

Гаврилко Петр Петрович, канд. экон. наук, проф., директор Ужгородского торгово-экономического института КНТЭУ. Адрес: ул. Коритнянская, 4, г. Ужгород, Украина, 88020.

Gavrylko Petro, candidate of economic sciences, prof., director of Uzhgorod Trade and Economic Institute of KNTEU. Address: Korytyanska st., 4, Uzhgorod, Ukraine, 88020.

Стадник Игор Ярославович, д-р техн. наук, проф., кафедра обладнання харчових технологій, Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя. Адреса: вул. Руська, 56, м. Тернопіль, Україна, 46001.

Стадник Игорь Ярославович, д-р техн. наук, проф., кафедра обладнання пищевых технологий, Тернопольский национальный технический университет им. И. Пулюя. Адрес: ул. Русская, 56, г. Тернополь, Украина, 46001.

Stadnyk Igor, Dr. of technical sciences, prof., department of food technologies equipment, Ivan Pulyui Ternopil National Technical University. Address: Ruska str., 56, Ternopil, Ukraine, 46001.

Лясота Оксана Михайлівна, канд. техн. наук, доц., кафедра обладнання харчових технологій, Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя. Адреса: вул. Руська, 56, м. Тернопіль, Україна, 46001.

Лясота Оксана Михайловна, канд. техн. наук, доц., кафедра обладнання пищевых технологий, Тернопольский национальный технический университет им. И. Пулюя. Адрес: ул. Русская, 56, г. Тернополь, Украина, 46001.

Lyasota Oksana, candidate of technical sciences, associate professor, department of food technologies equipment, Ivan Pulyui Ternopil National Technical University. Address: Ruska str., 56, Ternopil, Ukraine, 46001.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. О.Г. Терешкіним.
Отримано 15.10.2016. ХДУХТ, Харків.*

УДК 641.5

СИСТЕМНО-ДИНАМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ АПАРАТА АРЖМ-0.07-1

В.О. Потапов, С.М. Костенко

Шляхом системно-динамічного моделювання виконано комплексну оцінку апарата з рефлектором для інфрачервоного жарення м'ясних напівфабрикатів АРЖМ-0.07-1. Аналіз продуктивності, енергоємності,

металомісткості та питомої витратності доводить, що використання відбивачів променевого потоку є продуктивним і перспективним.

***Ключові слова:** системна динаміка, імітаційна модель, інфрачервоне жарення, відбивач, бифітекст, витрати.*

СИСТЕМНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ АППАРАТА АРЖМ-0.07-1

В.А. Потапов, С.Н. Костенко

Путём системно-динамического моделирования выполнена комплексная оценка аппарата с рефлектором для инфракрасной жарки мясных полуфабрикатов АРЖМ-0.07-1. Анализ продуктивности, энергоёмкости, металлоёмкости и удельной затратности доказывает, что использование отражателей лучевого потока является продуктивным и перспективным.

***Ключевые слова:** системная динамика, имитационная модель, инфракрасная жарка, бифітекст, затраты.*

SYSTEM-DYNAMIC MODELING OF COMPLEX ASSESSMENT OF ARJM-0.07-1 APPARATUS

V. Potapov, S. Kostenko

In this work the comprehensive assessment of the apparatus with a reflector for the infrared frying of meat semi-products ARJM-0.07-1 by system-dynamic modeling is carried out. Analysis of productivity, power intensity, steel intensity and specific expenses parameters proves that the using of radiation flux reflectors is productive and perspective.

***Keywords:** system dynamic, simulation model, infrared frying, reflector, steak, expenses.*

Statement of the problem. The food production enterprises require the implementation and use of infrared equipment with high comprehensive characteristics. Simulation provides a system-dynamic foundation for intensification of the frying process and optimization of the infrared frying equipment.

