

УДК 664.03

ББК 35.78

О-75

Алексеев Геннадий Валентинович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой процессов и аппаратов института холода и биотехнологий ФГБОУ ВПО «СПБ НИУ информационных технологий, механики и оптики», тел.: 8(812)3153776, e-mail gva2003@rambler.ru;

Вороненко Борис Авсеевич, доктор технических наук, профессор кафедры техники мясных и молочных производств института холода и биотехнологий ФГБОУ ВПО «СПБ НИУ информационных технологий, механики и оптики», тел.: 8(812)233090;

Головацкий Владимир Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры техники мясных и молочных производств института холода и биотехнологий ФГБОУ ВПО «СПБ НИУ информационных технологий, механики и оптики», тел.: 8(812)7743732;

Схаляхов Анзаур Адамович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологий, машин и оборудования пищевых производств, декан технологического факультета ФГБОУ ВПО «Майкопский государственный технологический университет», 385000, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191, тел.: 8(8772) 570412.

ОСОБЕННОСТИ ДОЗИРОВАНИЯ И УПАКОВЫВАНИЯ ВЫСОКОВЯЗКИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

(рецензирована)

В работе рассматривается модель нагрева поверхности перемещающегося тела. Результаты анализа решений модели использованы для разработки различных вариантов оборудования для дозирования пищевых продуктов в тару и последующей упаковки этой тары в полиэтиленовую пленку с использованием термоусадки.

Ключевые слова: теплообмен перемещающегося тела, равномерность тепловых полей, дозирование вязких сред, упаковка в полиэтиленовую пленку, термоусадка.

Alexeev Gennadiy Valentinovich, Doctor of Technical Sciences, professor, head of the Department of Processes and Devices of the Institute of Refrigeration and Biotechnologies of FSBEI HPE “SPB SRU of Information Technologies, Mechanics and Optics”, tel.: 8 (812) 3153776, e-mail gva2003@rambler.ru;

Voronenko Boris Avseevich, Doctor of Technical Sciences, professor of the Department of Technology of Meat and Dairy Industries Institute of the Institute of Refrigeration and Biotechnologies of FSBEI HPE “SPB SRU of Information Technologies, Mechanics and Optics”, tel.: 8 (812) 233090;

Golovatsky Vladimir Alexandrovich, Candidate of Technical Sciences, assistant professor of the Department of Technology of Meat and Dairy Industries Institute of the Institute of Refrigeration and Biotechnologies of FSBEI HPE “SPB SRU of Information Technologies, Mechanics and Optics”, tel.: 8 (812) 7743732;

Skhalyakhov Anzaur Adamovich, Doctor of Technical Sciences, associate professor, professor of the Department of Technologies, Machinery and Equipment of Food Production, dean of the Technological Faculty of FSBEI HPE “Maikop State Technological University”, 385000, the Republic of Adyghea, Maikop, 191 Pervomayskaya Str., tel.: 8 (8772) 570412.

PECULIARITIES OF DOSAGE AND PACKAGING OF HIGH-VISCOSITY FOOD

(reviewed)

In this article the model of heating of the surface of moving body is considered. The results of the decision analysis of the model are used to develop a variety of equipment options for dispensing food in containers and its subsequent packaging in plastic wrap with shrink.

Keywords: heat – exchange of the moving body, uniformity of thermal fields, dosing of viscous media, packing in plastic wrap, shrink.

Одной из основных задач пищевых производств всегда было изготовление продукции наиболее полно удовлетворяющей запросам потребителя с минимальным количеством отходов перерабатываемого сырья [1].

Проблемы, которые приходилось решать исследователям и практическим работникам отрасли при решении этой задачи касались очень широкого круга проблем, от режимов теплового воздействия на пищевую продукцию на всех стадиях ее производства [2, 3] до ее дозирования [4-7] и упаковки [8-15].

Поскольку воздействие тепла при любых перемещениях пищевой продукции строго регламентируется с точки зрения обеспечения необходимого качества продукции (изменения ее физико-химических или структурно-механических свойств) рассмотрим соответствующую модель взаимодействия движущегося объекта и создаваемого вокруг него теплового поля.

