

# ТРИБУНА МОЛОДОГО УЧЕНОГО

УДК 664.769

## К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ПОДАЧИ ВАКУУМНОГО НАСОСА В ЭКСТРУДЕРЕ С ВАКУУМНОЙ КАМЕРОЙ

*Денисов А.О.*

В экструзионных технологиях, основанных на термовакуумном эффекте, одним из важнейших конструктивно-технологических параметров процесса является подача вакуумного насоса, входящего в состав машины. При этом подача, отнесенная к процессам «вскипания» экструдата и его остыванию с одновременной конденсацией паров воды, по-разному влияют на выбор вакуумного насоса. На основе баланса расхода воздуха в пневмосистеме модернизированного экструдера в работе сделана попытка теоретического обоснования рационального рабочего давления воздуха в вакуумной камере модернизированного экструдера с термовакуумным эффектом.

**Ключевые слова:** *экструдер, термовакуумный эффект, давление, расход воздуха, вакуумный насос.*

### Введение

Одним из весьма эффективных приемов воздействия на обрабатываемое с помощью экструзионных технологий сырье растительного происхождения является выдержка экструдата сразу после его выхода из фильеры машины в камере с пониженным давлением, равным 0,02...0,09 МПа [2-4, 28].

Принцип работы экструдера, реализующего такую технологию, заключается в следующем. Исходное сырье из загрузочного бункера экструдера с помощью дозатора направляется в шнековую часть машины, после чего последовательно обрабатывается во всех рабочих зонах экструдера и через фильеру матрицы поступает в вакуумную камеру [30].

При переходе экструдата из области высокого давления в зону пониженного давления в результате декомпрессионного взрыва жидкость, находящаяся в продукте, переходит в парообразное состояние с выделением значительного количества энергии. Продолжительность обработки сырья в таком экструдере составляет 15...25 с при температуре 100...110 °С. Содержание влаги в готовом продукте регулируется за счет давления в вакуумной камере с помощью вакуум-регулятора [1, 5-9].

Экструдер, агрегатированной с вакуумной камерой, позволяет осуществлять процесс экструзионной обработки при пониженных температурных режимах, способствующих максимальному сохранению термолабильных функциональных ингредиентов в экструдате [10-12, 20-25, 30-33].

Известно, что реакция экструдата на термовакуумное воздействие зависит от его структуры (характера капиллярно-пористого строения), температуры нагрева, площади поверхности испаре-

ния, а также давления в зоне испарения. При этом в анализируемых работах отмечается, что снижение содержание воды в готовом продукте по сравнению с обрабатываемым сырьем примерно в 2 раза обеспечивается в основном за счет рабочего давления воздуха в вакуумной камере экструдера [5, 14, 16-19, 24].

Следует подчеркнуть, что во всех цитируемых работах вопрос обеспечения рационального рабочего давления воздуха в вакуумной камере экструдера не рассматривается. Между тем он является весьма важным, так как эффективная реализация термовакуумного эффекта, являющегося основой рабочего процесса экструдера с вакуумной камерой, в первую очередь зависит от прихода и расхода воздуха в систему.

**Цель данного исследования** – теоретическое обоснование рационального рабочего давления воздуха в вакуумной камере модернизированного экструдера с термовакуумным эффектом.

**Объект исследования** – экструдер с вакуумной камерой.

### Результаты и их обсуждение

Одним из основных требований к вакуумной системе экструдера является стабильный вакуумный режим в его камере. Выполнение этого условия связано с оптимальным сочетанием производительности вакуумного насоса, которым комплектуется экструдер и расходной характеристикой его вакуумной системы.

Основными причинами неудовлетворительной работы вакуумной системы экструдера (как правило, заниженная величина рабочего вакуума), являются:

недостаточная герметичность вакуумпроводов в результате некачественного монтажа, износа и старения их уплотняющих элементов; неправильная настройка регулятора вакуума; засоренность вакуумпроводов; уменьшение производительности вакуум-насоса.

Названные причины проявляются как порознь, так и совместно в различных сочетаниях. В связи с этим вопросы диагностики вакуумной системы экструдера с целью определения конкретной причины ее неисправности имеет важное практическое значение.

Теоретической основой обеспечения рационального рабочего давления воздуха в вакуумной камере экструдера является уравнение баланса расхода воздуха в его пневмосистеме, которое в общем случае можно представить в виде следующего уравнения

$$Q_H = Q_{BC} + Q_{BP} + Q_{BP} - Q_K, \quad (1)$$

где  $Q_H$  – производительность (подача) вакуумного насоса, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{BC}$  – расход воздуха на осуществление «вскипания» экструдата, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{BP}$  – расход (подсос) воздуха через неплотности вакуум-провода, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{BP}$  – расход воздуха через регулятор вакуума у вакуум-насоса (в машинном отделении), м<sup>3</sup>/ч;

$Q_K$  – расход воздуха, получаемый за счет процесса конденсации паров воды, выделившихся из экструдата во время его «вскипания».

