии молекул азота с поверхностными молекулами продукта питания происходит улучшения вкуса, а при выпечке хлебобулочных изделий – реакция озонизации, а также усиливается цвет и аромат (реакция этерификации).

Положительно заряженный горячий воздух с большой скоростью притягивается к заземлённой жарочной поверхности плиты и наплитных котлов, омывая их боковые поверхности и срывая пограничный слой, изменяет свою энергию, нейтрализуя заряд, отбрасывается новыми порциями ионизированной воздушной смеси. При этом реализуется эффект электротермической интенсификации теплоотдачи. Большая часть нейтрализованного воздуха, достигшего заборника (1), поступает снова в коробчатый газоход (13) на очистку, электризацию и ионизацию. Принудительное изменение движения конвективных потоков воздуха над плитой достигаемся за счет электризации. В зависимости от кулинарной операции (варка, жарка, тушение) блок управления подает сигнал на подачу напряжения источником электроэнергии на ионизирующее устройство (6) от 1 кВ до 12 кВ при силе тока I = 2 мА и частоте f = 50 Гц.

Конструктивные изменения электрической плиты позволяют снизить скорость движения уходящего нагретого воздуха t = 50–70 °С с малым коэффициентом теплоотдачи, возникающего при свободной конвекции. Пристенный ламинарный слой воздуха при этих скоростях представляет собой большое термическое сопротивление. Конвективный теплообмен усиливается за счет принудительного потока горячего воздуха вдоль поверхности конфорок (этот поток горячего воздух уходил в помещение в вертикальном направлении). В предложенном техническом решении электризованный воздушный поток создает терморадиационную защиту («налипает» на заземленную греющую поверхность пищеварочного котла (сковороды)) [2]. Это позволяет в выпуклом днище котла исключить застойные воздушные зоны, игравшие роль теплоизоляции и добавить конвективную составляющую теплопередачи через часть днища и боковую стенку.

Создание условий для горизонтального обдува горячим воздухом и переход от ламинарного



а б в

Рисунок 3 – Расположение трубчатых электронагревателей конфорке: а – схема прямоугольной конфорки; б – рельеф температурного поля прямоугольной конфорки с ТЭНами, залитыми в корпус; в – места расположения точек замера температур

Figure 3 – Location of tubular electric heater burner: a – the scheme of a rectangular ring; b – relief of the temperature field of a rectangular burner with heating elements poured into the housing; c – locations of temperature measurement points

движения горячего воздуха к турбулентному обеспечивает повышение КПД конфорок на 8,7 %. Это ускоряет время закипания воды в наплитных котлах на 8 %.

Внедрение электротермической конвекции позволяет интенсифицировать процесс теплосъёма на 25 % и более. Время закипания воды в пищеварочном котле сокращается, что приводит к снижению на 17 % расхода электроэнергии.

Известно, что температурные поля электрических конфорок имеют значительную неравномерность нагрева отдельных участков в процессе работы плиты [3].

На рисунке 3 показано расположение трубчатых ТЭНов, приблизительный рельеф температурного поля прямоугольной конфорки с ТЭНами, залитыми в корпус, а также расположение 5 точек замера температуры для определения степени неравномерности нагрева рабочей поверхности.

Максимальная температура наблюдается в средней части конфорки и местах расположения ТЭНов, минимальная температура – в плоскости симметрии между ТЭНами. На рисунке 3б хорошо заметно влияние бокового охлаждения конфорки на характер температурного поля.

Новизна устройства заключается в том, что конструктивные изменения обеспечивают повышение коэффициента теплоотдачи от поверхности конфорки к наплитному котлу в 3 раза за счет создания условий для образования эффекта электротермической конвекции. Обработка воздуха электричеством придает ему «липкие» свойства. Воздух прилипает к заземленным поверхностям наплитных котлов. Ионизированный воздух интенсивно выполняет функцию переносчика тепла. Ионизация позволила достичь снижения в 2–4 раза образования канцерогенных веществ и обеззараживания готовых блюдах.

Результаты и их обсуждение

Для подтверждения эффективности предложенных конструктивных изменений была изготовлена (на базе плиты ЭП-2ЖШ) экспериментальная установка (рис. 4).