Дифференциальное уравнение теплопроводности для твердого тела, движущегося со скоростью, компоненты которой равны V_x , V_y , V_z , может быть записано в виде

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + V_x \frac{\partial t}{\partial x} + V_y \frac{\partial t}{\partial y} + V_z \frac{\partial t}{\partial z} = a \nabla^2 t, \quad (1)$$

или

$$\frac{Dt}{d\tau} = a \nabla^2 t, \quad (2)$$

где $\frac{D}{d\tau}$ обозначает субстанциональную или полную производную

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} - \text{оператор Лапласа.}$$

Если в процессе тепловой обработки тела (нагрева тела) основную роль играет конвективная составляющая уравнения (1) то для одномерного случая модель можно записать в виде

$$\frac{\partial t(r, \tau)}{\partial \tau} + V_x \frac{\partial t(r, \tau)}{\partial r} = 0, \quad (V_x = V, \quad 0 < r < R, \quad \tau > 0). \quad (3)$$

При краевых условиях

$$t(r, 0) = t_1 = \text{const}, \quad (4)$$

$$t(R, \tau) = \begin{cases} t_1 & \text{для } 0 < \tau < \tau_1, \\ t_2 & \text{для } \tau_1 < \tau < \tau_2, \end{cases} \quad (5)$$

$$\frac{\partial t(0, \tau)}{\partial r} = 0, \quad t(0, \tau) < \infty \quad (6)$$

Решение краевой задачи (1)-(6) осуществляли методом интегрального преобразования Лапласа и получили в следующем безразмерном виде:

$$T(X, Fo) = \frac{t(r, \tau) - t_1}{t_2 - t_1} = 1 - \frac{Fo_1}{Fo_2} - \frac{2}{\pi} \sin \frac{2\pi Fo_1}{Fo_2} \cos \left(\frac{\pi}{Fo} \left(2Fo - Fo_1 + \frac{2(1-X)}{Pe} \right) \right) \quad (7)$$

Анализ полученного решения позволяет для каждого конкретного случая установить скорость перемещения изучаемого объекта (пищевого продукта) в определенным образом распределенном тепловом поле, при этом существенное время для глубины прогрева объекта имеет время теплового воздействия.

Для дозирования сладких десертов, мороженого и других высоковязких пищевых продуктов учет сделанных выводов дает возможность порекомендовать один из дозаторов [4-7].

Технической задачей решаемой таким устройством является повышение эффективности его работы и снижение отходов дозируемого продукта.

Для решения этой задачи в устройстве для дозирования пищевых продуктов, содержащем корпус, расположенную в нем рабочую камеру, электромагниты и отсекаТЕЛЬ дозы размещенный на нижнем торце рабочего корпуса и снабженный двумя отверстиями для загрузки и выгрузки пищевых продуктов, в корпусе установлен дозирующий поршень размещенный на штоке с возможностью перемещения в направляющей установленной по оси одной из электромагнитных катушек, закрепленной внутри рабочего корпуса на его верхнем торце, а сама направляющая снабжена двумя микровыключателями, установленными со стороны корпуса и со стороны поршня, причем отсекаТЕЛЬ дозы размещен с возможностью перемещения в направлении перпендикулярном движению поршня, при этом шток отсекаТеля дозы установлен внутри другой электромагнитной катушки.

Техническим результатом в предлагаемом дозаторе для пищевых сред является то, что повышение эффективности работы устройства и снижение отходов обеспечивается установкой дозирующего поршня размещенным на штоке с возможностью перемещения в направляющей установленной по оси одной из электромагнитных катушек, закрепленной внутри рабочего корпуса на его верхнем торце, а сама направляющая снабжена двумя микровыключателями, установленными со стороны корпуса и со стороны поршня, причем отсекаТЕЛЬ дозы размещен с возможностью перемещения в направлении перпендикулярном движению поршня, при этом шток отсекаТеля дозы установлен внутри другой электромагнитной катушки. Пищевая среда выдавливается из корпуса до упора в ограничивающую плоскую поверхность.

Эта плоская поверхность, представляющая верхний срез отсекаТеля дозы, снабжена отверстием. При наборе пищевой среды в корпус обеспечивается щадящее воздействие на нее проникновением через другое отверстие в отсекаТеле дозы, что исключает появление «застойных» зон.