Review of the latest research and publications. The infrared frying foods equipment is extremely energy-intensive and does not provide a uniform irradiation of convex receiver, reducing the quality of the product [1; 2]. The use of profiled heat flux reflector provides the uniform aggregate irradiation of the convex surface of product [3; 4]. Physical, analytical and system-dynamic modeling of meat semi-products infrared frying in

apparatus ARJM 0.07-1 became the basis of a comprehensive assessment of the effectiveness of the use of heat flux reflectors [5; 6].

The objective of the research is the comprehensive assessment of ARJM-0.07-1 apparatus with a reflector for the frying of meat semi-products and its comparison with the apparatus without reflector by the system-dynamic modeling at software complex Vensim.

Presentation of the research. Unit of measurement of model time is minute in accordance with the minimum delay in the process frying of steaks. Modeling term is 20 minutes. The simulation model is shown in Fig. 1.

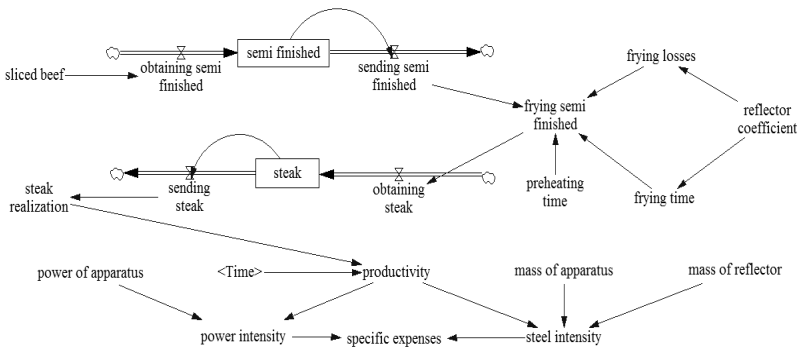


Fig. 1. Simulation model

The assumptions in the model:

- 1) beef supply is a non-recurrent pulsing;
- 2) delays in operations comply with the recommendations in manuals;

- 3) thermal processing times correspond to types of equipment;
- 4) operating losses correspond to the experimental studies;
- 5) product no residue;
- 6) product quality is constantly.

The controlled exogenous variables:

- 1) mass components (sliced beef, mass of apparatus, mass of reflector);
- 2) energy components (reflector coefficient, preheating time, power of apparatus).

The controlled endogenous variables:

- 1) frying losses is 33%, multiplied by reflector coefficient;
- 2) frying time is 15 minutes, multiplied by reflector coefficient;

3) frying semi-finished is determined by delay fixed of sending semi-finished at the sum of preheating time and frying time, taking into account frying losses;

4) productivity is determined by the steak realization in an hour;

5) power intensity is the ratio of power of apparatus to the productivity;

6) steel intensity is the ratio of the sum of mass of apparatus and of reflector to the productivity;

7) specific expenses are determined by multiplying the power intensity to steel intensity.

The model reaction is specific expenses. All factors have a combined effect on the model reaction. The following levels of factors have been taken:

- sliced beef is of 2 pieces of 200 grams each;
- mass of apparatus is 3.5 kg;
- mass of reflector is 0.5 kg;
- reflector coefficient equals 0.6, i.e. the ratio of 9 minutes (frying with reflector) to 15 minutes (frying without reflector);
- pre-heating time is 2 minutes;
- power of apparatus is 1 kW.

The experiment was performed for apparatus with reflector (reflector coefficient 0.6, weight of the reflector 0.5 kg, Current 06), and for apparatus without reflector (reflector coefficient 1, weight of the reflector 0 kg, Current 1).

The steak realization is shown in Fig. 2.

