

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЗАГРУЗКИ НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЖАРОЧНЫХ ШКАФОВ

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

В статье обоснован выбор продукта и жарочного шкафа для анализа технико-экономических показателей жарочных шкафов. Представлены результаты расчета расхода электроэнергии при номинальной (полной) загрузке жарочного шкафа; расхода электрической энергии на процесс тепловой кулинарной обработки в зависимости от массы загрузки рабочей камеры; общего расхода электроэнергии и удельного расхода энергии на процесс в зависимости от массы загрузки шкафов различной производительности. Доказано, что с уменьшением загрузки резко повышается удельный расход электрической энергии на единицу производимой продукции, а при снижении загрузки до 60% и менее от номинальной величины необходима замена шкафа на шкаф с меньшей производительностью (вместимостью). Соответственно экономически выгодно иметь жарочные шкафы большой вместимости, но при этом их загрузка должна быть не менее 60% от номинального объема рабочей камеры.

Ключевые слова: жарочные шкафы, энергетическая эффективность жарочных шкафов, расчет жарочных шкафов.

THE IMPACT OF LOADING VALUE ON TECHNICAL AND ECONOMIC INDICES OF FRYING OVENS

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

The article substantiates the choice of the food stuff and frying oven in order to analyze technical and economic indices of frying ovens. Calculation of electric power consumption was given for the nominal (full) loading of the frying oven; of electric power consumption for the process of thermal processing depending on loading of the working chamber; total electric power consumption and specific consumption of power for the process depending on loading of ovens with different capacity. It was proven that reduction of loading sharply increases the specific consumption of electric power per unit of the ready product and in case of dropping loading to 60% and lower of the nominal value it is necessary to replace the oven by one with lower capacity. Thus it is profitable to have frying ovens of bigger capacity but the loading should be no less that 60% of the nominal volume of the working chamber.

Keywords: frying ovens, power efficiency of frying ovens, calculation of frying ovens.

Жарка – один из основных видов тепловой кулинарной обработки пищевых продуктов. Она может осуществляться на нагретой поверхности, в парогазовой среде, под действием инфракрасного излучения и путем конвективного нагрева [1]. Широкое распространение на предприятиях общественного питания получила жарка в парогазовой среде при ее естественной конвекции. К аппаратам, осуществляющим такой процесс жарки, относятся жарочные шкафы.

Ассортимент изделий, подвергающихся тепловой кулинарной обработке в жарочном шкафу, очень большой, и охватить все процессы не представляется возможным. Процессы выпечки и запекания обычно осуществляются в пекарных шкафах или конвектоматах и пароконвектоматах и для жарочных шкафов не являются характерными. Нами выбрано наиболее однородное по объему изделие из мясного фарша и наиболее характерное для жарочного шкафа. При этом результаты расчетов будут справедливы практически для всех мясных изделий, подвергающихся тепловой кулинарной обработке в жарочном шкафу.

На предприятиях общественного питания находится в эксплуатации большое

количество различных типов жарочных шкафов отечественного и зарубежного производства, которые аналогичны по устройству и принципу действия.

Отечественные шкафы используются в основном следующих типов: ШЖЭ, ШЭЖ и ЭШВ. Они различаются друг от друга в основном количеством и размерами рабочих камер, удельной поверхностной мощностью на нагревателях и способом установки. Обогрев рабочих камер шкафов осуществляется с помощью тэнов, которые открыто расположены в верхней части камер, а в нижней части закрыты стальным подовым листом [1].

Нагрев изделий в шкафах осуществляется за счет конвективного теплообмена с паровоздушной средой и лучистого инфракрасного потока от разогретых элементов рабочей камеры и нагревателей. При естественной конвекции в шкафах с закрытой рабочей камерой циркуляция греющей среды практически отсутствует, поэтому возрастает роль лучистого теплообмена.

Ширина и длина рабочей камеры ограничиваются размерами используемого противня или функциональной емкости исходя из размеров, определенных эрго-

номическими исследованиями, а высота – размерами обрабатываемых изделий.

