

Трибуна молодого ученого

УДК 664.769

К ВОПРОСУ РАСШИРЕНИЯ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ ПИЩЕВЫХ ЭКСТРУДЕРОВ

А. О. Денисов, Н. В. Живаева

В работе обосновано предложение дополнить существующую классификацию пищевых экструдеров новым признаком, отражающим актуальное направление в их совершенствовании.

Ключевые слова: классификация, экструдер, вакуумная камера, барометрическое давление, вакуумная сушка.

Введение

Классификация экструдеров может быть осуществлена на основе общих признаков, присущих этой группе машин, независимо от обрабатываемого сырья и вырабатываемых продуктов, а также применительно к пищевым технологиям, имеющим свою специфику применения экструзии [2, 14, 16].

На основе общих принципов экструдеры удобно классифицировать в зависимости от вида рабочего органа. По этому признаку их подразделяют на поршневые, червячные, бесчервячные (дисковые, валковые, шестеренные) и комбинированные (рис. 1) [13].

Поршневые и бесчервячные экструдеры получили ограниченное применение в силу низкой производительности первых из перечисленных и недостаточного рабочего давления, развиваемого вторыми.

Поршневые и валковые экструдеры отличаются от большинства других щадящим воздействием на перерабатываемый продукт и поэтому они нашли применение при формировании продуктов с нежной консистенцией.

Принцип действия дискового экструдера основан на работе двух плоскопараллельных дисков, один из которых вращается, создавая сдвиговые и нормальные напряжения, а другой неподвижен. В центре неподвижного диска выполнено отверстие, через которое выдавливается обработанный материал.

Валковые экструдеры представляют собой машины без матриц, а в шестеренных экструдерах формирование однородных и гомогенных материалов осуществляется с помощью матриц [13, 17].

Благодаря универсальности с точки зрения обрабатываемого сырья и разнообразия получаемых готовых продуктов наибольшее распространение в пищевой промышленности получили червячные (шнековые) экструдеры.

В таких машинах исходное сырье захватыва-

ется шнеком в области загрузочного устройства и в процессе перемещения к выводному устройству сжимается, разогревается, пластифицируется и гомогенизируется. При этом давление в рабочей камере экструдера перед фильерой матрицы достигает 15...100 МПа.

В зависимости от частоты вращения рабочего органа экструдеры подразделяют на нормальные и быстроходные с окружной скоростью шнека соответственно до 0,5 и 7 м/мин, а по конструктивному исполнению – на стационарные и с вращающимся корпусом. При этом расположение шнеков может быть как горизонтальным, так и вертикальным.

Для обработки отдельных видов сырья применяют экструдеры с рабочими органами, осуществляющими не только вращательное, но и возвратно-поступательное движение. В некоторых машинах для эффективной гомогенизации продукта на шнеках устанавливают дополнительные устройства – зубья, шлицы, диски, кулачки и др. В последнее время получили распространение планетарно-вальцовые экструдеры, у которых вокруг центрального рабочего органа (шпинделя) вращается несколько дополнительных шнеков (от 4 до 12) [13].

В пищевой промышленности наибольшее распространение получили экструдеры, оснащенные шнеками полного зацепления и в которых рабочий орган вращается в одном направлении. В такой конструкции вершины одного шнека заходят во впадины другого.

К основным технологическим параметрам экструзионной машины шнекового типа принято относить характеристики рабочего органа, которым она оснащена (число шнеков, их длина и диаметр; отношения длины шнека к его диаметру; частота вращения шнека; профиль шнека) [1–5].

Сравнение конструктивных и технологических достоинств одношнековых и двухшнековых экструдеров показывает значительное преимущество последних.

