

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЗАГРУЗКИ НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПИЩЕВАРОЧНЫХ КОТЛОВ

Кирпичников Владимир Павлович

доктор технических наук, профессор кафедры технико-экономических систем 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 технико-экономических систем 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

В статье на основании уравнений теплового баланса представлен анализ теоретического исследования влияния загрузки варочного сосуда на технико-экономические показатели пищеварочных котлов различной емкости. При этом наглядно показано, что чем больше у котла емкость варочного сосуда, тем выше его к. п. д. и меньше удельный расход электроэнергии на единицу производимой продукции. Однако с уменьшением загрузки варочного сосуда энергетическая эффективность тепловой кулинарной обработки в котле существенно снижается. Соответственно, экономически выгодно иметь на предприятии котлы большой емкости. При этом их загрузка должна быть не менее 60% от номинального объема.

Ключевые слова: пищеварочные котлы, энергетическая эффективность пищеварочных котлов, предприятия общественного питания.

THE IMPACT OF LOADING VALUE ON TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF FOOD-COOKING CALDRONS

Kirpichnikov, Vladimir P.

Doctor of Sciences, Professor of the Department for Technical and Economic Systems 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 Technical and Economic Systems of the PRUE.
Address: Plekhanov Russian University of Economics, 36 Stremyanny Lane, Moscow, 117997, Russian Federation.
E-mail: amdavydov@mail.ru

The article on the basis of the equation of thermal balance provides analysis of the theoretical research dealing with the impact of cooking caldron loading on technical-economic indicators of caldrons of different capacity. It was shown that the bigger capacity the caldron has, the higher efficiency factor and the lower specific expenditure of electricity per unit of output it has. However, with lower loading of the cooking caldron power efficiency of thermal treatment in the caldron drops significantly. Thus it is more profitable to install at enterprises caldrons of bigger capacity. At the same time loading should be no less than 60% of the nominal value.
Keywords: cooking caldrons, power efficiency of cooking caldrons, public catering enterprises.

Варка – один из основных видов тепловой кулинарной обработки пищевых продуктов, который заключается в нагреве продукта в жидкой среде. Такой средой могут служить вода, бульон, молоко, соус, сок, сироп и влажный насыщенный пар. В связи с этим пищеварочные котлы нашли широкое распространение в предприятиях общественного питания.

Рабочую камеру пищеварочных котлов называют варочным сосудом. Наибольшее распространение получили пищеварочные котлы с цилиндрической формой варочного сосуда и полезной вместимостью 40, 60 и 100 литров.

Анализ технико-экономических показателей пищеварочных котлов можно провести с помощью уравнения теплового баланса, который для пищеварочного котла составляется на самый энергоемкий режим – нагревание воды.

Затрачиваемое количество теплоты для периода разогрева и периода варки (стационарного режима) для котлов с негерметичной крышкой определяют по следующим формулам¹:

а) для периода разогрева:

$$Q_{затр}^{раз} = Q_{пол} + Q_{исп} + Q_{огр} + Q_{кон}, \quad (1)$$

где $Q_{затр}^{раз}$ – затрачиваемое количество теплоты для периода разогрева, кДж;

$Q_{пол}$ – полезная теплота, затрачиваемая на нагревание воды, кДж;

$Q_{исп}$ – потери теплоты на испарение с уходящим из котла паром, кДж;

$Q_{огр}$ – потери теплоты в окружающую среду наружными ограждениями котла, кДж;

$Q_{кон}$ – потери теплоты на разогрев конструкции котла, кДж;

б) для периода варки:

$$Q_{затр}^{вар} = Q_{исп} + Q_{огр}, \quad (2)$$

где $Q_{затр}^{вар}$ – затрачиваемое количество теплоты для периода варки, кДж.

Общее количество теплоты, затрачиваемое на весь процесс тепловой кулинарной обработки ($Q_{затр}^{общ}$), определяется как сумма затрат в период разогрева и стационарного режима:

$$Q_{затр}^{общ} = Q_{затр}^{раз} + Q_{затр}^{вар}. \quad (3)$$

Количество электрической энергии, выделяемой в период разогрева и период варки, определяется из выражения

$$W = P \cdot \tau, \quad (4)$$

где W – расход электроэнергии за соответствующий период, кВт · ч;

¹ Кирпичников В. П., Ботов М. И. Оборудование предприятий общественного питания. – Ч. 2. Тепловое оборудование : учебник для студентов высших учебных заведений. – 2-е изд. – М. : Академия, 2012.

P – мощность котла в соответствующий период, кВт;

τ – продолжительность соответствующего периода, ч.

Удельная энергоёмкость (массовая мощность) представляет собой отношение номинальной мощности котла ($P_{\text{раз}}$) к его полезной ёмкости:

$$\omega_3 = \frac{P_{\text{раз}}}{m_{\text{в}}}, \quad (5)$$

где ω_3 – удельная энергоёмкость, кВт/кг;

$m_{\text{в}}$ – масса заливаемой воды в варочный сосуд, кг.

