

Трибуна молодого ученого

УДК 664.769

ПРОГРАММА МОДЕЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ЭКСТРУДАТА ОВСА В ЭКСТРУДЕРЕ С ВАКУУМНОЙ КАМЕРОЙ

Денисов А. О.

Для получения заданных свойств экструдата овса с помощью математического моделирования и платформы Microsoft.NET Framework на языке C# разработана прикладная программа, позволяющая осуществить расчет моделируемых свойств экструдата овса на основе начальных значений. Цель данного исследования – разработка прикладной программы для получения оперативной информации в части результатов моделируемых свойств экструдата овса (влажность экструдата, индекс расширения экструдатов) в экструдере с вакуумной камерой. С помощью разработанной прикладной программы можно быстро и с достаточной точностью получить расчетным путем численные значения влажности и индекса расширения экструдата овса.

Ключевые слова: *экструдат, растительное сырье, влажность, коэффициент расширения.*

Введение

Современная технология термопластической экструзии сырья растительного происхождения позволяет получать большой ассортимент полуфабрикатов и готовых пищевых продуктов [1, 2]. При этом из всех известных видов макроструктур получаемых экструдатов, пористая структура представляет наибольший интерес, так как именно ее физические свойства (индекс расширения, набухаемость, водоудерживающую способность, растворимость, жиродерживающую способность) являются определяющими в процессе формирования показателей качества готовых пищевых продуктов [3, 4, 5].

В связи с тем, что в вакууме вода испаряется при температуре, которая существенно ниже температуры парообразования при атмосферном давлении, необходимая интенсивность декомпрессионного воздействия на экструдированное сырье может быть обеспечена за счет замены атмосферного давления, действующего на экструдат при выходе его из фильеры, на пониженное давление (вакуум) [6, 7].

Изучение реакции капиллярно-пористых экструдатов на среду с пониженным давлением воздуха показало, что один из возможных векторов развития пищевой термопластической экструзии связан с эффектом термовакuumного воздействия на экструдированное сырье после выхода его из фильеры матрицы экструдера [8, 9].

В условиях быстрого перехода экструдата из области высоких давлений в условия пониженного давления, происходит декомпрессионный взрыв: вода, находящаяся в продукте, переходит в парообразное состояние с выделением значитель-

ного количества энергии, что приводит к деструкции клеточных структур обрабатываемого сырья и вспучиванию получаемого продукта [10].

Цель данного исследования – разработка прикладной программы для получения оперативной информации в части результатов моделируемых свойств экструдата овса

Объекты и методы исследований

Прикладная программа была разработана с помощью платформы Microsoft.NET Framework на языке C#.

Результаты и их обсуждение

Математическая модель второго порядка, адекватно описывающая зависимость индекса расширения экструдатов (коэффициента взрыва) от исследуемых факторов, полученная в исследованиях [11–30], послужила основанием для разработки прикладной программы:

$$V = -0,9654 + 0,2823W - 0,0051W^2 + 0,2603d - 0,0291d^2 + 41,6415P - 247,1807P^2 \quad (1)$$

Для практического применения полученных моделей и зависимостей была разработана прикладная программа для операционной системы Windows (рис. 1). Программа написана на языке C# платформы Microsoft.NET Framework и скомпилирована в исполняемый файл.

Данная программа «Расчет свойств экструдата овса» позволяет рассчитать влажность экструдата овса согласно уравнениям с достаточно высоким