В двухшнековых самоочищающихся экструде-

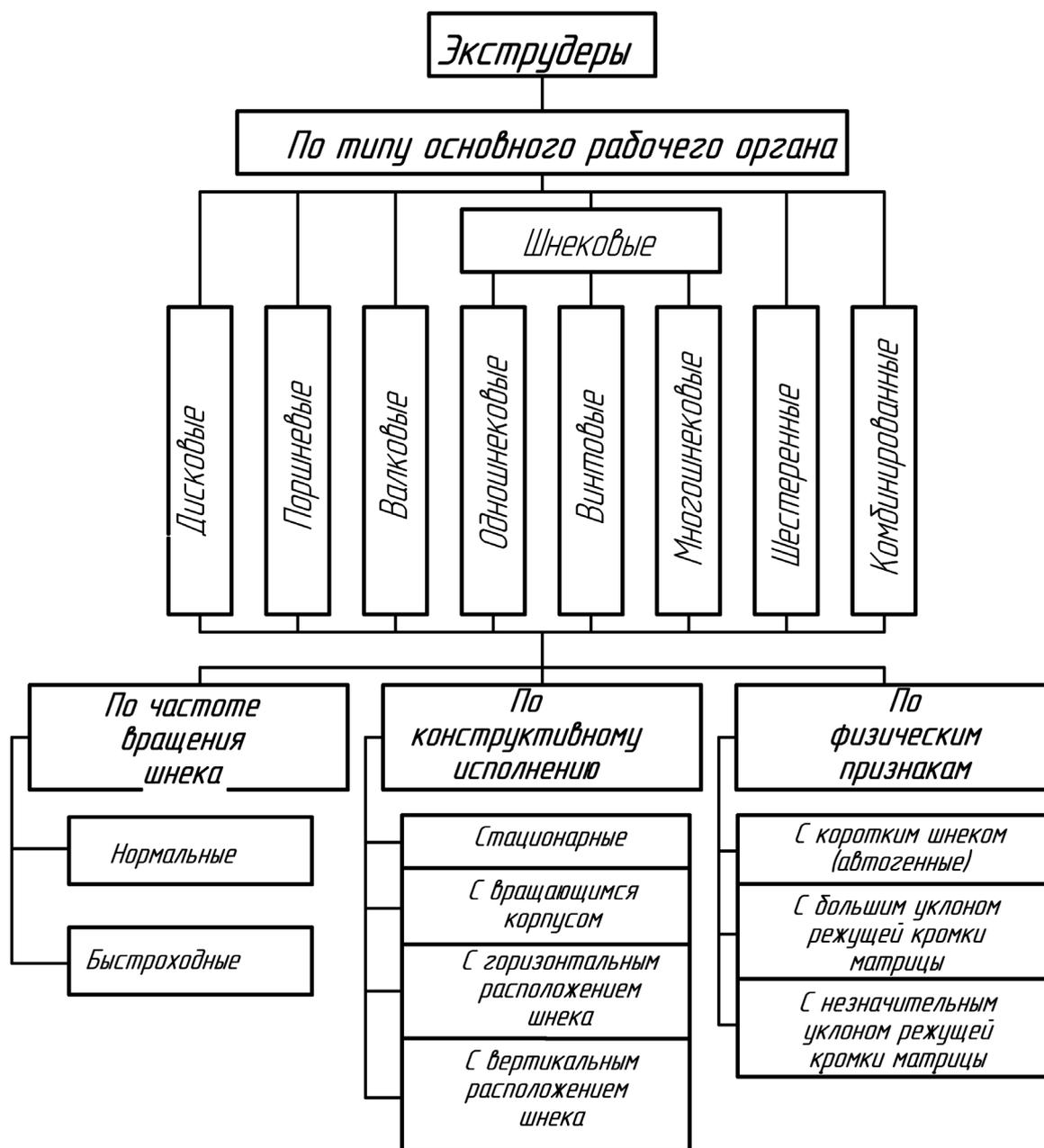


Рис. 1. Классификация экструдеров

рах обеспечиваются более быстрый пуск шнека и работа на повышенной скорости. В этих машинах реже возникают подъемы давления, так как не происходит накопление продукта.

В одношнековых экструдерах, вследствие того, что обрабатываемое сырье может оставаться в витках и накапливаться, создавая разрывы потока, подъемы давления наблюдаются чаще. В итоге готовый продукт в некоторых случаях из фильеры матрицы машины выпускается неравномерно.

Двухшнековый экструдер при равных условиях более подвержен износу, чем одношнековый. Изнашиваются шнеки в местах загрузки и выгрузки продукта. В этой связи свойства конечного продукта и эффективность процесса экструдирования в большой степени зависят от износа рабочих ор-

ганов машины при обработке в двухшнековом экструдере [13].