На рисунке 1 дана общая схема предложенного дозатора для пищевых сред.

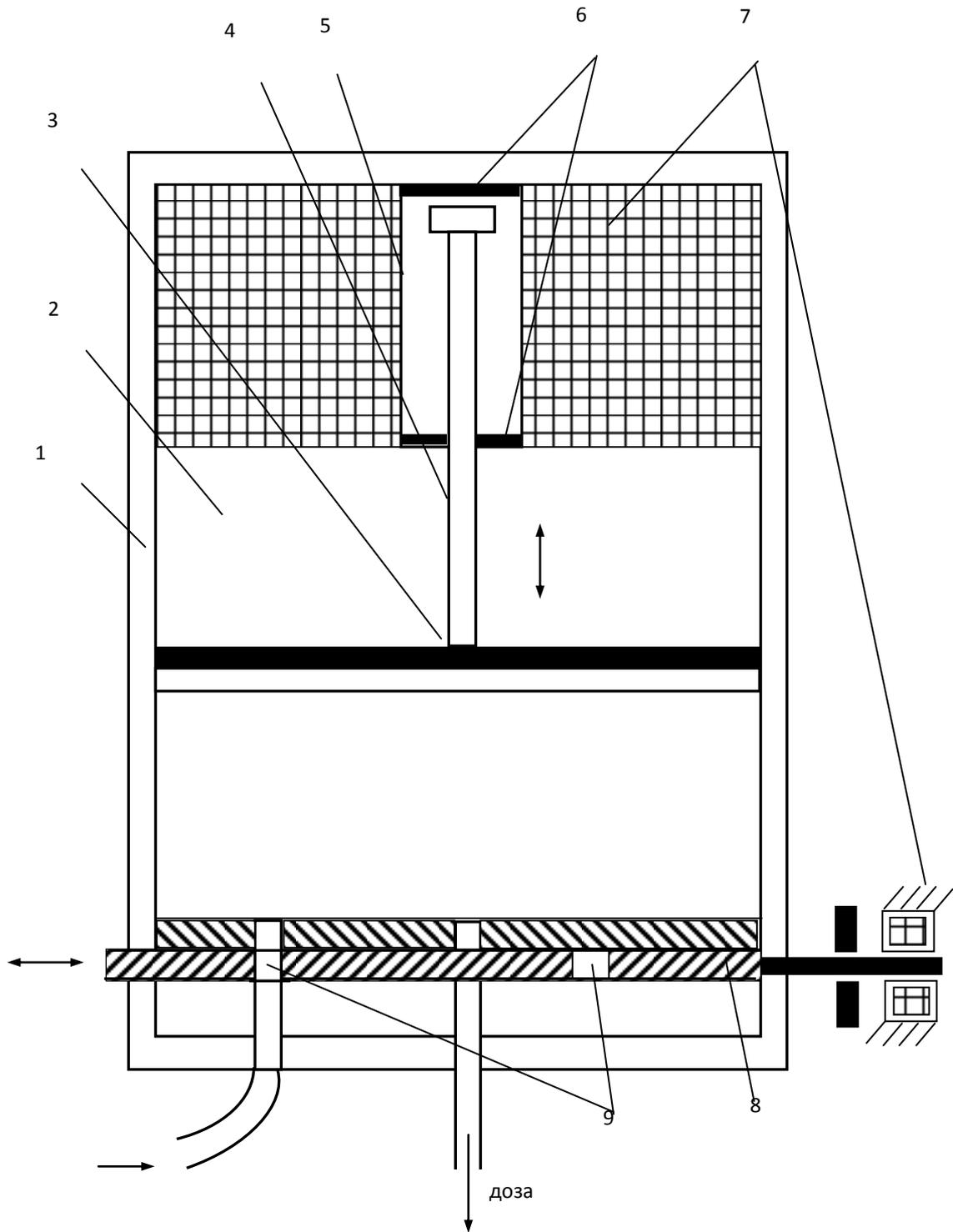


Рис. 1. Общая схема дозатора

Дозатор для пищевых сред имеет корпус 1, расположенную в нем рабочую камеру 2, электромагниты 7 и отсекатель дозы 8, размещенный на нижнем торце корпуса 2 и снабженный двумя отверстиями 9 для загрузки и выгрузки пищевых продуктов, в корпусе установлен дозирующий поршень 3, размещенный на штоке 4 с возможностью перемещения в направляющей 5, установленной по оси одной из электромагнитных катушек 7, закрепленной внутри рабочего корпуса на его верхнем торце, а сама направляющая снабжена двумя микровыключателями 6, установленными со стороны корпуса и со стороны поршня, причем отсекатель дозы 8 размещен с возможностью перемещения в направлении перпендикулярном движению поршня, при этом шток отсекателя дозы установлен внутри другой электромагнитной катушки 8.

