

## ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧУГУННЫХ КОНФОРОК ЭЛЕКТРОПЛИТ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИТАНИЯ

### **Кирпичников Владимир Павлович**

доктор технических наук, профессор кафедры ресторанного бизнеса РЭУ им. Г. В. Плеханова.

Адрес: ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова», 117997, Москва, Стремянный пер., д. 36.

E-mail: vpkirpichnikov@mail.ru

### **Давыдов Артём Михайлович**

кандидат технических наук, доцент кафедры ресторанного бизнеса РЭУ им. Г. В. Плеханова.

Адрес: ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова», 117997, Москва, Стремянный пер., д. 36.

E-mail: amdavydov@mail.ru

### **Давыдов Денис Михайлович**

кандидат технических наук, декан факультета гостинично-ресторанной, туристической и спортивной индустрии РЭУ им. Г. В. Плеханова.

Адрес: ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова», 117997, Москва, Стремянный пер., д. 36.

E-mail: davydov.dm@rea.ru

В статье приведен анализ факторов, влияющих на срок службы чугунных конфорок кухонных электроплит предприятий общественного питания. Показано, что температурный режим рабочей поверхности конфорки и, соответственно, нагревательной спирали существенно зависит от материала наплитной посуды и от усредненного воздушного зазора между рабочей поверхностью конфорки и дном посуды, величина которого изменяется в результате температурной деформации рабочей поверхности конфорки при нагревании. Для уменьшения величины усредненного воздушного зазора между конфоркой и наплитной посудой в процессе приготовления пищи предлагается осуществлять механическую обработку рабочей поверхности конфорки в процессе ее изготовления при установившемся температурном режиме. Улучшение прилегания дна наплитной посуды к рабочей поверхности конфорки приведет к снижению температуры на ее рабочей поверхности и, как следствие, к оптимизации процесса тепловой кулинарной обработки продукции, значительному увеличению срока службы конфорки, а также снижению удельного расхода электрической энергии на единицу производимой продукции.

*Ключевые слова:* рабочая поверхность конфорки, усредненный воздушный зазор, температурная деформация.

## RAISING ENGINEERING AND ECONOMIC FIGURES OF ELECTRIC STOVE IRON RINGS FOR CATERING ENTERPRISES

### **Kirpichnikov, Vladimir P.**

Doctor of Sciences, Professor of the Department for Restaurant Business of the PRUE.

Address: Plekhanov Russian University of Economics, 36 Stremyanny Lane, Moscow, 117997, Russian Federation.

E-mail: vpkirpichnikov@mail.ru

### **Davydov, Artem M.**

PhD, Assistant Professor of the Department for Restaurant Business of the PRUE.

Address: Plekhanov Russian University of Economics, 36 Stremyanny Lane, Moscow, 117997, Russian Federation.

E-mail: amdavydov@mail.ru

### **Davydov, Denis M.**

PhD, Dean of Hotel, Restaurant, Tourism and Sport Industry Faculty of the PRUE.

Address: Plekhanov Russian University of Economics, 36 Stremyanny Lane, Moscow, 117997, Russian Federation.

E-mail: davydov.dm@rea.ru

The article provides analysis of the factors affecting service life of electric stove iron rings at catering enterprises. It is shown that temperature conditions of the ring working surface and the heating spiral depend seriously on the material of kitchen utensils and on the average air gap between the ring working surface and utensils' bottom, whose value is measured as a result of temperature deforming of the ring working surface during heating. In order to diminish the value of average air gap between the ring and kitchen utensils in the process of food cooking it is proposed to treat mechanically the ring working surface during its manufacturing with fixed temperature conditions. Better adjoining of the utensils' bottom to the ring working surface can lead to decreasing temperature on its working surface and thus, to optimization of the process of thermal treatment of food, which can increase service life of the ring and cut specific consumption of electric power per unit of cooked food.

*Keywords:* ring working surface, average air gap, temperature deforming.

**К**ухонные плиты предназначены для тепловой кулинарной обработки продуктов в наплитной посуде и относятся к универсальному тепловому оборудованию с непосредственным обогревом. Плита представляет собой рабочую поверхность (сплошную или состоящую из отдельно стоящих конфорок), на которую устанавливается различная наплитная посуда. При этом плита должна обеспечивать

равномерный и регулируемый во времени интенсивный нагрев дна посуды.

Плиты с чугунными конфорками делятся по типу используемых в них нагревателей на плиты с конфорками открытого типа (нихромовая спираль в керамических бусах уложена в пазах чугунного корпуса); с конфорками закрытого типа (нихромовая спираль запрессована в изоляционной массе в пазах чугунного корпуса); с конфорка-

ми герметичного типа (нихромовая спираль в трубчатом нагревательном элементе, который залит в чугунном корпусе) [3].