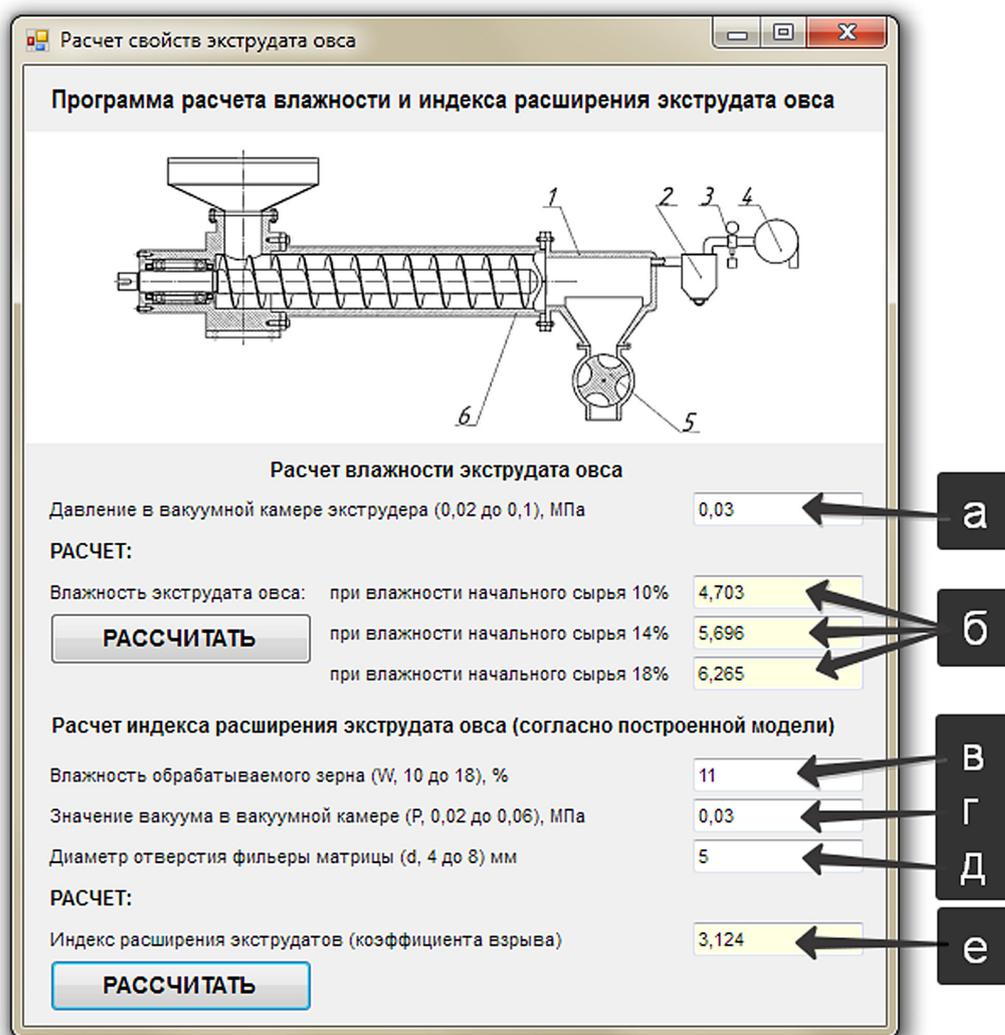


Рис. 1. Интерфейс программы расчета моделируемых влажности и индекса расширения экструдата овса: а – ввод значения давления в вакуумной камере экструдера; б – вывод смоделированной влажности экструдата овса при влажности начального сырья 10, 14, 18 %; в – ввод значения влажности обрабатываемого зерна; г – ввод значения вакуума в вакуумной камере экструдера; д – ввод значения диаметра отверстия фильеры матрицы; е – вывод полученного значения индекса расширения экструдата.

коэффициентом корреляции ($R=0,97$) по отношению к полученным экспериментальным значениям. При этом область ограничения математической модели принята для начальных значений давления в диапазоне от 0,02 до 0,1 МПа и влажности начального сырья 10–18%.

Расчет индекса расширения экструдата производится по математической модели (1) с коэффициентом детерминации $R^2=0,88$, что свидетельствует о наличии достаточно тесной функциональной зависимости между изучаемыми факторами и критерием качества экструдатов. Область ограничений факторов для этой модели: влажность обрабатываемого зерна 10–18%; значение вакуума в вакуумной камере экструдера 0,02–0,06 МПа и диаметр отверстия фильеры матрицы 4–8 мм.