Работает дозатор для пищевых сред следующим образом.

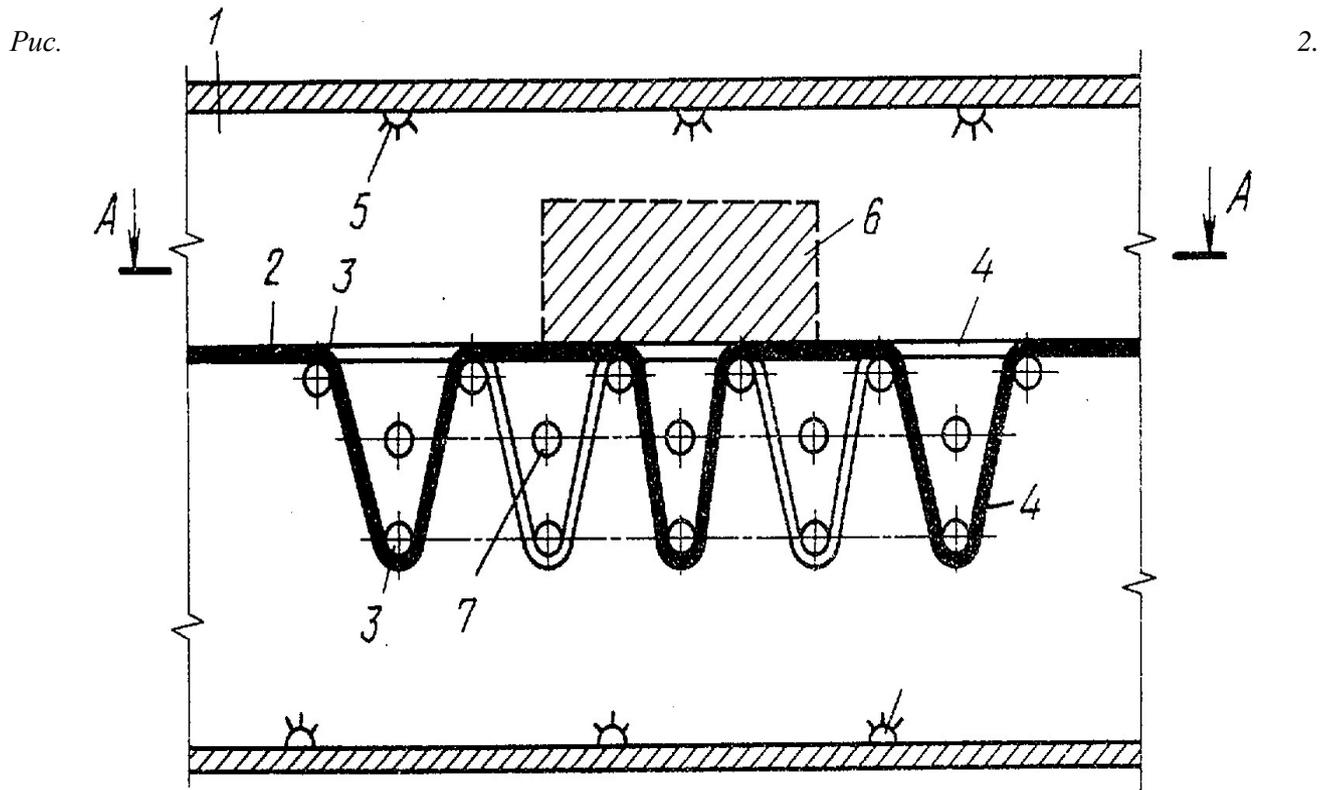
При движении вверх поршня 3, размещенного на штоке 4 с возможностью перемещения в направляющей 5, отсекается доза 8 находится в крайнем правом положении и пищевая среда от питателя поступает в рабочую камеру 2, размещенную в корпусе 1, постепенно ее заполняя. При наборе необходимой дозы срабатывает верхний микровыключатель 6, переключая полюса электромагнитов 7. После этого отсекается доза 8 перемещается в крайнее левое положение, освобождая отверстие 9 для выгрузки дозы, а поршень 3 начинает опускаться вниз. После выгрузки дозы срабатывает нижний микровыключатель 6, переключая полюса электромагнитов 7 и возвращая отсекающую дозу 8 в крайнее правое положение. При этом освобождается отверстие 9 для загрузки дозы от питателя. Далее работа устройства повторяется.