Чугунные конфорки обладают большой массой, что является одновременно их преимуществом и недостатком. Большая масса конфорки аккумулирует большое количество энергии, которая затем отдается продукту на стадии его разогрева, тем самым обеспечивая оптимальный подвод энергии к продукту без значительного увеличения установленной мощности. В связи с этим конфорки с большой массой обладают значительным преимуществом в осуществлении соморегулируемого технологического процесса тепловой кулинарной обработки продукции в сравнении с конфорками малой массы.

Оптимизация процесса тепловой кулинарной обработки продукции всегда приводит к снижению удельного расхода электрической энергии на единицу производимой продукции и повышению качества готовых изделий. Однако чугунные конфорки обладают большой инерционностью, что делает задачу автоматического регулирования температурного режима конфорки затруднительной, а в большинстве случаев практически невозможной.

Срок службы конфорок определяется в основном сроком службы спирали, который в свою очередь определяется условиями среды, в которой она находится, и ее рабочей температурой. Зависимость срока службы спирали из нихрома от температуры представлена на графике (рис. 1).

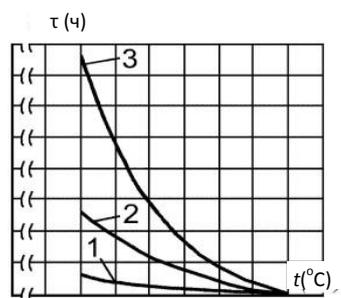


Рис. 1. Зависимость срока службы спирали из нихрома от температуры (в рабочем диапазоне) для нагревателя: 1 – открытого; 2 – закрытого; 3 – герметичного

Как видно из рис. 1, незначительное изменение температуры приводит к резкому изменению срока ее службы. Кроме того, срок службы нагревателя существенно зависит от взаимодействия токопроводящей проволоки с воздухом, которое предопределяет скорость термической коррозии токопроводящего проводника и в итоге срок его службы. Так, при одной и той же температуре срок службы открытых нагревательных элементов будет значительно меньше, чем закрытых и особенно герметичных.

Таким образом, главным условием повышения срока службы конфорки является создание таких условий ее работы, при которых рабочая температура спирали была бы значительно ниже температуры плавления металла, из которого она изготовлена.

Температура спирали жестко связана с температурой на рабочей поверхности конфорки и обычно превышает ее на 200...400°С в зависимости от условий теплоотдачи от спирали к корпусу конфорки.

Температурный режим рабочей поверхности конфорки при ее работе с наплитной посудой зависит от удельной мощности конфорки, материала конфорки и посуды, наличия воздушных зазоров между спиралью и электроизоляцией конфорки, величины усредненного воздушного зазора между конфоркой и наплитной посудой и т. д. [2; 7].

В процессе эксплуатации конфорок при загрузке их рабочей поверхности, как правило, происходит увеличение коэффициента теплоотдачи от конфорки к продукту и, как следствие, снижение температуры рабочей поверхности. Однако это не всегда так. В некоторых случаях температура на рабочей поверхности конфорки может повышаться. Объясняется это тем, что между рабочей поверхностью конфорки и наплитной посудой образуется воздушный зазор, который представляет собой дополнительное термическое сопротивление на пути движения тепла от конфорки к продукту. Величина этого сопротивления зависит от толщины и теплопроводности

прослойки воздуха и коэффициента теплоотдачи от конфорки к наплитной посуде. Так как толщина слоя воздуха между конфоркой и наплитной посудой мала, то конвективный теплообмен между ними будет отсутствовать. Лучистый же теплообмен будет определяться степенью черноты материала посуды и конфорки.

В связи с тем что теплопередача от конфорки к наплитной посуде осуществляется лучеиспусканием через воздух, теплопроводность которого очень мала ( $0,036 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$ ), термическое сопротивление будет сильно зависеть от толщины прослойки воздуха и степени черноты материала наплитной посуды и конфорки.

Величина усредненного воздушного зазора между конфоркой и наплитной посудой в процессе эксплуатации зависит от плотности прилегания дна наплитной посуды к поверхности конфорки. При неровном дне наплитной посуды и рабочей поверхности конфорки усредненный воздушный зазор возрастает, что приводит к увеличению термического сопротивления и, как следствие, к увеличению температуры поверхности конфорки.

Как показали исследования, проведенные в РЭУ им. Г. В. Плеханова, при установке на рабочую поверхность чугунной конфорки, разогретой до установившейся температуры, наплитной посуды из алюминия и обычной стали, соответствующей ее размерам и заполненной водой, температура на рабочей поверхности существенно изменяется (рис. 2).