Продолжительность периода варки в пищеварочных котлах колеблется в пределах от 10 мин до 4 часов [3] в зависимости от осуществляемого процесса приготовления соответствующего блюда. Для упрощения расчетов принимаем продолжительность периода варки, равную одному часу.

В качестве примера рассмотрим технико-экономические показатели пищеварочных котлов с цилиндрической формой варочного сосуда и негерметичной крышкой типа КПЭ [1]. Результаты расчета при полной загрузке варочного сосуда представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Основные технико-экономические показатели пищеварочных котлов

Показатель	Вместимость котла, л		
	40	60	100
Мощность для периода разогрева ($P_{\text{раз}}$), кВт	6	8	15
Мощность для периода варки ($P_{\text{вар}}$), кВт	1	1,33	2,5
Удельная массовая мощность (ω_3), кВт/кг	0,150	0,133	0,150
Продолжительность разогрева ($\tau_{\text{р}}$), мин	55	60	43
Расход электроэнергии за период разогрева ($W_{\text{раз}}$), кВт·ч	5,5	8	10,75
Расход электроэнергии за период варки ($W_{\text{вар}}$), кВт·ч	1	1,33	2,5
Суммарный расход электроэнергии ($W_{\text{общ}}$), кВт·ч	6,5	9,33	13,25

С изменением величины загрузки варочного сосуда в уравнении теплового баланса (1) изменятся только три составляющие для периода разогрева: $Q_{\text{пол}}$, $Q_{\text{исп}}$ и $Q_{\text{огр}}$. Основные составляющие уравнения теплового баланса в период разогрева – это полезная теплота ($Q_{\text{пол}}$), затрачиваемая на нагревание воды и на разогрев конструкции ($Q_{\text{кон}}$) котла. Потери же на испарение и в окружающую среду наружными стенками котла в период разогрева малы и не превышают 5%, а их изменения с изменением продолжительности разогрева ничтожно малы и ими можно пренебречь.

Количество же теплоты, затрачиваемой на разогрев конструкции, есть величина постоянная, не связанная с величиной загрузки варочного сосуда. Соответственно, определяющей величиной, влияющей на

продолжительность периода разогрева, будет полезная теплота.

Полезное количество теплоты ($Q_{\text{пол}}$) в период разогрева – это количество теплоты, затраченной на нагревание заданной массы воды в варочном сосуде, которое определяется по формуле

$$Q_{\text{пол}} = c_{\text{в}} \cdot m_{\text{в}} \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}), \quad \text{кДж}, \quad (6)$$

где $c_{\text{в}}$ – теплоемкость воды, 4,19 кДж/(кг·К);

$m_{\text{в}}$ – масса заливаемой воды в варочный сосуд, кг;

$t_{\text{к}}$, $t_{\text{н}}$ – соответственно конечная и начальная температура воды (100 и 20°C).

Для перевода расхода электроэнергии за период разогрева ($W_{\text{раз}}$) в кВт·ч в количество затраченной теплоты ($Q_{\text{затр}}^{\text{раз}}$) в кДж

следует полученное значение $W_{раз}$ умножить на 3 600.

Продолжительность периода разогрева (τ_p) при различной величине загрузки определяется по формуле

$$\tau_p = \frac{Q_{загр}^{раз}}{60 \cdot P_{раз}} \text{ МИН.} \quad (7)$$

Результаты расчета количества затраченной ($Q_{загр}^{раз}$), полезной ($Q_{пол}$) теплоты и продолжительности разогрева (τ_p) при различной величине загрузки (m_b) для котлов различной емкости представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчета технико-экономических показателей пищеварочных котлов при различной загрузке варочного сосуда

m_b , КГ	Вместимость котла, л								
	40			60			100		
	Q , кДж		τ_p , МИН	Q , кДж		τ_p , МИН	Q , кДж		τ_p , МИН
	$Q_{загр}^{раз}$	$Q_{пол}$		$Q_{загр}^{раз}$	$Q_{пол}$		$Q_{загр}^{раз}$	$Q_{пол}$	
$1,0 \cdot m_b$	19 800	13 408	55	28 800	20 112	60	38 700	33 520	43
$0,8 \cdot m_b$	17 118	10 726	47,5	24 023	16 089	50	31 996	26 816	35,5
$0,7 \cdot m_b$	15 777	9 385	43,8	22 766	14 078	47,4	28 644	23 464	31,8
$0,6 \cdot m_b$	14 437	8 045	40,1	20 755	12 067	43,2	25 292	20 112	28,1
$0,5 \cdot m_b$	13 096	6 704	36,4	18 744	10 056	39	21 940	16 760	24,4
$0,4 \cdot m_b$	11 755	5 363	32,6	16 733	8 045	34,8	18 588	13 408	20,6

Удельный расход энергии на тепловую кулинарную обработку единицы производимой продукции является одним из основных показателей работы предприятия общественного питания. Обычно эта величина измеряется в кВт · ч на тысячу условных блюд или кВт · ч/кг и определяется по формуле

$$\omega = \frac{W_{общ}}{m_b}, \quad (8)$$

где ω – удельный расход электроэнергии, кВт · ч/кг.