Проведенные исследования на экспериментальной установке позволили получить следующие результаты:

1) Установлено, что создание эффекта электротермической конвекции обеспечивает увеличение температуры по высоте наплитного

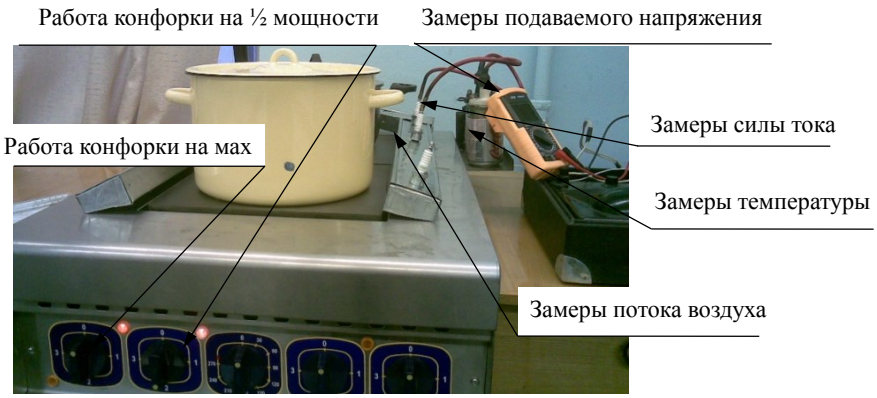


Рисунок 4 – Экспериментальная установка

Figure 4 – Experimental setup

Таблица 1 – Сравнительная характеристика теплопроизводительности электрической плиты и коэффициента полезного действия

Table 1 – Comparative characteristics of the heat output of the electric stove and efficiency

Вид воздействия	Конфорки на max мощность		Конфорки на ½ мощности	
	Q, кВт	η, %	Q, кВт	η, %
С использованием электротермической конвекции	1,79	65	1,05	78
С использованием ионизированной электротермической конвекции	1,82	67	1,0	80

котла в 2–3 раза. Это повышает теплоотдачу конфорок на max и ½ мощности (табл. 1, рис. 5).

2) Обоснованы технологические режимы подачи напряжения для ионизации циркулирующего воздуха в период приготовления пищи (жарение 5–7 кВ, приготовление 1 блюд и кипятка 10,5–12,5 кВ).

3) Выявлено влияние ионизации воздуха на время закипания воды и получены уравнения регрессии (рис. 6).

4) Установлено, что наложение электрического поля на подаваемый горячий воздух (t = 50–70 °С) позволяет увеличить общий коэффициент теплоотдачи от потока ионизированного электризованного воздуха перед касанием отрицательно заряженных стенок котлов на 22–33 %. Технологические режимы ионизации циркулирующего воздуха сокращают время закипания воды на 26–28 % с использованием полной мощности конфорок на 22–24 % при ½ мощности.

5) Выявлена степень прироста теплоотдачи в зависимости от напряжения электрического поля при ионизации. Установлено, что график (рис. 7) зависимости Nu = f(U) можно подразделить на три основных участка: 1 – квадратичный (от 0 до 4 кВ), 2 – линейный (от 4 до 12 кВ) и 3 – экспоненциальный (от 12 кВ).

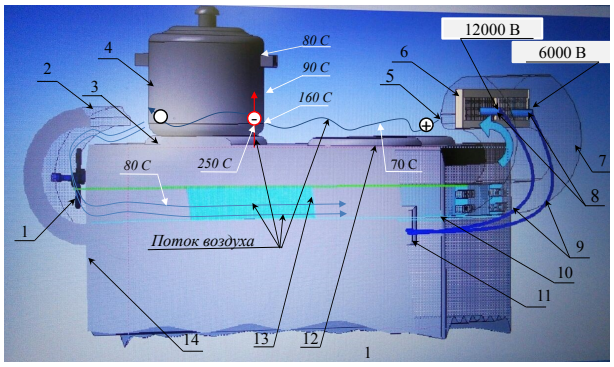


Рисунок 5 – Принципиальная схема работы плиты при принудительной ионизации воздуха

Figure 5 – Schematic diagram of the plate operation with forced air ionization

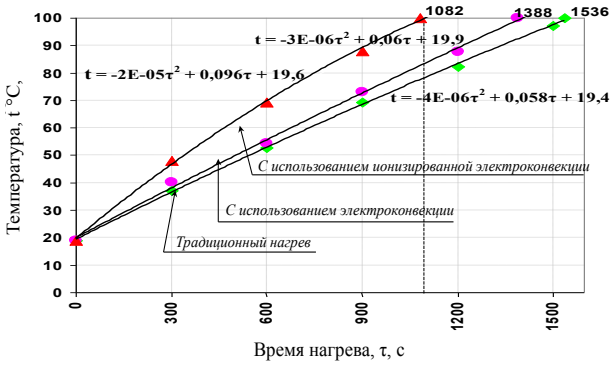


Рисунок 6 – Зависимость повышения температуры воды от времени нагрева при работе конфорок на полную мощность