В разработанной прикладной программе расчета свойств экструдата овса на основе математических моделей можно быстро получить значения моделируемой влажности экструдата овса получен-

ного в экструдере с вакуумной камерой. Для этого необходимо лишь ввести значение давления в вакуумной камере в поле ввода в диапазоне от 0,02 до 0,1 МПа.

Для расчета индекса расширения экструдата овса на основе математической модели необходимо ввести в три поля значения соответственно влажности обрабатываемого зерна (10–18%), вакуума в вакуумной камере экструдера (0,02–0,06 МПа), диаметр отверстия фильеры матрицы (4–8 мм).

Выводы

Прикладная программа расчета свойств экструдата овса позволяет рассчитать влажность и индекс расширения экструдата при использовании предлагаемого экструдера с вакуумной камерой с достаточно высокой достоверностью полученных значений.

Список литературы

- [1] Курочкин, А. А. Использование экструдированного ячменя в пивоварении / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, В. В. Новиков // Пиво и напитки. – 2006. – № 5. – С. 16–17.
- [2] Курочкин, А. А. Перспективы использования экструдированной гречихи в пивоварении и хлебопечении / Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 4. – С. 79–83.
- [3] Курочкин, А. А. Получение экструдатов крахмалсодержащего зернового сырья с заданной пористостью / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 06 (22). – С. 109–104.
- [4] Воронина, П. К. Полифункциональный композит с повышенным содержанием пищевых волокон / П. К. Воронина, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4. – С. 65–71.
- [5] Курочкин, А. А. Поликомпонентный экструдат на основе зерна пшеницы и семян расторопши пятнистой / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4. – С. 76–81.
- [6] Курочкин, А. А. Теоретическое обоснование термовакуумного эффекта в рабочем процессе модернизированного экструдера / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3. – С. 15–20.
- [7] Курочкин, А. А. Технология производства кормов на основе термовакуумной обработки отходов с/х производства / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология. – 2014. – № 4. – С. 36–40.
- [8] Курочкин, А. А. Определение основных параметров вакуумной камеры модернизированного экструдера / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4 (32). – С. 172–177.
- [9] Курочкин, А. А. Теоретическое обоснование применения экструдированного сырья в технологиях пищевых продуктов / А. А. Курочкин, П. К. Воронина, Г. В. Шабурова // Монография. – Пенза, 2015. – 182 с.
- [10] 10. Научное обеспечение актуального направления в развитии пищевой термопластической экструзии / А. А. Курочкин, П. К. Воронина, В. М. Зимняков, А. Л. Мишанин, В. В. Новиков, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов. – Пенза, 2015. – 181 с.
- [11] Курочкин, А. А. Моделирование процесса получения экструдатов на основе нового технологического решения / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Нива Поволжья. – 2014. – № 1 (30). – С. 30–35.
- [12] Курочкин, А. А. Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Известия Самарской ГСХА. – 2014. – № 4. – С. 70–74.
- [13] Ларюшин, Н. П. Уборка без задержек / Н. П. Ларюшин, А. М. Ларюшин, Д. И. Фролов // Сельский механизатор. – 2007. – № 7. – С. 48–49.
- [14] Ларюшин, А. М. Совершенствование технологии уборки лука / А. М. Ларюшин, Н. П. Ларюшин, Д. И. Фролов // Труды Международного Форума по проблемам науки, техники и образования. – М.: Академия наук о Земле, 2007. – С. 17–18.
- [15] Фролов, Д. И. Обоснование оптимальной частоты вращения рабочего органа ботвоудаляющей машины / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3. – С. 18–23.
- [16] Фролов, Д. И. Моделирование процесса удаления ботвы лука рабочим органом ботвоудаляющей машины / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Известия Самарской ГСХА. – 2014. – № 3. – С. 29–33.
- [17] Фролов, Д. И. Обоснование рациональных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука / Д. И. Фролов, С. В. Чекайкин // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Периодическое научное издание. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та. – 2014. – № 06(22). – С. 159–162.
- [18] Фролов, Д. И. Теоретическое описание процесса взрывного испарения воды в экструдере с вакуумной камерой / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, П. К. Воронина // Инновационная техника и технология. – 2015. – № 1 (02). С. 29–34.
- [19] Фролов Д. И. Определение оптимальных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1 (29). – С. 120–126.
- [20] Ларюшин Н. П., Сущёв С. А., Фролов Д. И., Ларюшин А. М. Ботвоудаляющая машина // Патент России № 2339208. – 2008. Бюл. № 33.