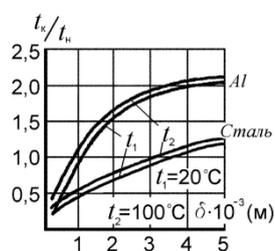


Рис. 2. Зависимость между отношением установившейся на поверхности конфорки конечной температуры к начальной ( $t_k/t_n$ ) и величиной усредненного воздушного зазора (б) между конфоркой и наплитной посудой (алюминиевой и стальной)

Эти изменения зависят от величины усредненного воздушного зазора между конфоркой и наплитной посудой, а также материала посуды. Так, при толщине воздушной прослойки для алюминиевой посуды до 1 мм, а стальной посуды – до 3,5 мм установившаяся температура на поверхности конфорки становится ниже первоначального значения. При толщине воздушной прослойки для посуды из алюминия и стали более 1 и 3,5 мм соответственно температура на конфорке становится выше первоначального значения.

Увеличение температуры на рабочей поверхности конфорки приводит к значительному увеличению температуры спирали и, как следствие, к резкому сокращению срока ее службы. Кроме того, увеличиваются продолжительность тепловой кулинарной обработки, расход электроэнергии и снижается качество готового изделия.

Величина усредненного воздушного зазора между рабочей поверхностью конфорки и дном наплитной посуды определяется величиной деформации корпуса конфорки за счет неравномерности его нагрева. Результаты исследования полей деформации рабочих поверхностей конфорок различных типов при установившейся температуре представлены в работе [2].

В качестве примера рассмотрим наиболее характерное аксонометрическое изображение деформации рабочей поверхности серийной конфорки плиты ПЭСМ-4 (рис. 3).

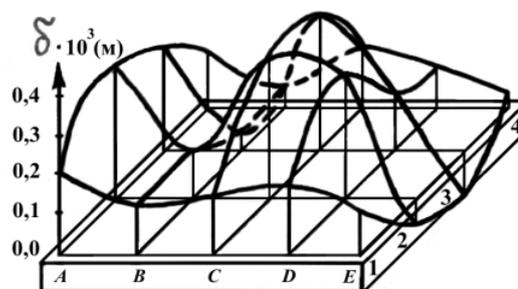


Рис. 3. Аксонометрическое поле деформации рабочей поверхности конфорки плиты типа ПЭСМ

Как видно из рис. 3, в центральной части жарочной поверхности имеется значительная выпуклость ( $0,38 \cdot 10^{-3}$  м), которая с одной стороны по продольной оси переходит в характерную седловину, а с другой стороны – в область отрицательных значений до  $-0,08 \cdot 10^{-3}$  м. Для характеристики деформации рабочей поверхности конфорки при установившейся температуре введена разность между максимальным и минимальным значениями деформации ( $\Delta\delta$ ).

Как показали проведенные исследования [2], чугунные конфорки для различных электроплит имеют разность между максимальным и минимальным значениями деформации при установившейся температуре от 0,61 до 1,2 мм. С учетом неровности дна наплитной посуды усредненный воздушный зазор между посудой и рабочей поверхностью конфорки всегда будет больше 1 мм. При этом использование алюминиевой посуды приведет к повышению температуры рабочей поверхности конфорки (см. рис. 2) и, как следствие, к недопустимому повышению температуры спирали и, соответственно, к резкому сокращению срока ее службы. Исходя из этого можно сделать вывод о недопустимости использования алюминиевой посуды при тепловой кулинарной обработке продукции на чугунных конфорках электроплит предприятий питания.

Что касается наплитной посуды из обычной стали, то ее использование прак-

тически всегда (до величины усредненного зазора 3,5 мм) приводит к снижению температуры на поверхности конфорки и, соответственно, температуры спирали, а следовательно, увеличению срока ее службы. Снижение температуры рабочей поверхности конфорки приведет к снижению температуры в рабочей зоне плиты [4; 5].

Для уменьшения величины усредненного воздушного зазора между конфоркой и наплитной посудой в процессе приготовления пищи предлагается осуществлять механическую обработку рабочей поверхности конфорки в процессе ее изготовления при установившемся температурном режиме, т. е. через 60 минут после ее включения на номинальной мощности. В этом случае в разогретом состоянии рабочая поверхность конфорки будет идеально ровной. Однако технологический процесс изготовления конфорки усложнится, а ее рабочая поверхность в холодном состоянии будет иметь неровную форму, соответствующую обратной картине рабочей поверхности в горячем состоянии.

Усложнение процесса изготовления чугунных конфорок, а следовательно, их удорожание многократно окупится за счет оптимизации процесса тепловой кулинарной обработки продукции и значительного увеличения срока их службы, а также снижения удельного расхода электрической энергии на единицу производимой продукции.