Figure 6 – The effect of the increase in water temperature on the heating time when the burners are operating at full power

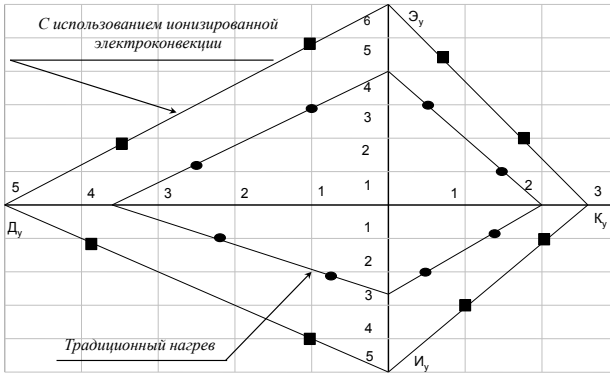


Рисунок 7 – Прирост теплоотдачи в зависимости от напряжения электрического поля, наложенного на воздушный поток горячего воздуха

Figure 7 – The increase in heat transfer depending on the voltage of the electric field imposed on the air flow of hot air

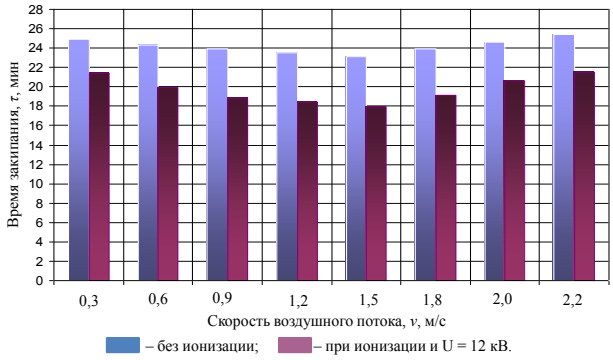


Рисунок 8 – Удельные показатели технической эффективности модернизированной плиты: $К_у$ – удельные капитальные затраты; $И_у$ – удельные эксплуатационные издержки; $Д_у$ – удельные затраты времени приготовлении пищи; $Э_у$ – удельные энергетические затраты при приготовлении пищи

Figure 8 – Specific indicators of the technical efficiency of the upgraded plate: $К_u$ – specific capital costs; $И_у$ – unit operating costs; $Д_у$ – the unit cost of cooking time; $Э_у$ – specific energy consumption when cooking

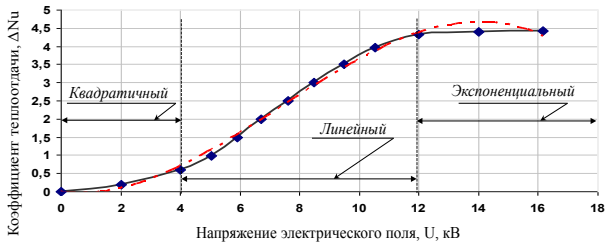


Рисунок 9 – Диаграмма зависимости времени закипания воды от скорости воздушного потока

Figure 9 – Chart of the effect of the air flow rate on the boiling time

6) Определены удельные показатели технической эффективности плиты с конструктивными изменениями: Ку – удельные капитальные затраты, руб./блюдо; Иу – удельные эксплуатационные издержки, руб./плита; $Д_у$ – удельные затраты времени приготовлении пищи, с/блюдо; $Э_у$ – удельные энергетические затраты при приготовлении пищи, кВт/кг. Удельные показатели представлены рисунке 8 в виде отрезков, отложенные на лучах К, Н, Д и Э.

7) Определено, что установленная мощность источника высокого напряжения, при выходном напряжении от тока нагрузки, электробезопасна для обслуживающего персонала.

8) Определено влияние скорости воздушного потока на время закипания воды. Оптимальная скорость воздуха вдоль жарочной поверхности для интенсификации процессов теплообмена определена в интервале 1,2–1,5 м/с (рис. 9). Электротермическая конвекция позволяет интенсифицировать процесс теплосъёма дополнительно на 18–21 %. Время закипания воды в котле существенно уменьшается, а потребление электроэнергии значительно снижается.