В частных случаях некоторые слагаемые правой части уравнения могут оказаться равными нулю. Например, отключен вакуум-регулятор –

$Q_{BP} = 0$ . При этом производительность вакуумного насоса всегда выражается вполне определенной величиной и зависит от его технического состояния. Например, для новой установки УВУ-60 она равна 60 м<sup>3</sup>/ч.

Постоянство производительности вакуумного насоса обеспечивается работой вакуум-регулятора, который при отключении отдельных потребителей берет расход воздуха на себя. При подключении потребителей, расход воздуха через вакуум-регулятор уменьшается ровно настолько, сколько потребовалось его вновь подключенным потребителям.

Таким образом, через вакуум-регулятор

осуществляется автоматически управляемый расход (запас) воздуха. Пока он есть, к вакуумной системе можно подключить определенное число потребителей воздуха. Если же к вакуумной системе, в которой нет запаса расхода воздуха, подключить потребители воздуха (увеличить расход экструдата через фильеру), произойдет общее снижение величины давления в системе. Величина этого снижения будет зависеть от числа дополнительных потребителей. Это изменение давления сразу же отрицательно скажется на работе вакуумной камеры экструдера.

Наличие запаса расхода воздуха в вакуумной системе экструдера показывает индикатор расхода воздуха, вмонтированный в корпус вакуум-регулятора. Отсюда ясно, что показание индикатора расхода воздуха в экструдере имеет важное значение, так как оно сигнализирует о состоянии вакуумного насоса и герметичности системы.

Для обслуживающего персонала, снижение расхода воздуха через индикатор является свидетельством того, что либо вакуумный насос снизил свою производительность, либо в вакуум-проводе увеличился подсос воздуха из-за их не герметичности, либо произошло и первое и второе одновременно.

В теоретическом плане из уравнения баланса (1) наибольший интерес вызывают расход воздуха на осуществление «вскипания» экструдата и расход воздуха, получаемый за счет процесса конденсации паров воды.

Первый показатель можно определить из выражения

$$Q_H = q_{BC} \cdot G_Э, \quad (2)$$

где  $q_{BC}$  – удельный расход воздуха, связанный с процессом «вскипания» экструдата, м<sup>3</sup>/кг;

$G_Э$  – производительность экструдера, кг/ч.

Во втором случае по существу имеет место увеличение вакуума за счет процесса конденсации паров воды, выделившихся из экструдата во время его «вскипания». Расход воздуха, получаемый за счет данного процесса можно определить с помощью формулы

$$Q_K = q_K \cdot G_Э, \quad (3)$$

где  $q_K$  – удельный расход воздуха, получаемый за счет процесса конденсации паров воды, выделившихся из экструдата во время его «вскипания», м<sup>3</sup>/кг;

Конденсация паров воды способствует понижению давления в системе, поэтому в уравнении (1) данный показатель приведен со знаком «минус».

Таким образом, при определении рабочего давления воздуха в вакуумной камере модернизированного экструдера с термовакуумным эффектом следует учитывать эти два показателя.

### Выводы

На основе выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

– теоретической основой при обосновании рационального рабочего давления воздуха в ва-

куумной камере модернизированного экструдера является уравнение баланса расхода воздуха в его пневмосистеме;

– для определения удельного расхода воздуха, связанного с процессами «вскипания» и конденсации паров воды в экструдате в зависимости от конструктивных параметров машины и технологического процесса экструзионной обработки сырья, необходимо проведение дополнительных теоретических и экспериментальных исследований.