Все шкафы имеют теплоизоляцию, защищенную от механического воздействия облицовками из нержавеющей или конструкционной стали, покрытой светлой эмалью. Рабочая камера плотно закрывается теплоизолированной дверцей и имеет вентиляционное отверстие, закрываемое шибером.

Многокамерные шкафы состоят из однотипных модулей (рабочих камер). В качестве примера рассмотрим жарочные шкафы типа ШЖЭ (рис. 1) 900 серии производителя ОАО «Чувашторгтехника» [7].



Рис. 1. Шкафы жарочные электрические типа ШЖЭ:

а) – односекционный ШЖЭ-1; б) – двухсекционный ШЖЭ-2; в) – трехсекционный ШЖЭ-3

Анализ технико-экономических показателей жарочных шкафов можно провести с помощью уравнения теплового баланса, который в качестве примера для жарочного шкафа составляется для тепловой кулинарной обработки котлет натуральных рубленых (рецептура 839) [5]. Затрачиваемое количество теплоты для периода разогрева шкафа и периода жарки определяют по следующим формулам:

а) для периода разогрева:

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

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

$Q_{\text{кон}}$ – потери теплоты на разогрев конструкции шкафа, кДж;

$Q_{\text{огр}}$ – потери теплоты в окружающую

среду наружными поверхностями шкафа, кДж;

б) для периода жарки:

$$Q_{\text{затр}}^{\text{ст}} = Q_{\text{пол}} + Q_{\text{исп}} + Q_{\text{пер}} + Q_{\text{огр}}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{затр}}^{\text{ст}}$ – затрачиваемое количество теплоты для стационарного режима, кДж;

$Q_{\text{пол}}$ – полезная теплота, затрачиваемая на нагревание котлет, кДж;

$Q_{\text{исп}}$ – потери теплоты на испарение воды из котлет, кДж;

$Q_{\text{пер}}$ – потери теплоты на перегрев пара, кДж.

Расход электрической энергии для периода разогрева и периода жарки определяется из выражения

$$W = P \cdot \tau, \quad (3)$$

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

P – мощность шкафа, кВт;

τ – продолжительность соответствующего периода, ч.

Удельная массовая мощность (энергоёмкость) представляет собой отношение номинальной мощности шкафа (P_n) к его полезной вместимости в кг:

$$\omega_3 = \frac{P_n}{m_n}, \quad (4)$$

где ω_3 – удельная массовая мощность, кВт/кг;

m_n – номинальная масса загружаемого в рабочую камеру продукта, кг.

Продолжительность периода жарки (τ_j) котлет натуральных рубленых в жарочном шкафу без переворачивания колеблется в пределах от 11 до 17 минут [5]. При этом примерно 4...6 минут идет на прогревание котлеты ($\tau_{пр}$) и 7...11 минут – на доведение до готовности ($\tau_{дг}$) и образование специфической корочки при постоянной температуре. Для упрощения расчетов принимаем, что продолжительность процесса жарки (τ_j) равна 15 минутам, на загрузку и выгрузку продукта приходится 5 минут. Соответственно, с учетом загрузки и выгрузки продукта общая продолжительность процесса ($\tau_{\text{общ}}$) составит 20 минут.

Исходя из этого количество жарок (n) в шкафу в течение часа будет равно трем.

В течение рабочего дня в зависимости от типа предприятия, его мощности и режима работы продолжительность работы жарочного шкафа колеблется в широких пределах – от 2 до 10 часов. Принимаем продолжительность работы шкафа в течение рабочего дня равной 6 часам. При этом простой шкафа в течение рабочего дня в дежурном режиме учитывать не будем, так как расход энергии шкафом за период простоя в дежурном режиме не связан с величиной загрузки рабочей камеры и всегда приводит к увеличению удельного расхода электрической энергии.

Номинальная загрузка рабочей камеры жарочного шкафа ШЖЭ определяется исходя из размеров противня ($53 \times 47 \text{ см}^2$) [7] и размера котлеты (примерно 70 см^2) [4] при массе одной котлеты 143 г [5]. Соот-

ветственно единовременная номинальная масса загружаемого в рабочую камеру продукта составляет

$$m_n = (53 \times 47) / (70 \times 143) = 5088 \text{ г} = 5,0 \text{ кг}.$$

Тогда за час работы одной камеры шкафа будет пожарено 15 кг котлет, а за рабочий день – 90 кг.