При использовании двухшнекового экструдера не требуется предварительной гидротермической обработки продукта, что упрощает производственный процесс. В машинах этого типа зоны пластификации и повышения давления разделены, что позволяет осуществлять процессы пластификации и экструдирования продукта независимо друг от друга.

Конструкции экструдеров могут также классифицироваться по функциональным или термодинамическим характеристикам. Так, термодинамическая характеристика экструдеров является основанием для деления их на автогенные, политропные и изотермические.

В автогенных экструдерах тепло, необходимое для термической обработки сырья, генерируется непосредственно в камере экструдера только за счет диссипации механической энергии. Специальные конструкции узлов рабочих органов экструдера (шнеки, камера, фильеры) создают сопротивление движению перемещаемого материала, что способствует повышению его температуры до 120...200 °С. Такой принцип разогрева используется, как правило, в одношнековых экструдерах.

В политропных экструдерах процесс термической обработки материала осуществляется как за счет внутреннего разогрева обрабатываемой массы, так и с помощью внешних источников тепла. Большинство экструдеров для варочной экструзии относится именно к такому типу и внутренний разогрев у них осуществляется за счет конструкции шнеков.

Для внешнего нагрева экструдера применяются электрический, жидкостной или паровой способ.

Типаж изотермических экструдеров ограничивается спецификой их применения: они предназначены для формования макаронных изделий и хлебного теста. В таких машинах тепло контролируется за счет охлаждения внешним теплообменником [13].

В качестве дополнительных при классификации экструдеров могут применяться те их признаки, которые оказывают влияние на структурно-технологические характеристики экструдированных продуктов. К таким признакам могут быть отнесены уклон режущей кромки матрицы, количество тепловой энергии, образующейся в процессе экструдирования за счет механического преобразования энергии, температура во время ведения процесса, влажность экструдированной массы и др. [13, 14–17].

Цель работы – обоснование нового признака в классификации пищевых экструдеров, отражающего актуальное направление в их совершенствовании.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований являлась научно-техническая и патентная информация относительно устройства, принципа действия и конструктивных особенностей экструдеров, применяемых для переработки пищевого сырья.

В работе применялись принципы структурно-функционального (структурного) метода.

Анализ научно-технической и патентной информации показал, что за последние 10–15 лет в России и за рубежом появились экструзионные технологии, в основе которых заложен принципиально новый способ воздействия на выходящий из фильеры матрицы машины экструдат [3, 6–12].

Например, патентом США «Способ изготовления кормовых гранул и оборудование для использования при осуществлении способа» предусмотрена подача экструдата в вакуумированную камеру непосредственно при выходе его из фильеры матрицы

машины. В результате реализации данного способа авторы наблюдали значительное увеличение диаметра экструдата и уменьшение его объемной плотности. При этом температура готового продукта при снижении давления воздуха в вакуумной камере вследствие интенсивного испарения воды также резко уменьшалась [21].

В России известен способ производства экструдатов, включающий очистку зерна, экструдирование и измельчение экструдата. В качестве обрабатываемых материалов при таком способе используют зерна пшеницы, ржи, ячменя, овса, риса, гречихи, проса, кукурузы, сои с массовой долей влаги 12...18% отдельно или в смеси без предварительного шелушения поверхности. Данный способ предусматривает обработку целых зерен в экструдере в течение 15...25 с при температуре 110...140 °С с последующим воздействием на выходящее из фильеры матрицы экструдера сырье пониженным давлением, равным 0,03...0,07 МПа. При этом содержание влаги в экструдированном продукте регулируют величиной вакуума на выходе из экструдера на уровне не более 8%. Экструдат при выходе из фильеры матрицы разрезают на частицы размером 1,0...4,0 мм [19].

Для реализации данного способа экструдер оснащается вакуумной камерой, расположенной на выходе из фильеры матрицы [20].

Термовакuumное воздействие на экструдат в камере модернизированного экструдера позволяет регулировать структурные и функциональные свойства готового продукта, а также его влажность [6–12].

В машине, с помощью которой реализуется термовакuumное воздействие на обрабатываемое сырье, поставлена задача интенсификации экструзионного процесса путем частичной замены в нем термической составляющей на механическую.