Коэффициент полезного действия (КПД) пищеварочного котла определяется из выражения

$$\eta = \frac{Q_{пол}}{Q_{загр}^{раз}}. \quad (9)$$

Результаты расчета общего расхода электроэнергии, КПД и удельного расхода энергии на процесс в зависимости от массы загрузки для котлов различной емкости представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты расчета энергетических показателей пищеварочных котлов в зависимости от массы загрузки

m , КГ	Вместимость котла, л								
	40			60			100		
	$W_{общ}$, кВт · ч	η , %	ω , кВт · ч/кг	$W_{общ}$, кВт · ч	η , %	ω , кВт · ч/кг	$W_{общ}$, кВт · ч	η , %	ω , кВт · ч/кг
$1,0 \cdot m_b$	6,5	67,7	0,1625	9,33	69,8	0,1555	13,25	86,6	0,1325
$0,8 \cdot m_b$	5,75	62,6	0,1797	7,99	66,9	0,1664	11,37	83,8	0,1421
$0,7 \cdot m_b$	5,38	59,5	0,1921	7,65	61,8	0,1821	10,45	81,9	0,1493
$0,6 \cdot m_b$	5,01	55,7	0,2087	7,09	58,1	0,1969	9,52	79,5	0,1586
$0,5 \cdot m_b$	4,64	51,2	0,2320	6,53	53,6	0,2176	8,6	76,4	0,1720
$0,4 \cdot m_b$	4,26	45,6	0,2662	5,97	48,1	0,2487	7,65	72,1	0,1911

Из приведенных данных видно, что чем больше у котла емкость варочного сосуда, тем выше его КПД и меньше удельный расход электроэнергии на единицу производимой продукции. Однако с уменьшением загрузки варочного сосуда энергетическая эффективность тепловой кулинарной обработки в котле существенно снижается: КПД уменьшается, а удельный расход электроэнергии растет. Соответ-

ственно, на предприятии экономически выгодно иметь котлы большой емкости, но при этом их загрузка должна быть не менее 60% от номинального объема варочного сосуда. При неправильном выборе пищевого котла (завышена емкость) котел часто работает в недогруженном режиме, что приводит к резкому увеличению удельного расхода электрической энергии на единицу производимой продукции.

Список литературы

1. Зиборов Д. М. Обоснование методики расчета теплотехнических характеристик перспективных универсальных теплоносителей // Наука и бизнес: пути развития. – 2014. – № 10. – С. 33–37.
2. Кирпичников В. П., Давыдов А. М. Математическая обработка результатов исследования границ недопустимых температур тепловых аппаратов предприятий общественного питания // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. – 2016. – № 1 (85). – С. 108–111.
3. Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий. Нормативная документация для предприятий общественного питания / сост. А. В. Румянцева. – М.: Дело и Сервис, 1998.
4. Шихалёв С. В., Ермаков С. А., Решетников И. Ф. Закономерности процесса разогрева пищевых сред с различными физико-химическими свойствами в варочных аппаратах с рубашкой // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2008. – № 1. – С. 70–72.

References

1. Ziborov D. M. Obosnovanie metodiki rascheta teplotekhnicheskikh kharakteristik perspektivnykh universal'nykh teplonositeley [Substantiating Methodology of Calculation of Thermal and Technical Characteristics of the Promising Universal Thermal Carriers]. *Nauka i biznes: puti razvitiya* [Science and Business: Ways of Development], 2014, No. 10, pp. 33–37. (In Russ.).
2. Kirpichnikov V. P., Davydov A. M. Matematicheskaya obrabotka rezul'tatov issledovaniya granits nedopustimyykh temperatur teplovykh apparatov predpriyatiy obshchestvennogo pitaniya [Mathematic Processing of the Results of Borders of Unacceptable Temperatures of Thermal Devices at Public Catering Enterprises]. *Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G. V. Plekhanova* [Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics], 2016, No. 1 (85), pp. 108–111. (In Russ.).
3. Sbornik retseptur blyud i kulinarnyykh izdeliy. Normativnaya dokumentatsiya dlya predpriyatiy obshchestvennogo pitaniya [Collection of Recipes for Dishes and Cookery. Standards for Public Catering Enterprises], compiler A. V. Rumyantseva. Moscow, Delo i Servis, 1998. (In Russ.).
4. Shikhalev S. V., Ermakov S. A., Reshetnikov I. F. Zakonomernosti protsessa razogreva pishchevykh sred s razlichnymi fiziko-khimicheskimi svoystvami v varochnyykh apparatakh s rubashkoy [Laws of the Process of Warming Food Substances with Different Physical and Chemical Properties in Cooking Devices with Shirts]. *Izvestiya vysshihkh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya* [Izvestiya of Higher Education Institutions. Food Technologies], 2008, No. 1, pp. 70–72. (In Russ.).