Выводы

Таким образом, искусственно созданный положительно заряженный ионизированный воздушный поток температурой 20–70 °С при скорости 1,2–1,5 м/с, поступая через щелевое сопло на заземленные пищеварочные котлы, установленные на жарочном настиле с вмонтированным электродом отрицательного заряда, позволяет:

– повысить эффективность работы электрической плиты на 18–21 % за счет разрушения пристенного слоя и роста электротермоотдачи;

– сократить время закипания жидкости на 26–28 %, расход электроэнергии на 18 %, образование канцерогенных веществ в 2 раза;

– улучшить вкусовые качества готовых блюд;

– сократить затраты энергоресурсов на работу приточной вентиляции помещения и снижение тепловых потерь в 2 раза;

– увеличить коэффициент теплоотдачи от струи электризованного воздуха перед касанием отрицательно заряженных стенок котлов на 22–33 %;

– сократить потребляемую мощность на циркуляцию и ионизацию оборотного воздуха (0,3–1,0 % от потребляемой мощности плиты);

– обеспечить возможность интенсификации теплоотдачи к котлам до 28 %;

– повысить коэффициент полезного действия теплового аппарата на 18 %.

В ходе анализа основных направлений повышения эффективности технологических процессов продовольственного обеспечения группировки войск (сил) РФ были выявлены преимущества газового топлива по отношению к другим видам топлива.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Выражаю благодарность профессорско-преподавательскому составу кафедры «Процессы и аппараты пищевых производств», ИТМО, г. Санкт-Петербург.

Список литературы

1. Топоров, А. В. Обоснование критериев оценки военно-экономической эффективности процессов материально-технического обеспечения войск (сил) / А. В. Топоров, В. И. Бабенков // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2017. – Т. 96, № 1. – С. 23–28.

2. Целыковских, А. А. Анализ системы государственного заказа ведущих зарубежных стран / А. А. Целыковских, А. М. Смуров // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2017. – Т. 96, № 1. – С. 41–46.

3. Пьянков, А. А. Проблемные вопросы планирования и реализации мероприятий технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации в рамках государственной программы вооружения и пути их решения / А. А. Пьянков, М. С. Белорозов // Вооружение и экономика. – 2016. – Т. 37, № 4. – С. 57–69.

4. Пьянков, А. А. Основные проблемы планирования и управления развитием системы вооружения применительно к существующей системе технического обеспечения Вооруженных Сил / А. А. Пьянков // Вооружение и экономика. – 2015. – Т. 30, № 1. – С. 23–34.

5. Фитерер, Д. В. Пути совершенствования технических средств продовольственной службы / Д. В. Фитерер, С. А. Романчиков // Актуальные вопросы совершенствования системы технического обеспечения : сборник научных трудов всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) / Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации. – Пермь, 2017. – С. 141–148.

6. Романчиков, С. А. Изменение условий разработки новых продуктов питания для импортозамещения в условиях экономических санкций / С. А. Романчиков // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2017. – Т. 49, № 4. – С. 178–183.

7. Пат. № 2350846 Российская Федерация, МПК F 24 C 7 06. Электрическая плита / Алексеев Г. В., Антуфьев В. Т., Громцев С. А. [и др.]; патентообладатель ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий». – № 2007115514/03; заявл. 24.04.2007; опубл. 27.03.2008; Бюл. 9.

8. Алексеев, Г. В. Использование математического моделирования для ресурсосберегающих пищевых производств / Г. В. Алексеев, О. И. Аксенова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2014. – № 3. – С. 1–10.

9. Алексеев, Г. В. Современные подходы к рациональному использованию ресурсов при первичной обработке пищевого сырья / Г. В. Алексеев, Е. И. Верболоз // Вестник Международной академии холода. – 2003. – № 4. – С. 35–39.

10. Модель тепловой нагрузки при динамической абразивной обработке пищевых материалов / Г. В. Алексеев, Б. А. Вороненко, Д. В. Харитонов [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – Т. 70, № 4. – С. 56–60. DOI: https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-4-56-60.

11. Роль компьютерного моделирования в подготовке специалистов продовольственного направления / Г. В. Алексеев, И. И. Бриденко, Е. И. Верболоз [и др.] // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики : сборник трудов Международной научно-технической конференции / Воронежский государственный университет. – Воронеж, 2017. – С. 161–168.

12. Верболоз, Е. И. Влияние тепловой обработки на функциональные свойства рыбных фаршей / Е. И. Верболоз, Г. В. Алексеев, О. И. Аксёнова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. – 2016. – № 1. – С. 107–112.