В таком экструдере резкое снижение давления при выходе экструдата из фильеры (зона повышенного давления) в вакуумную камеру (зона пониженного давления), приводит к возникновению дополнительной движущей силы – нерелаксируемого градиента общего давления, в результате чего происходит бурное парообразование по всему объему экструдата, и формирующийся молярный поток выносит из продукта вместе с паром и часть влаги в жидкой фазе. Таким образом, механизм обезвоживания оказывается аналогичным механическому удалению влаги посредством прессования или центрифугирования.

При этом регулируя величину барометрического давления, а значит и процесс парообразования, можно добиться как изменения влажности капиллярно-пористого экструдата, так и частичной или полной его реструктуризации. Зная границы структурных изменений экструдата, параметры вакуумного воздействия на него рекомендуется выбирать именно из таких соображений [14].

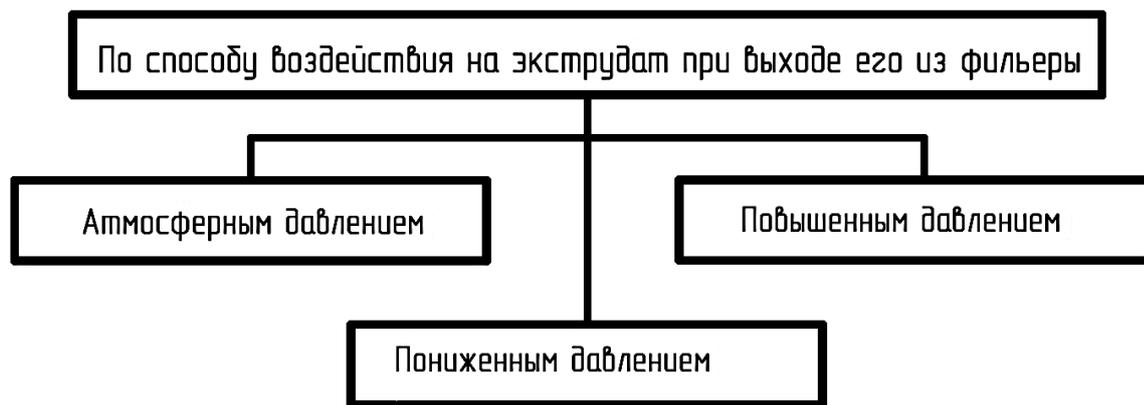


Рис. 2. Классификация экструдеров по характеру воздействия на экструдат при выходе его из фильеры матрицы машины

Результаты и их обсуждение

Приведенная выше информация является основанием для включения в качестве классификационного признака экструдеров способа воздействия на экструдат при выходе его из фильеры матрицы машины (рис. 2).

Данный признак характеризует поведение экструдата в различных условиях:

- избыточное (повышенное) давление среды, в которую попадает экструдат, обеспечивает определенное «укрощение» взрывного процесса на выходе массы из фильеры, что позволяет поддерживать требуемую форму продукта с учётом особенностей его критериев (влажности, пористости и т.д.) [18];

- пониженное давление (вакуум) усиливает эффект «взрыва» продукта (или «декомпрессионного шока») в результате повышения перепада температуры и давления между зонами гомогенизации и формования, что приводит к образованию более

пористой структуры и увеличению объема экструдата (вспучиванию) с учётом глубоких преобразований его структуры: (разрыв клеточных стенок, деструкция, гидролиз) [6–12, 14, 19–21];

- атмосферное давление также обеспечивает эффект «взрыва», но в меньшей степени, чем вакуум, и при этом позволяет избежать дополнительных затрат на вакуумную камеру и поддержание в ней необходимого давления.

Выводы

На основе научно-технической и патентной информации, а также всестороннего анализа классификации машин для экструзионной обработки пищевого сырья, можно рекомендовать новый классификационный признак, отражающий актуальное направление в совершенствовании пищевой термопластической экструзии.