Удельный расход электроэнергии на тепловую кулинарную обработку котлет определяется по формуле

$$\omega = \frac{W_{\text{общ}}}{m_n}, \quad (5)$$

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

$W_{\text{общ}}$ – суммарный расход электроэнергии, кВт · ч.

Результаты расчета при номинальной (полной) загрузке жарочного шкафа представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Основные технико-экономические показатели жарочных шкафов

Показатель	Значение		
	ШЖЭ-1	ШЖЭ-2	ШЖЭ-3
Мощность жарочного шкафа (P_n), кВт	4,8	9,6	14,4
Площадь противня, м ²	0,25	0,50	0,75
Единовременная загрузка (m_n), кг	5,0	10	15
Удельная массовая мощность (ω), кВт/кг	0,96	0,96	0,96
Продолжительность разогрева шкафа (τ_p), мин	30	30	30
Расход электроэнергии за период разогрева ($W_{\text{раз}}$), кВт · ч	2,4	4,8	7,2
Расход электроэнергии за период одной жарки ($W_{\text{жар}}$), кВт · ч	1,6	3,2	4,8
Расход электроэнергии за рабочий день (W_d), кВт · ч	28,8	57,6	86,4
Суммарный расход электроэнергии за рабочий день ($W_{\text{общ}}$), кВт · ч	31,2	62,4	93,6
Удельный расход электроэнергии за весь процесс (ω), кВт · ч/кг	0,346	0,346	0,346

С изменением величины загрузки рабочей камеры в уравнении теплового баланса (1) изменений не произойдет, так как потери теплоты на разогрев конструкции и потери в окружающую среду наружными ограждениями не связаны с величиной загрузки рабочей камеры шкафа. В уравнении (2) изменятся только три составляющие – $Q_{\text{пол}}$, $Q_{\text{исп}}$, $Q_{\text{пер}}$. Они изменятся пропорционально изменению массы за-

грузки. Однако продолжительность периода доведения до готовности котлет при постоянной температуре останется неизменной независимо от массы загружаемого продукта. Соответственно изменение массы загрузки приведет к пропорциональному сокращению только периода прогревания котлет до установившейся температуры.

Исходя из принятой ранее продолжительности периода разогрева, равной 5 минутам, и периода доведения до готовности, равного 10 минутам, можно рассчитать продолжительность периода прогревания продукта с изменением массы за-

грузки и соответственно расход электрической энергии на процесс тепловой кулинарной обработки в зависимости от массы загрузки. Результаты расчета представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Результаты расчета расхода электрической энергии на процесс в зависимости от массы загрузки

m, кг	τ _{пр} , МИН	τ _ж , МИН	τ _{общ} , МИН	n, шт/ч	Жарочные шкафы					
					ШЖЭ-1		ШЖЭ-2		ШЖЭ-3	
					W _{жар} , кВт·ч	W _д , кВт·ч	W _{жар} , кВт·ч	W _д , кВт·ч	W _{жар} , кВт·ч	W _д , кВт·ч
1,0 · m _н	5,0	15,0	20,0	3,00	1,60	28,8	3,20	57,6	4,80	86,4
0,8 · m _н	4,0	14,0	19,0	3,16	1,52	28,8	3,04	57,6	4,56	86,4
0,7 · m _н	3,5	13,5	18,5	3,24	1,48	28,8	2,96	57,6	4,44	86,4
0,6 · m _н	3,0	13,0	18,0	3,33	1,44	28,8	2,88	57,6	4,32	86,4
0,5 · m _н	2,5	12,5	17,5	3,43	1,40	28,8	2,80	57,6	4,20	86,4
0,4 · m _н	2,0	12,0	17,0	3,53	1,36	28,8	2,72	57,6	4,08	86,4

Масса котлет, произведенная за рабочий день при различной загрузке рабочей камеры, составит

$$m_p = m \cdot n \cdot 6, \quad (6)$$

где m_p – масса котлет, подвергшихся тепловой кулинарной обработке за рабочий день, кг/день;

m – единовременная загрузка шкафа, кг/загр;

n – количество загрузок (жарок) в шкафу в течение часа, загр/ч;

6 – количество часов работы шкафа за рабочий день, ч/день.