Таким образом, предложенное техническое решение обеспечивает повышение эффективности работы устройства и снижение отходов за счет исключения застойных зон в рабочей камере 2 и синхронизации действия дозирующего поршня и отсекающей дозы.

Часто расфасованная пищевая продукция транспортируется на значительные расстояния или требует соблюдения определенных санитарно-гигиенических условий при ее хранении. И в том, и в другом случае эту продукцию необходимо упаковать. Одним из способов такой упаковки является обертывание продукции полимерной пленкой с последующей ее термоусадкой [8].

Для осуществления этих операций могут быть порекомендованы следующие устройства [9-15].

На рисунке 2 изображена схема термоусадочного тоннеля, который позволяет менять скорость прохождения упаковки с одновременным регулированием равномерности создаваемого температурного поля, что дает возможность при упаковке товаров в полиэтиленовую пленку повышать качество упаковывания и снижать энергоемкость процесса.



Общая схема термотоннеля

В камере 1 тоннеля расположен транспортер 2 с валиками 3, размещенными с зазором в два ряда в шахматном порядке по высоте. Транспортер 2 включает отдельные бесконечные ленты 4, огибающие валики 3, причем две соседние ленты 4 огибают валики 3 верхнего ряда

одновременно, а огибание валиков 3 нижнего ряда происходит соседними лентами 4 транспортера 2 поочередно. Трубы 7 для подачи горячего воздуха установлены в средней части зазора между верхними и нижними рядами валиков 3. В процессе движения упаковки 6 по транспортеру 2 ее опорная поверхность поочередно освобождается от лент 4. что позволяет осуществить равномерный обогрев низа пленочной оболочки и повысить тем самым качество упаковывания, а также снизить энергоемкость тоннеля.

При практическом использовании предложенного технологического оборудования оно претерпело некоторые не принципиальные конструктивные изменения, но, тем не менее, подтвердило правомерность рекомендаций, сделанных на основании анализа разработанной аналитической модели.

Литература:

1.Алексеев Г.В., Головацкий Г.А., Краснов И.В. Некоторые направления повышения эффективности технологического оборудования для переработки пищевого сырья // Известия Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий. 2007. №3. - С. 52.

2.Алексеев Г.В., Вороненко Б.А., Головацкий В.А. Аналитическое исследование процесса импульсного (дискретного) теплового воздействия на перерабатываемое пищевое сырье // Новые технологии. 2012. Вып. 2. - С. 11-15.

3.Алексеев Г.В., Вороненко Б. А., Лукин Н. И. Математические методы в пищевой инженерии: учебное пособие. Санкт-Петербург: Лань, 2012. - 156 с.

4.Алексеев Г.В., Воскресенский А.А. Устройство для дозирования пищевых продуктов: пат. на полезную модель №115161 от 27.04.12.

5.Алексеев Г.В., Новиков В.М. Повышение эффективности работы тоннельных печей совершенствованием транспортирующей системы теплоносителя // Теплообмен в энергетических установках. Воронеж: ВПИ, 1989.

6.Алексеев Г.В., Новиков В.М. Термоусадочный тоннель: а.с. №1296480, БИ №10, 1987.

7.Алексеев Г.В., Новиков В.М. Воздухонагреватель А.с. №1473089, БИ №14, 1989.