Список литературы

1. Денисов, С.В. Определение пропускной способности зоны загрузки пресс-экструдера. / С.В. Денисов, В.В. Новиков, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2009, – № 12. – С. 73–76.
2. Курочкин, А.А. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств. / А.А. Курочкин, В.М. Зимняков. Под ред. А.А. Курочкина. – М.: КолосС, 2006. – 320 с.
3. Курочкин, А.А. Регулирование функционально-технологических свойств экструдатов растительного сырья / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, П.К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 4. – С. 86–91.
4. Курочкин, А.А. Обоснование рациональных параметров шнека пресс-экструдера в зоне загрузки / А.А. Курочкин, В.В. Новиков // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – № 06 (10). – С. 123–127.
5. Курочкин, А.А. Методологические аспекты теоретических исследований пресс-экструдеров для обработки растительного крахмалсодержащего сырья / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.В. Новиков, С.В. Денисов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – № 06 (10). – С. 46–55.
6. Курочкин, А.А. Регулирование структуры экструдатов крахмалсодержащего зернового сырья / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, П.К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4. – С. 94–99.

7. 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. – С. 30–35.
8. 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 государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 4. – С. 70–74.
9. 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.
10. Курочкин, А. А. Системный подход к разработке экструдера для термовакуумной обработки экструдата / А. А. Курочкин // Инновационная техника и технология. – 2014. – № 4. – С. 17–21.
11. 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. 14–20.
12. 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.
13. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн. 1: Учеб. для вузов / С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков и др.; Под ред. акад. РАСХН В. А. Панфилова. – М.: Высш. шк., 2001. – 703 с.
14. 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.
15. Новиков, В. В. Определение объемного расхода экструдата в зоне прессования одношнекового пресс-экструдера. / В. В. Новиков, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Н. А. Харыбина, Д. Н. Азиаткин. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 1 (75). С. 91–94.
16. Оборудование и автоматизация перерабатывающих производств / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, А. С. Гордеев, А. И. Завражнов. – М.: КолосС, 2007. – 591 с.
17. Оборудование перерабатывающих производств / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, В. М. Зимняков, П. К. Воронина. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 363 с.
18. Пат. № 2132628 Российская Федерация, МПК6 А23Р1/12, А23Л1/18. Способ приготовления пищевого экструдированного продукта / П. Г. Рудась, А. Ф. Доронин, В. И. Степанов; заявитель и патентообладатель Московская государственная академия пищевых производств. – № 97113457/13; заявл. 28.07.1997; опубл. 10.07.1999.
19. Пат. 2460315 Российская Федерация МПК7 А23Л1/00. Способ производства экструдатов /заявители: Г. В. Шабурова, А. А. Курочкин, П. К. Воронина, Г. В. Авроров, П. А. Ерушов; патентообладатель ФГОУ ВПО Пензенская ГТА. – № 2011107960; заявл. 01.03.2011; опубл. 10.09.2011, Бюл. № 25. – 6 с.
20. Пат. 2561934 Российская Федерация МПК7 В29С47/12. Экструдер с вакуумной камерой / заявители: Г. В. Шабурова, П. К. Воронина, Р. В. Шабнов, А. А. Курочкин, В. А. Авроров; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО Пензенский ГТУ. – № 2014125348; заявл. 23.06.2014; опубл. 10.09.2015.
21. Patent US 7001636 B1 Method for manufacturing feed pellets and a plant for use in the implementation of the method / Odd Geir Oddsen, Harald Skjorshammer, Fred Hirth Thorsen – № 09/937172; Pub. 21.02.2006.

BY THE ISSUE OF EXPANSION OF CLASSIFICATION FEATURES FOOD EXTRUDERS

A. O. Denisov, N. V. Zhivaeva

We justify the proposal to supplement the existing classification of food extruders new signs reflecting the current trend in improving them.

Keywords: classification, an extruder, a vacuum chamber, barometric pressure, vacuum drying.

References

1. Denisov, S. V. Determination of the capacity of an area download press-extruder. / S. V. Denisov, V. V. Novikov, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova. Bulletin of Altai state agrarian University. – 2009, – № 12. – S. 73–76.
2. Kurochkin, A. A. the Basics of calculating and designing machines and devices of food processing industry. /A. A. Kurochkin, V. M. Zimnyakov. Ed. by A. A. Kurochkin. – М.: Colossus, 2006. – 320 p.