13. Николюк, О. И. Инновационные решения для повышения пищевой ценности продовольственного пайка / О. И. Николюк, С. А. Романчиков // Ресурсное обеспечение силовых министерств и ведомств: вчера, сегодня, завтра: сборник статей II Международной научно-практической конференции / Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации. – Пермь, 2016. – С. 308–311.

14. Бабакин, Б. С. Исследования тепломассообмена воздухоохладителя в условиях электроконвекции / Б. С. Бабакин, М. А. Еркин // Применение псевдокипящего слоя и флюидизированных систем в пищевой вкусовой и биотехнологической промышленности : тезисы докладов научно-технической конференции. – Пловдив, 1989. – С. 19–20.

15. Simulation of electrical convection effect onto the heat exchange in air condensator / I. A. Rogov, B. S. Babakin, N. A. Mikhajlov [et al.] // Электронная обработка материалов. – 1991. – № 1. – С. 54–58.

16. Коденцова, В. М. Современные тенденции в витаминологии / В. М. Коденцова // Вопросы питания. – 2018. – Т. 87, № S5. – С. 59–60. DOI: https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10145.

17. Вржесинская, О. А. Использование в питании человека обогащенных пищевых продуктов: оценка максимально возможного поступления витаминов, железа, кальция / О. А. Вржесинская, В. М. Коденцова // Вопросы питания. – 2007. – Т. 76, № 4. – С. 41–48.

18. Вржесинская, О. А. К обоснованию уровня обогащения витаминами и минеральными веществами пищевых продуктов массового потребления / О. А. Вржесинская, В. М. Коденцова // Вопросы питания. – 2011. – Т. 80, № 5. – С. 64–70.

19. Валеева, Э. Р. Риск для здоровья подростков, обусловленный химической контаминацией пищевых продуктов / Э. Р. Валеева, Г. А. Исмагилова // Вопросы питания. – 2018. – Т. 87, № S5. – С. 179–180. DOI: https:// doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10287.

20. Коденцова, В. М. Анализ отечественного и международного опыта использования обогащенных витаминами пищевых продуктов / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85, № 2. – С. 31–50.

References

1. Toporov A.V. and Babenkov V.I. Justification the evaluation criteria of the military-economic efficiency of logistic processes of troops (forces). *Izvestiya Rossiyskoy akademii raketnykh i artilleriyskikh nauk* [Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences], 2017, vol. 96, no. 1, pp. 23–28. (In Russ.).

2. Celykovskih A.A. and Smurov A.M. An analysis of the system of public procurement of the leading foreign countries. *Izvestiya Rossiyskoy akademii raketnykh i artilleriyskikh nauk* [Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences], 2017, vol. 96, no. 1, pp. 41–46. (In Russ.).

3. Pyankov A.A. and Belorozov M.S. Planning and Implementation Problem Issue of the Armed forces of the Russian Federation Technical Support Arrangement within the Scope of State Armament Program and Solution Approaches. *Armament and Economics*, 2016, vol. 37, no. 4, pp. 57–69. (In Russ.).

4. Pyankov A.A. Main problems of planning and management of development of system of arms in the conditions of modern system of technical providing armed forces. *Armament and Economics*, 2015, vol. 30, no. 1, pp. 23–34. (In Russ.).

5. Fiterer D.V. and Romanchikov S.A. Ways of improvement of technical means of food service. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya sistemy tekhnicheskogo obespecheniya: sbornik nauchnykh trudov vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (s mezhdunarodnym uchastiem)* [Topical issues of improving the technical support system: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference (with international participation)]. Perm, 2017, pp. 141–148. (In Russ.).

6. Romanchikov S.A. Changing the conditions for developing new foodstuffs for import substitution in the conditions of economic sanctions. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*, 2017, vol. 49, no. 4, pp. 178–183. (In Russ.).

7. Alekseev G.V., Antufev V.T., Gromtsev S.A., Gromtsev A.S., and Smoljanskij O.V. *Electric Stove*. Patent FR, no. 2350846, 2008.

8. Alexeev G.V. and Aksenova O.I. Use of mathematical modeling for resursosberegayuschih food production. *Scientific Journal NRU ITMO. Series: Processes and Food Production Equipment*, 2014, no. 3, pp. 1–10. (In Russ.).