- [21] Фролов, Д. И. Анализ работы ботвоудаляющего рабочего органа с оптимизацией воздушного потока внутри кожуха/Д. И. Фролов//Иновационная техника и технология. – 2014. – № 4 (01). С. 30–35.
- [22] Фролов, Д. И. Повышение питательности экструдированных кормов для животных / Д. И. Фролов, В. А. Никишин // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 7. № 4. С. 98–101.
- [23] Авроров, В. А. Теоретическое исследование условий движения обрабатываемого материала в одношнековом экструдере с модернизированной матрицей / В. А. Авроров, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов, П. К. Воронина, В. В. Ловцева // Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: Достижения, проблемы, перспективы: сборник статей VIII Международной научно-практической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2014. – С. 3–8.
- [24] Пат. 2579488 Российская Федерация, МПК А 21 D8/02. Способ производства хлебобулочных изделий / Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов, Н. Н. Шматкова. – 2014146596/13; заявл. 19.11.2014; опубл. 10.04.2016, Бюл. № 10.
- [25] Коновалов, В. В. Методология проектирования смесителей-увлажнителей сыпучих пищевых продуктов / В. В. Коновалов, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Периодическое научное издание. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та. – 2014. – № 06(22). – С. 190–197.
- [26] Фролов, Д. И. Информатизация процесса экструдирования овса с помощью программы расчета индекса расширения экструдата / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы IV Международной научной конференции / под общ. ред. М. П. Кирсанова; ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)». – Кемерово, 2016. – С. 253–255.
- [27] Курочкин, А. А. Применение компьютерных средств разработки программ для автоматизации расчета индекса расширения экструдата овса / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Информационные технологии в экономических и технических задачах: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2016. – С. 300–302.
- [28] Фролов, Д. И. Анализ рабочего органа машины с применением современной системы автоматизации инженерных расчётов / Д. И. Фролов, А. А. Курочкин // Информационные технологии в экономических и технических задачах: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2016. – С. 314–316.
- [29] Курочкин, А. А. Научно-технологическое обоснование энергоэффективной технологии экструдирования сельскохозяйственного сырья / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, Д. И. Фролов // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ф. Х. Бурумкулова / редкол.: Сенин П. В. [и др.]. – Саранск: 2016. – С. 338–344.
- [30] Курочкин, А. А. Экструдаты из растительного сырья с повышенным содержанием липидов и пищевых волокон / А. А. Курочкин, П. К. Воронина, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 42. – № 3. – С. 104–111.

SIMULATION PROGRAM PROPERTIES EXTRUDATE OATS IN AN EXTRUDER WITH A VACUUM CHAMBER

Denisov A. O.

To obtain the desired properties of oats extruded using mathematical modeling and Microsoft. NET Framework platform in C # developed an application that allows you to carry out simulated calculation of properties of oats extrudate based on the initial values. The purpose of this study - the development of an application to obtain timely information regarding the results of the simulated properties of extruded oats (moisture extrudate expansion index extrudates) in an extruder with a vacuum chamber. With the help of the developed application can be quickly and with sufficient accuracy to obtain numerical values calculated by the humidity index and the expansion of the extrudate oats.