3. Kurochkin, A. A. Regulation of functional and technological properties of extrudates of plant raw materials / A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, P. K. Voronina// Bulletin Samara state agricultural Academy. – 2012. – No. 4. – S. 86-91.
4. Kurochkin, A. A. Substantiation of rational parameters of the screw press-extruder at the feed area / A. A. Kurochkin, V. V. Novikov// XXI century: the past and challenges of the present plus. – 2013. – № 06 (10) . – P. 123-127.
5. Kurochkin, A. A. Methodological aspects of theoretical research extruder machines for processing starchy plant raw materials / A. A. Kurochkin, G. V. shaburova, V. V. Novikov, S. V. Denisov // XXI century: the past and challenges of the present plus. – 2013. – № 06 (10) . – P. 46-55.
6. Kurochkin, A. A. Regulation of the structure of extrudates grain starchy raw materials / A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, I. D. Frolov, P. K. Voronina// Bulletin Samara state agricultural Academy. – 2013. – No. 4. – P. 94-99.
7. Kurochkin, A. A. Modeling of the process of obtaining extrudates on the basis of new technological solutions / A. A. Kurochkin, G. V. shaburova, I. D. Frolov, P. K. Voronina// Niva Povolzhya. – 2014. – No. 1. – P. 30-35.
8. Kurochkin, A. A. the extrudates from vegetable raw materials with a high content of lipids / A. A. Kurochkin, G. V. shaburova, I. D. Frolov, P. K. Voronina// Bulletin Samara state agricultural Academy. – 2014. – No. 4. – S. 70-74.
9. 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.
10. Kurochkin, A. A. Systematic approach to the development of the extruder for thermal vacuum processing of the extrudate / A. A. Kurochkin // Innovative technology. – 2014. – No. 4. – P. 17-21.
11. 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. 14-20.
12. Kurochkin, A. A. the Technology of feed production on the basis of thermal waste treatment/agricultural production / A. A. Kurochkin, D. I. Frolov // Innovative technology. – 2014. – No. 4. – S. 36-40.
13. Machines and equipment for food production. In 2 kN. KN. 1: Proc. for universities / S. T. Antipov, I. T. Kretov, A. N. Ostrikov and others; ed. by Acad. RAAS V. A. Panfilov. – M.: Higher. Sch., 2001. – 703 p.
14. 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.
15. Novikov, V. V. the determination of the volumetric flow of the extrudate in the nip, single screw press extruder. / V. V. Novikov, A. A. Kurochkin, G. V. Shaburova, N. A. Kharybina, D. N. Aziatki. // Bulletin of Altai state agrarian University. – 2011, – № 1 (75). P.91-94.
16. Equipment and automation of processing manufactures /A. A. Kurochkin, G. V. shaburova, A. S. Gordeev, A. I. Zavrazhnov. – M.: Colossus, 2007. – 591 p.
17. Equipment processing plants /A. A. Kurochkin, G. V. shaburova, V. M. Zimnyakov, P. K. Voronina. – M.: INFRA-M, 2015. – 363 p.
18. Pat. No. 2132628 Russian Federation, IPC6 AR/12, A23L1/18. The method for preparing extruded food product / Rudas P. G., Doronin A. F., Stepanov V. I.; applicant and patent owner Moscow state Academy of food production. No 97113457/13; Appl. 28.07.1997; publ. 10.07.1999.
19. Pat. 2460315 the Russian Federation, IPC 7 A23L1/00. Method for the production of extrudates /applicants: G. V. shaburova, A. A. Kurochkin, P. K. Voronina, G. V. Avrorov P. A. Urusov; patentee GOU VPO Penza GTA. No 2011107960; Appl. 01.03.2011; publ. 10.09.2011, bull. No. 25. – 6 S.
20. Pat. 2561934 the Russian Federation, IPC 7 VS/12. Extruder with vacuum chamber /applicants: G. V. shaburova, P. K. Voronina, R. W. Shanov, A. A. Kurochkin, A. Avrorov, V.; applicant and patentee Federal state educational institution IN Penza state technological University. No 2014125348; Appl. 23.06.2014; publ. 10.09.2015.
21. US Patent 7001636 B1 Method for manufacturing feed pellets and a plant for use in the implementation of the method / Odd Geir Oddsen, Harald Skjorshammer, Fred Hirth Thorsen – No. 09/937172; Pub. 21.02.2006.