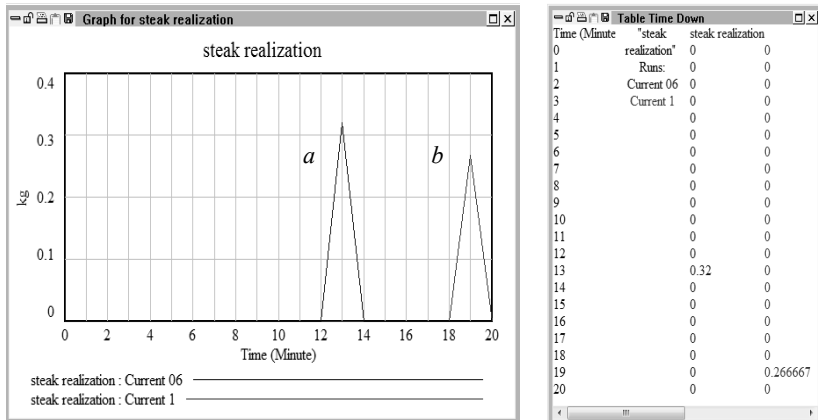


Fig. 2. Steak realization (kg): a – Current 06, b – Current 1

The productivity is shown in Fig. 3.

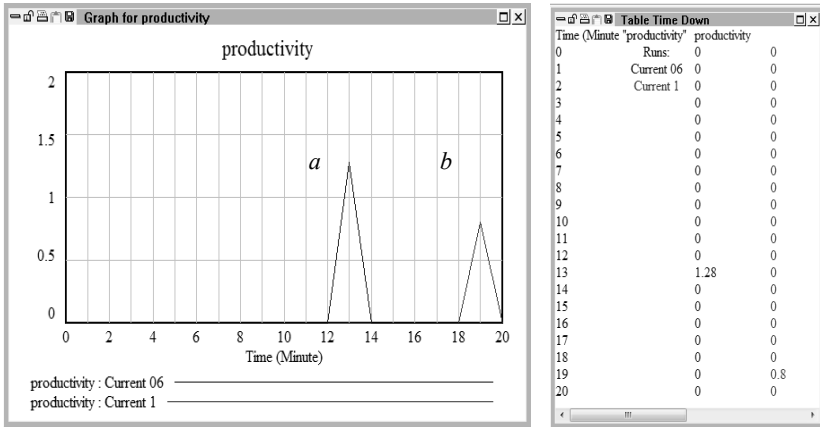


Fig. 3. Productivity (kg / hour): a – Current 06, b – Current 1

The power intensity is shown in Fig. 4.

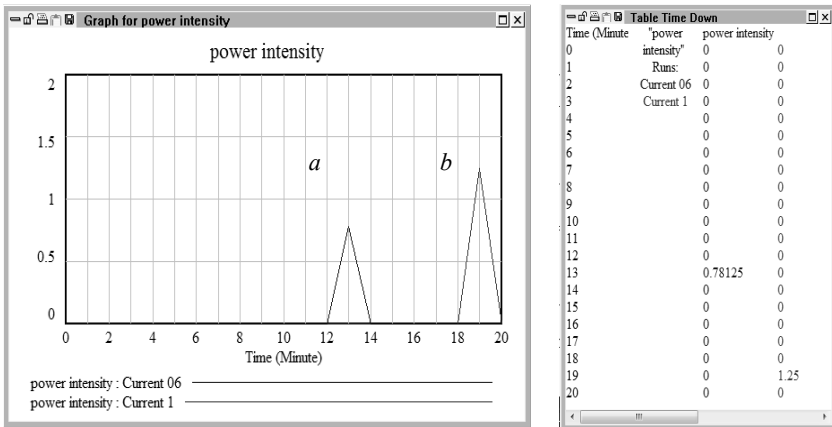
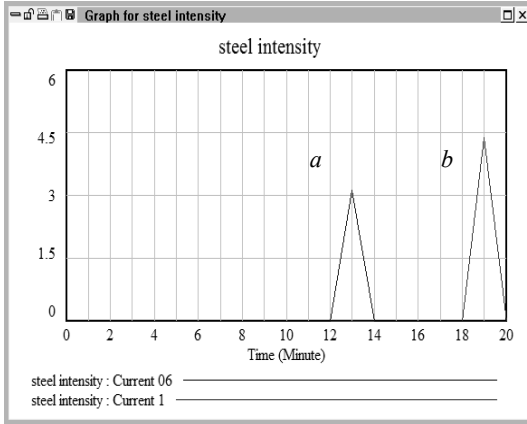