Результаты расчета общего расхода электроэнергии и удельного расхода энергии на процесс в зависимости от массы загрузки для различных шкафов представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Результаты расчета удельного расхода электроэнергии на процесс в зависимости от массы загрузки

m, кг	n, шт/ч	Жарочные шкафы					
		ШЖЭ-1		ШЖЭ-2		ШЖЭ-3	
		m _p , кг	ω, кВт·ч/кг	m _p , кг	ω, кВт·ч/кг	m _p , кг	ω, кВт·ч/кг
1,0 · m _н	3,00	90,00	0,346	180,00	0,346	270,00	0,346
0,8 · m _н	3,16	75,84	0,411	151,68	0,411	227,52	0,411
0,7 · m _н	3,24	68,04	0,458	136,08	0,458	204,12	0,458
0,6 · m _н	3,33	59,94	0,520	119,88	0,520	179,82	0,520
0,5 · m _н	3,43	51,45	0,606	102,90	0,606	154,35	0,606
0,4 · m _н	3,53	42,36	0,736	84,72	0,736	127,08	0,736

Из приведенных данных видно, что с уменьшением загрузки жарочного шкафа удельный расход электрической энергии на килограмм производимой продукции существенно возрастает.

Масса котлет, прошедших тепловую кулинарную обработку в жарочном шкафу за год, определяется по формуле

$$M_k = m_p \cdot N, \quad (7)$$

где M_k – масса котлет, прошедших тепловую кулинарную обработку в шкафу за год, кг;

N – число рабочих дней предприятия в год (принимаем равным 353).

Так, годовая масса жареных котлет при номинальной загрузке рабочей камеры составит для шкафа ШЖЭ-1 31 770 кг; ШЖЭ-2 – 63 540 кг и ШЖЭ-3 – 95 310 кг.

Расчет годового потребления электро-

энергии жарочным шкафом в кВт·ч производится по формуле [2]

$$W_{\text{год}} = M_k \cdot \omega \cdot 1,05, \quad (8)$$

где 1,05 – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в распределительной сети.

Цена на электрическую энергию отличается для различных потребителей и различных регионов России. Возьмем стоимость электроэнергии для торговых предприятий Москвы по одноставочному тарифу, действующему с 1 июля 2015 г., – 5,03 руб/кВт·ч [6]. Результаты расчетов годового расхода электроэнергии и ее стоимости ($C_э$) при жарке постоянной массы котлет при различной загрузке рабочей камеры сведены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты расчета экономической эффективности жарочных шкафов в зависимости от массы загрузки

$m, \text{ кг}$	Жарочные шкафы								
	ШЖЭ-1 (31 770 кг)			ШЖЭ-2 (63 540 кг)			ШЖЭ-3 (95 310 кг)		
	$W_{\text{год}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}$	$C_э, \text{ руб.}$	$\Delta C_э, \text{ руб.}$	$W_{\text{год}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}$	$C_э, \text{ руб.}$	$\Delta C_э, \text{ руб.}$	$W_{\text{год}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}$	$C_э, \text{ руб.}$	$\Delta C_э, \text{ руб.}$
$1,0 \cdot m_n$	11 542	58 056	-	23 084	116 112	-	34 626	174 168	-
$0,8 \cdot m_n$	13 710	68 961	10 905	27 420	137 922	21 810	41 130	206 884	32 716
$0,7 \cdot m_n$	15 277	76 843	18 787	30 554	153 686	37 574	45 831	230 530	56 362
$0,6 \cdot m_n$	17 346	87 250	29 194	34 692	174 500	58 388	52 038	261 751	87 583
$0,5 \cdot m_n$	20 216	101 686	43 630	40 432	203 373	87 261	60 648	305 059	130 891
$0,4 \cdot m_n$	24 552	123 496	65 440	49 104	246 993	130 881	73 656	370 489	196 321

Из приведенных данных видно, что с уменьшением загрузки жарочного шкафа затраты на электроэнергию существенно возрастают. Так, при работе шкафа с загрузкой 0,4 от номинального значения при производстве номинальной массы котлет в год оплата за электроэнергию возрастет в 2,13 раза. При этом переплата за год в рублевом выражении составит для ШЖЭ-1 65 440 рублей; ШЖЭ-2 – 130 881 рублей; ШЖЭ-3 – 196 321 рублей.