8.Алексеев Г.В., Новиков В.М. Устройство для запечатывания упаковок из термоусадочной пленки: а. с. №1472360, БИ №14, 1989.

9.Алексеев Г.В., Жилин В.Н. Термоусадочный тоннель упаковочной машины: а. с. №1546346, БИ №8, 1990.

10.Алексеев Г.В., Кириллов В.Г. Термоусадочный тоннель упаковочной машины: а. с. №1541129, БИ №5, 1990.

11.Алексеев Г.В., Новиков В.М. Термоусадочный тоннель: а. с. №1742145, БИ №23, 1992.

12.Алексеев Г.В., Новиков В.М. Воздухонагреватель для термоусадочной пленки: а. с. №1731690, БИ №17, 1992.

13. Дозатор для пищевых сред средств: а. с. №1337670 / Алексеев Г.В., Попов С.Ю. №2292717. Бюл. №4.

13. Устройство для объемного дозирования: а. с. 601570 / Н.И. Ковалев [и др.]: а. с. №1224589; заявл. 11.10.84; опубл. 15.04.86, Бюл. №14.

14. Устройство для объемного дозирования: а. с. №1224589 / Г.В. Алексеев [и др.]. №1527503; заявл. 29.03.88; опубл. 07.12.89, Бюл. №45.

References:

1. Alexeev G.V., Golovatsky G.A., Krasnov I.V. *Some ways of increasing the efficiency of technological equipment for processing food raw materials // Proceedings of the St. Petersburg State University of Low Temperatures and Food Technologies.* 2007. № 3. P. 52.
2. Alexeev G.V., Voronenko B.A., Golovatsky V.A. *Analytical study of the process of impulse (discrete) thermal effect on the processing food raw material // New Technologies.* 2012. № 2. P. 11-15.
3. Alexeev G.V., Voronenko B.A., Lukin N.I. *Mathematical methods in food engineering: a textbook.* Saint –Petersburg: Lan, 2012. 156 p.
4. Alexeev G.V., Voscresensky A.A. *A device for dispensing foodstuffs: utility model patent № 115161 of 27.04.12.*
5. Alexeev G.V., Novikov V.M. *Improving the efficiency of tunnel ovens by improvement the conveying system of the heat transfer system / Heat transfer in power plants.* Voronezh, 1989.
6. Alexeev G.V., Kovalev N.I. *Apparatus for volumetric dosage. Certificate № 1224589, BI № 14. 1986.*
7. Alexeev G.V., Bepalov G.A. *Apparatus for volumetric dosage. Certificate № 1527503, BI № 45. 1989.*
8. Alexeev G.V., Popov S.Y. *Dispenser for food environments. Patent of the RF № 2292717, BI № 4. 2007.*
9. Alexeev G.V., Novikov V.M. *Shrinking tunnel. Certificate № 1296480. BI № 10. 1987.*
10. Alexeev G.V., Novikov V.M. *The heater. Certificate № 1473089, BI №14. 1989.*
11. Alexeev G.V., Novikov V.M. *A device for sealing packages of the shrink pellicle: a. c. № 1472360. BI № 14, 1989.*
12. Alexeev G.V., Zhilin V.N. *Shrink tunnel of the packaging machine: a.c. № 1546346. BI № 8, 1990.*
13. Alexeev G.V., Kirillov V.G. *Shrink tunnel of the packaging machine: a.c. № 1541129. BI № 5, 1990.*
14. Alexeev G.V., Novikov V.M. *Shrink tunnel: a.c. № 1742145. BI № 23, 1992.*
15. Alexeev G.V., Novikov V.M. *Heater for shrink pellicle: a.c. № 1731690, BI № 17. 1992.*
16. *Dispenser for food environments of stuff: a. c. № 1337670 / Alekseev G.V., Popov S.Y. № 2292717. Bull. Number 4.*
17. *Device for volumetric dosage: a. c. 601570 / N.I. Kovalev [and oth.]: a. c. № 1224589; appl. 11.10.84, publ. 15.04.86, Bull. Number 14.*
18. *Device for volumetric dosage: a. c. № 1224589 / G.V. Alekseev [and oth.]. № 1527503; appl. 29.03.88, publ. 07.12.89, Bull. Number 45.*