Fig. 4. Power intensity (kW hour / kg): a – Current 06, b – Current 1

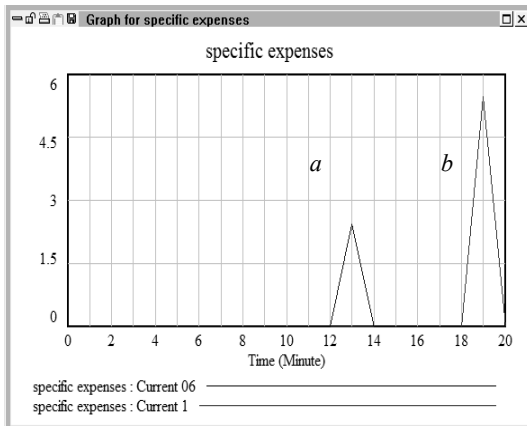
The steel intensity is shown in Fig. 5.



Time (Minute)	*steel intensity	steel intensity
0	intensity'	0
1	Runs:	0
2	Current 06	0
3	Current 1	0
4		0
5		0
6		0
7		0
8		0
9		0
10		0
11		0
12		0
13		3.125
14		0
15		0
16		0
17		0
18		0
19		4.375
20		0

Fig. 5. Steel intensity (kg hour / kg): a – Current 06, b – Current 1

The specific expenses are shown in Fig. 6.



Time (Minute)	*specific expenses	specific expenses
0	expenses'	0
1	Runs:	0
2	Current 06	0
3	Current 1	0
4		0
5		0
6		0
7		0
8		0
9		0
10		0
11		0
12		0
13		2.44141
14		0
15		0
16		0
17		0
18		0
19		5.46875
20		0

Fig. 6. Specific expenses (kW kg hour / kg): a – Current 06, b – Current 1

Thus, the use of heat flow reflector provides the following advantages:

- increase in steak realization (Fig. 2) by $0.32 / 0.27 - 1 = 1.2 - 1 = 0.2$, i.e. 20%;
- increase in productivity (Fig. 3) by $1.28 / 0.8 - 1 = 1.6 - 1 = 0.6$, i.e. 60%;
- decrease in power intensity (Fig. 4) by $1.25 / 0.78 - 1 = 1.6 - 1 = 0.6$, i.e. 60%;

– decrease in steel intensity (Fig. 5) by $4.38 / 3.13 - 1 = 1.4 - 1 = 0.4$, i.e. 60%;

– decrease in specific expenses (Fig. 6) by $5.47 / 2.44 - 1 = 2.24 - 1 = 1.24$, i.e. 124%.

Conclusion. Using the system-dynamic modeling to compare the complex quality characteristics of the apparatus with a reflector for the frying of meat semi-products ARJM-0.07-1 and of apparatus without reflector proves that the presence of the reflector causes an increase in productivity and decrease in power intensity and steel intensity. This fact significantly reduces the specific expenses with improving the quality of food products. Comprehensive assessment and system optimization of the infrared equipment for food production is impossible without the use of system dynamics simulation. It is necessary to expand the number of factors affecting the model reaction for a more complete assessment.

Список джерел інформації / References

1. Черевко О. І. Процеси та апарати жарення харчових продуктів : навч. посібник / О. І. Черевко, В. М. Михайлов, І. В. Бабкіна. – Х. : ХДАТОХ, 2000. – 332 с.

Cherevko, O.I., Mikhailov, V.M., Babkina, I.V. (2000), *Processes and devices frying foods [Protsesy ta aparaty zharennia harchovyh produktiv]*, KhDATOH, Kharkiv, 332 p.

2. Топольник В. Г. Количественная оценка технологических параметров тепловой обработки мясных блюд / В. Г. Топольник // Прогресивні технології та удосконалення процесів харчових виробництв : зб. наук. пр. у 2 ч. Ч. 1. – Х. : ХДАТОХ, 2000. – С. 144–151.