При неправильном выборе жарочного шкафа (завышена вместимость) он посто-

янно будет работать в недогруженном режиме. Если средняя загрузка жарочного шкафа составляет 0,6 и менее от номинальной величины, то необходима его замена на шкаф с меньшей производительностью (вместимостью), что приводит к значительному снижению удельного расхода электроэнергии. При существующей стоимости шкафов на сегодняшний день (ШЖЭ-1 – 31 300 рублей, ШЖЭ-2 – 53 000 рублей и ШЖЭ-3 – 65100 рублей [7]) такая замена окупится менее чем за год.

Список литературы

1. Кирпичников В. П., Ботов М. И. Тепловое оборудование предприятий общественного питания : справочник. – М. : Академия, 2005.
2. Кирпичников В. П., Давыдов А. М. Влияние величины загрузки на технико-экономические показатели пароконвектоматов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 6 (48). – Ч. 2. – С. 68–72.
3. 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.
4. Никуленкова Т. Т., Ястина Г. М. Проектирование предприятий общественного питания. – М. : КолосС, 2006.
5. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий : нормативная документация для предприятий общественного питания / сост. А. В. Румянцева. – М. : Дело и Сервис, 1998.
6. Тариф на электроэнергию в Москве 2015 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ruscable.ru/articles/tarifs/doc/Tarifi_2015/Tarify_na_elektroenergiu_v_Moskve_2015 (дата обращения: 12.04.2016).
7. Шкафы пекарские, жарочные и расстоечные, печи для пиццы [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.torgtech.ru/catalogue2015/> (дата обращения: 12.04.2016).

References

1. Kirpichnikov V. P., Botov M. I. Teplovoe oborudovanie predpriyatiy obshchestvennogo pitaniya, spravochnik [Thermal Equipment Catering. Directory]. Moscow, Akademiya, 2005. (In Russ.).
2. Kirpichnikov V. P., Davydov A. M. Vliyanie velichiny zagruzki na tekhniko-ekonomicheskie pokazateli parokonvektomatov [Influence of Values Loading on Technical and Economic Indicators of Combi Ovens]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*, 2016, No. 6 (48), vol. 2, pp. 68–72. (In Russ.).
3. Kirpichnikov V. P., Davydov A. M. Matematicheskaya obrabotka rezul'tatov issledovaniya granits nedopustimyykh temperatur teplovykh apparatov predpriyatiy obshchestvennogo pitaniya [Mathematic Processing of Results of Researching the Limits of Inadmissible 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.).
4. Nikulenкова Т. Т., Yastina G. M. Proektirovanie predpriyatiy obshchestvennogo pitaniya [Designing of Public Catering]. Moscow, KolosS, 2006. (In Russ.).
5. Sbornik retseptur blyud i kulinarnyykh izdeliy, normativnaya dokumentatsiya dlya predpriyatiy obshchestvennogo pitaniya [Catalogue of Recipes of Dishes and Culinary Products. Regulatory Documentation for Food Industry], comp. A. V. Rummyantseva. Moscow, Delo i Servis, 1998. (In Russ.).
6. Tarif na elektroenergiyu v Moskve 2015 [Electricity Tariffs in Moscow in 2015] [e-resurs]. (In Russ.). Available at: http://www.ruscable.ru/articles/tarifs/doc/Tarifi_2015/Tarify_na_elektroenergiu_v_Moskve_2015 (accessed 12.04.2016).
7. Shkafy pekarskie, zharochnye i rasstoechnye, pechi dlya pitctcy [Baking Cases, Ovens and Proofers, Ovens for Pizza] [e-resurs]. (In Russ.). Available at: <http://www.torgtech.ru/catalogue2015/> (accessed 12.04.2016).