Keywords: *extrudate, vegetable raw materials, moisture expansion coefficient.*

References

- [1] Kurochkin, A. A. The use of extruded barley in brewing / A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, V. V. Novikov // Beer and drinks. – 2006. – No. 5. – P. 16–17.

- [2] Kurochkin, A.A. Prospects for the use of extruded buckwheat in brewing and bread baking / G.V. Shaburova, P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov // Bulletin Samara state agricultural Academy.– 2014.–No. 4.– P. 79–83.
- [3] Kurochkin, A.A. Production of extrudates starchy grain with a given porosity / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov // XXI century: the past and challenges of the present plus.– 2014.– № 06 (22).–P. 109–104.
- [4] Voronina, P.K. Multifunctional composite with a high content of dietary fiber /P. K. Voronina, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova //Bulletin Samara state agricultural Academy.– 2015.–No. 4.–P. 65–71.
- [5] Kurochkin, A.A. Multicomponent extrudate on the basis of wheat and Thistle seed /A. A. Kurochkin, D.I. Frolov //Bulletin Samara state agricultural Academy.– 2015.–No. 4.–P. 76–81.
- [6] Kurochkin, A.A. The theoretical justification of the thermal effect in the working process of the upgraded extruder / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, I.D. Frolov, P.K. Voronina// Bulletin Samara state agricultural Academy.– 2015.–No. 3.–P. 15–20.
- [7] Kurochkin, A.A. The technology of feed production on the basis of thermal waste treatment/agricultural production / A.A. Kurochkin, D.I. Frolov // Innovative machinery and technology.– 2014.–No. 4.–S. 36–40.
- [8] Kurochkin, A.A. Determination of main parameters of the upgraded vacuum chamber of the extruder / A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, P.K. Voronina//Bulletin of the Ulyanovsk state agricultural Academy.– 2015.– № 4 (32).–P. 172–177.
- [9] Kurochkin, A. A. the Theoretical rationale for the use of the extruded raw materials in food technologies /A. A. Kurochkin, P.K. Voronina, G.V. Shaburova //Monograph.–Penza, 2015.– 182 p.
- [10] Scientific support for current trends in the development of the edible thermoplastic extrusion /A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, V.M. Zimnyakov, Mishanin A.L., V.V. Novikov, G.V. Shaburova, D.I. Frolov.–Penza, 2015.– 181 p.
- [11] Kurochkin, A.A. Modeling of the process of obtaining extrudates on the basis of a new technological solution / A.A. Kurochkin, G. V. shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina // Niva Povolzhya.– 2014.– № 1 (30).–PP. 30–35.
- [12] Kurochkin, A. A. the extrudates from vegetable raw materials with a high content of lipids /A.A. Kurochkin, G. V. shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina // Bulletin Samara state agricultural Academy.– 2014.– № 4.– PP. 70–74.
- [13] Laryushin, N.P. Cleaning without delays / N.P. Laryushin, A.M. Laryushin, D.I. Frolov // Rural machine operator.– 2007.–No. 7.–Pp. 48–49.
- [14] Laryushin, A. M. improving the technology of harvesting onions / A.M. Laryushin, N.P. Laryushin, D.I. Frolov // Proceedings of International Forum on problems of science, technology and education.–M.: Academy of Earth Sciences, 2007.–Pp. 17–18.
- [15] Frolov, D. I. a study of the optimal frequency of rotation of the working body batouala machine / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, G. V. shaburova // Bulletin Samara state agricultural Academy.– 2013.–No. 3.–PP. 18–23.
- [16] Frolov, D. I. modeling of the process of removing the tops of onion working on batouala machine / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, G. V. shaburova // Bulletin Samara state agricultural Academy.– 2014.– № 3.– PP 29–33.
- [17] Frolov, D.I. Substantiation of rational parameters of batouala machine for sowing Luke / D.I. Frolov, S.V. Chekalkin // XXI century: the results of the past and challenges of the present plus: a scientific Periodical.–Penza: Publishing house Penz. GOS. tekhnol. University.– 2014.– № 06(22).–Pp. 159–162.
- [18] Frolov, D. I.: Theoretical description of the process of explosive evaporation of water in the extruder with vacuum chamber/, D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, G. V. shaburova, P.K. Voronina //Innovative technology.–2015.– № 1 (02). PP. 29–34.
- [19] Frolov D.I. Determination of the optimal parameters batouala machine for sowing Luke /D. I. Frolov, A.A. Kurochkin, G. V. shaburova//Bulletin of the Ulyanovsk state agricultural Academy.–2015.–№ 1 (29).– P. 120–126.
- [20] Laryushin N.P. Sushchev, A. S., Frolov D.I., Laryushin A.M. Batouala machine // Patent of Russia № 2339208.–2008. Bull. No. 33.
- [21] Frolov, D. I. Analysis of work botopasie working on optimizing the air flow inside the casing/D. I. Frolov// Innovative technology.– 2014.– № 4 (01). PP. 30–35.
- [22] Frolov, D. I. improving the nutritional value of the extruded animal feeds / D.I. Frolov, V.A. Nikishin // Collection of scientific works Sworld. 2014. Vol. 7. No. 4. PP. 98–101.
- [23] Avrorov, V.A. Theoretical study of the conditions of movement of the processed material in a single screw extruder with the upgraded matrix / V.A. Avrorov, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, P.K. Voronina, V.V. Lovchev // Food industry and agriculture: Achievements, problems, prospects: collection of articles VIII International scientific-practical conference.–Penza: Privolzhsky House of knowledge, 2014.–P. 3–8.