Topolnyk, V.G. (2000), “Quantitative assessment of the technological parameters of heat treatment of meat dishes” [“Kolichestvennaia otsenka tehnologicheskikh parametrov teplovoi obrabotki miasnyh bliud”], *Advanced technologies and improved processes of food production*, part 1, pp. 144-151.

3. Плевако В. П. Нові технічні рішення в проектуванні обладнання для теплової обробки харчової сировини : монографія. В 3 ч. Ч. 3. Підвищення ефективності теплового обладнання з інфрачервоним нагріванням / В. П. Плевако, С. М. Костенко, І. П. Педорич ; за заг. ред. О. І. Черевка, В. М. Михайлова. – Х. : ХДУХТ, 2012. – 130 с.

Plevako, V.P., Kostenko, S.M., Pedorich, I.P. (2012), *New technical solutions in the design of equipment for the heat treatment of food raw materials: monograph in 3 parts. Part 3. Improving efficiency of the thermal infrared heating equipment [Novi tehnicni rishennia v proektuvanni obladnannia dlia teplovoi obrobky harchovoyi syrovyny: monografiya v 3 ch. Ch. 3. Pidvyshchennia efektyvnosti teplovogo obladnannia z infrachervonym nagrivaniam]*, KhDUHT, Kharkiv, 130 p.

4. Плевако В. П. Перевірка методики для визначення профілю відбивача променевого потоку / В. П. Плевако, С. М. Костенко, І. П. Педорич // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 6, № 5 (66). – С. 42–45.

Plevako, V.P., Kostenko, S.M., Pedorich, I.P. (2013), "Check of methodology of determination of profile of reflector of beam stream" ["Perevirka metodyky dlia vyznachennia profilu vidbyvacha promenevogo potoku"], *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 6, No. 5 (66), pp. 42-45.

5. Плевако В. П. Експериментальне доведення методики визначення профілю відбивача / В. П. Плевако, С. М. Костенко, С. О. Лобов // Обладнання та технології харчових виробництв : темат. зб. наук. пр. / голов. ред. О. О. Шубін ; Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – 2012. – Вип. 29. – С. 48–52.

Plevako, V.P., Kostenko, S.M., Lobov, S.O. (2012), "Experimental proof of the methodology for determining the profile of the reflector" ["Experymentalne dovedennia metodyky vyznachennia profilu vidbyvacha"], *Equipment and technology of food production*, Vol. 29, pp. 48-52.

6. Potapov, V., Plevako, V., Kostenko, S., Pedorich, I., Arkhipova, V. (2016), "Physical and Analytical Modeling of Infrared Frying in ARJM-0.07-1 Apparatus", *Industrial Technology and Engineering*, Vol. 3 (20), pp. 54-61.

Потапов Володимир Олексійович, д-р техн. наук, проф., кафедра холодильної та торговельної техніки і прикладної механіки, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-88; e-mail: potapov_hduht@kharkov.com.

Потапов Владимир Алексеевич, д-р техн. наук, проф., кафедра холодильной и торговой техники и прикладной механики, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-88; e-mail: potapov_hduht@kharkov.com.

Potapov Vladimir, Dr. of Science, Professor, Department of Refrigeration and Trade Equipment and Applied Mechanics, Kharkov State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkovsky str., 333, Kharkov, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-88; e-mail: potapov_hduht@kharkov.com.

Костенко Станіслав Миколайович, ст. викл., кафедра холодильної та торговельної техніки і прикладної механіки, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)751-73-96; e-mail: dlyastasa@gmail.com.

Костенко Станислав Николаевич, ст. преп., кафедра холодильной и торговой техники и прикладной механики, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)751-73-96; e-mail: dlyastasa@gmail.com.

Kostenko Stanislav, Assistant of Professor, Department of Refrigeration and Trade Equipment and Applied Mechanics, Kharkov State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkovsky str., 333, Kharkov, Ukraine, 61051. Tel.: (057)751-73-96; e-mail: dlyastasa@gmail.com.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.
Отримано 15.10.2016. ХДУХТ, Харків.*