9. Alekseev G.V. and Verboloz E.I. Sovremennye podkhody k ratsional′nomu ispol′zovaniyu resursov pri pervichnoy obrabotke pishchevogo syr′ya [Modern approaches to the rational use of resources in the primary processing of food raw materials]. *Journal International Academy of Refrigeration*, 2003, no. 4, pp. 35–39. (In Russ.).

10. Alekseev G.V., Voronenko B.A., Kharitonov D.V., and Leu A.G. Model of the heat load under dynamic abrasive processing of food material. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2016, vol. 70, no. 4, pp. 56–60. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-4-56-60.

11. Alekseev G.V., Bridenko I.I., Verboloz E.I., et al. Rol′ komp′yuternogo modelirovaniya v podgotovke spetsialistov prodovol′stvennogo napravleniya [The role of computer modeling in food industryeducation]. *Aktual'nye problemy prikladnoy matematiki, informatiki i mekhaniki: sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Topical issues of applied mathematics, computer science, and mechanics: Proceedings of the International Scientific and Technical conference]. Voronezh, 2017, pp. 161–168. (In Russ.).

12. Verboloz E.I., Alexeev G.V., and Aksenova O.I. Influence of the heat processing on functional characteristics of the minced fish. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*, 2016, no. 1, pp. 107–112. (In Russ.).

13. Romanchikov S.A. and Nikolyuk O.I. Innovative solutions for increasing the nutritional value of food rations. *Resursnoe obespechenie silovykh ministerstv i vedomstv: vchera, segodnya, zavtra: sbornik statey II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Resource provision of power ministries and departments: yesterday, today, tomorrow: proceedings of the II International Scientific and Practical Conference]. Perm, 2016, pp. 308–311. (In Russ.).

14. Babakin B.S. and Erkin M.A. Issledovaniya teplomassoobmena vozdukhookhladitelya v usloviyakh ehlektrokonvektsii [Studies of the heat and mass transfer of the air cooler under the conditions of electroconvection]. *Primenenie psevdokipyashchego sloya i flyuidizirovannykh sistem v pishchevoy vkusovoy i biotekhnologicheskoy promyshlennosti: tezisy dokladov nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Application of a pseudo-boiling layer and fluidized systems in the food and biotechnology industry: abstracts of scientific and technical conference reports]. Plovdiv, 1989, pp. 19–20. (In Russ.).

15. Rogov I.A., Babakin B.S., Mikhajlov N.A., and Bovkun M.R. Simulation of electrical convection effect onto the heat exchange in air condensator. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 1991, no. 1, pp. 54–58. (In Russ.).

16. Kodentsova V.M. Sovremennye tendentsii v vitaminologii [Modern trends in vitaminology]. *Problems of Nutrition*, 2018, vol. 87, no. S5, pp. 59–60. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10145.

17. Vrzhesinskaya O.A. and Kodentsova V.M. Enriched foodstuffs: the estimation of the maximal possible intake of vitamins, iron, calcium. *Problems of Nutrition*, 2007, vol. 46, no. 4, pp. 41–48. (In Russ.).

18. Kodentsova V.M. and Vrzhesinskaya O.A. The justification of levels of vitamins and minerals added to foods of mass consumption. *Problems of Nutrition*, 2011, vol. 80, no. 6, pp. 64–70. (In Russ.).

19. Valeeva Eh.R. and Ismagilova G.A. Risk dlya zdorov′ya podrostkov, obuslovlennyy khimicheskoy kontaminatsiey pishchevykh produktov [Health risks from chemical contamination of food to teenagers]. *Problems of Nutrition*, 2018, vol. 87, no. S5, pp. 179–180. (In Russ.). DOI: https:// doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10287.

20. Kodentsova V.M. and Vrzhesinskaya O.A. The analysis of domestic and international policy of food fortification with vitamins. *Problems of Nutrition*, 2016, vol. 85, no. 2, pp. 31–50. (In Russ.).

Романчиков Сергей Александрович
канд. техн. наук, докторант, Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева, 199034, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. Макарова, 8, тел.: +7 (911) 209-49-67, e-mail: romanchkovspb@mail.ru.
https://orcid.org/0000-0003-4387-6822

Sergei A. Romanchikov
Cand.Sci.(Eng.), Doctoral student of the A.V. Khruyov Military Educational Institution of Logistics, 8, Makarov Emb., Saint Petersburg, 199034, Russia, phone: +7 (911) 209-49-67, e-mail: romanchkovspb@mail.ru.
https://orcid.org/0000-0003-4387-6822