- [24] Pat. 2579488 Russian Federation, IPC A 21 D8/02. Method of production of bakery products / G. V. shaburova, P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, N.N. Shmatkova.– 2014146596/13; Appl. 19.11.2014; publ. 10.04.2016, bull. No. 10.
- [25] Konovalov, V. V. design Methodology of mixers, moisturizers loose food products / V.V. Konovalov, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov // XXI century: the results of the past and challenges of the present plus: a scientific Periodical.–Penza: Publishing house Penz. GOS. tekhnol. University.– 2014.– № 06(22).–PP. 190–197.
- [26] Frolov, D.I. Informatization of process of extruding of oats with the help of the program to calculate the expansion index of the extrudate / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin // Food innovation and biotechnology: materials of IV International scientific conference / under the General editorship of M. P. Kirsanova; FGBOU VO «Kemerovo technological Institute of food industry (University)».–Kemerovo, 2016. PP. 253–255.
- [27] Kurochkin, A. A. the Use of computer program development tools to automate the calculation of the index of expansion of the extrudate of oats /A. A. Kurochkin, D.I. Frolov // Informational technologies in economical and technical problems: Collection of scientific works of the International scientific–practical conference.– Penza, 2016.–P. 300–302.
- [28] Frolov, D.I. Analysis of the working body of the machine with the use of modern systems of automation of engineering calculations / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin // Informational technologies in economical and technical problems: Collection of scientific works of International scientific–practical conference.–Penza, 2016.–P. 314–316.
- [29] Kurochkin, A.A. Scientific-technological rationale energy efficiency technologies the extrusion of agricultural raw materials / A.A. Kurochkin, G. V. shaburova, P.K. Voronina, D.I. Frolov // energy-saving technologies and systems: collection of scientific works of international scientific-practical conference dedicated to the memory of doctor of technical Sciences, Professor F.H. Burumkulova / redkol.: Senin P.V. [et al.]–Saransk: 2016.–PP. 338–344.
- [30] Kurochkin, A. A. the extrudates from vegetable raw materials with a high content of lipids and dietary fibers / A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G. V. shaburova, D.I. Frolov // Equipment and technology of food production.– 2016.–Vol. 42.–No. 3.–PP. 104–111.