#### Список литературы

1. Зиновьев В. Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах : справочник. – М. : Металлургия, 1989.
2. Кирпичников В. П. Научное обоснование технологических и энергетических параметров электротепловых аппаратов общественного питания : дис. ... д-ра техн. наук. – М., 1990.
3. Кирпичников В. П., Ботов М. И. Тепловое оборудование предприятий общественного питания : справочник. – М. : Издательский центр «Академия», 2005.
4. Кирпичников В. П., Давыдов А. М. Математическая обработка распределения границ недопустимых температур в рабочей зоне кухонных электроплит // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. – 2013. – № 5 (59). – С. 68–73.
5. Кирпичников В. П., Давыдов А. М. Температурные поля рабочей зоны электроплит предприятий общественного питания // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. 2009. – № 11 (25). – С. 96–103.

6. Солдусова Е. А. Анализ термонапряженного состояния и проектирования элементов машин и аппаратов коммунального хозяйства и бытового обслуживания // Состояние и перспективы развития сервиса в Поволжском регионе : тезисы докладов Поволжской региональной научно-практической конференции. – Самара : СФ МГУС, 2002.

7. Солдусова Е. А., Клебанов Я. М., Ботов М. И. Анализ влияния воздушных зазоров между спиралью и электроизоляцией на температурное поле конфорок электрических плит // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». – 2007. – № 1 (19). – С. 123–130.

8. Hegbom Th. Integrating Electrical Heating Elements in Product Design. – CRC Press, 1997.

9. Product marketplace // Foodservice Equipment & Supplies. – 2000. – Vol. 53. – N 6. – P. 81–94.

#### References

1. Zinov'ev V. E. *Teplofizicheskie svoystva metallov pri vysokikh temperaturakh* [Thermal and Physical Properties of Metals at High Temperatures], reference book. Moscow, Metallurgiya, 1989. (In Russ.).

2. Kirpichnikov V. P. *Nauchnoe obosnovanie tekhnologicheskikh i energeticheskikh parametrov elektroteplovyykh apparatov obshchestvennogo pitaniya*. Diss. dokt. tekhn. nauk [Scientific Grounds of Technological and Power Parameters of Electric – Thermal Devices of Public Catering. Dr. technical sci. diss.]. Moscow, 1990. (In Russ.).

3. Kirpichnikov V. P., Botov M. I. *Teplovoe oborudovanie predpriyatiy obshchestvennogo pitaniya* [Thermal Equipment at Public Catering Enterprises], reference book. Moscow, Publishing Center 'Academy', 2005. (In Russ.).

4. Kirpichnikov V. P., Davydov A. M. *Matematicheskaya obrabotka raspredeleniya granits nedopustimyykh temperatur v rabochey zone kukhonnykh elektroplit* [Mathematic Processing of Distributing Borders of Unacceptable Temperatures in the Working Zone of Electric Stoves]. *Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G. V. Plekhanova* [Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics], 2013, No. 5 (59), pp. 68–73. (In Russ.).

5. Kirpichnikov V. P., Davydov A. M. *Temperaturnye polya rabochey zony elektroplit predpriyatiy obshchestvennogo pitaniya* [Temperature Fields of Electric Stove Working Zone at Public Catering Enterprises]. *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo* [Issues of Today's Science and Practice. Vernadskiy University], 2009, No. 11 (25), pp. 96–103. (In Russ.).

6. Soldusova E. A. *Analiz termonapryazhennogo sostoyaniya i proektirovaniya elementov mashin i apparatov kommunal'nogo khozyaystva i bytovogo obsluzhivaniya* [Analyzing Thermal Stressed Condition and Designing Elements for Machines and Devices of Municipal Utilities and Consumer Services]. *Sostoyanie i perspektivy razvitiya servisa v Povolzhskom regione : tezisy докладов Povolzhskoy regional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Condition and Prospects of Developing Services in Povolzhie Region: theses of reports of the Regional Conference]. Samara, SF MGUS, 2002. (In Russ.).

7. Soldusova E. A., Klebanov Ya. M., Botov M. I. *Analiz vliyaniya vozdushnykh zazorov mezhdu spiral'yu i elektroizolyatsiey na temperaturnoe pole konforok elektricheskikh плит* [Analyzing the Impact of Air Gaps between Spiral and Electric Isolation on the Temperature Field of Electric Stove Rings]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya «Tekhnicheskie nauki»* [Bulletin of the Samara State Technical University. Series 'Technical Sciences'], 2007, No. 1 (19), pp. 123–130. (In Russ.).

8. Hegbom Th. Integrating Electrical Heating Elements in Product Design. CRC Press, 1997.

9. Product marketplace. *Foodservice Equipment & Supplies*, 2000, Vol. 53, No. 6, pp. 81–94.