### 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] Воронина, П.К. Формирование качества пива в процессе сбраживания пивного сусле с использованием экструдата ячменя /П.К. Воронина, А.А. Курочкин //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.– 2012.– № 4.– С. 100–103.
- [3] Воронина, П.К. Разработка технологии и товароведная характеристика пива с экструдатом ячменя /П.К. Воронина //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.– 2013.– № 4.– С. 108–113.
- [4] Воронина, П.К. Практические перспективы термопластической экструзии в технологии напитков /П.К. Воронина //XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс.– 2014.– № 6 (22).– С. 85–88.
- [5] 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.
- [6] Курочкин, А.А. Дипломное проектирование по механизации переработки продукции животноводства. /А.А. Курочкин, В.М. Зимняков, В.В. Ляшенко, В.С. Парфенов, И.А. Спицын: Учебное пособие.– Пенза: Пензенская ГСХА, 1998.– 250 с.
- [7] Курочкин, А.А. Дипломное проектирование по механизации переработки сельскохозяйственной продукции. / А.А. Курочкин, И.А. Спицын, В.М. Зимняков и др. Под ред. А.А. Курочкина.–М.: КолосС, 2006.– 424 с.
- [8] 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.
- [9] Курочкин, А.А. Теоретические и практические аспекты экструзионной технологии в пивоварении /А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.В. Новиков //Нива Поволжья.– 2007.– № 1.– С. 20–24.
- [10] Курочкин, А.А. Трансформация углеводного комплекса экструдированного ячменя /А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, П.К. Воронина, Е.В. Тюрина //Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания.–Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием.–Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010.– С. 46–48.
- [11] Курочкин, А.А. Аминокислотный состав экструдированного ячменя / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова // Пиво и напитки.– 2008.– № 4.– С. 12.
- [12] 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.
- [13] 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.– № 6 (10).– С. 123–127.
- [14] 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.– № 6 (10).– С. 46–54.
- [15] Курочкин, А.А. Теоретические исследования рабочего процесса вакуумной системы модернизированного экструдера /А.А. Курочкин // Инновационная техника и технология.– 2015.– № 3 (04). С. 44–50.

- [16] 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.– № 6 (22).–С. 109–114.
- [17] 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.
- [18] 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. 70–76.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] 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 технологии пищевых производств.– 2016. Т. 42.– № 3.–С. 104–111.
- [26] 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 ГАУ.–Барнаул, 2011.– № 1 (75).–С. 91–94.
- [27] Оборудование перерабатывающих производств /А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.М. Зимняков, П.К. Воронина.–М.: ИНФРА-М, 2015.– 363 с
- [28] Пат. 2460315 Российская Федерация МПК А23L1/00. Способ производства экструдатов /заявители: Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Авроров, П.А. Ерушов; патентообладатель ФГОУ ВПО Пензенская ГТА.– № 2011107960/13; заявл. 01.03.2011; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 25.– 6 с.
- [29] Пат. 2561934 Российская Федерация, МПК А23Р 1/12, В29С 47/38. Экструдер с вакуумной камерой / Шабурова Г.В., Воронина П.К., Шабнов Р.В., Курочкин А.А., Авроров В.А. № 2014125348/13; заявл. 23.06.2014; опубл. 10.06.2015, Бюл. № 25.– 7 с.
- [30] 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.
- [31] Шабурова, Г.В. Белковый комплекс экструдированного ячменя /Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, В.П. Чистяков, В.В. Новиков //Пиво и напитки.– 2007.– № 3.–С. 12.
- [32] Шабурова, Г.В. Повышение технологического потенциала несоложенных зернопродуктов /Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, П.К. Воронина //Техника и технология пищевых производств.– 2014.– № 1(32).–С. 90–96.
- [33] Шабурова, Г.В. 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.

## TO THE QUESTION OF JUSTIFICATION OF THE SUPPLY OF THE VACUUM PUMP IN THE EXTRUDER WITH THE VACUUM CHAMBER

*Denisov A.O.*

In extrusion technologies based on thermal effects, one of the most important constructive-technological parameters of the process is the filing of a vacuum pump included in the machine. When this occurs, related to the process of «effervescence» of the extrudate and cooling with simultaneous condensation of the water vapor influence on the choice of the vacuum pump. On the basis of a balance of air flow in the pneumatic system of the upgraded extruder in the paper an attempt of a theoretical substantiation of the rational working of air pressure in the vacuum chamber of the upgraded extruder with a vacuum effect.

**Keywords:** *extruder, thermal effect, pressure, air flow, vacuum pump.*

## References

- [1] Denisov, S.V. Determining the capacities of the loading area of the press-extruder /S.V. Denisov, V.V. Novikov, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova. Bulletin of Altai state agrarian University.– 2009.– № 12.– P. 73–76.
- [2] Voronina, P.K. Formation of the quality of beer in the process of fermentation of wort with the use of the extrudate barley /P.K. Voronina, A.A. Kurochkin //Bulletin of the Samara State Agricultural Academy.– 2012.–No. 4.–P. 100–103.
- [3] Voronina, P.K. Development of technology and commodity description beer with the extrudate barley /P. K. Voronina //Bulletin of the Samara State Agricultural Academy.– 2013.–No. 4.–P. 108–113.
- [4] Voronina, P.K. Practical perspective thermoplastic extrusion in beverage technology /P.K. Voronina //XXI century: the results of past and present problems plus.– 2014.– № 6 (22).–P. 85–88.
- [5] Voronina, P.K. Multifunctional composite with a high content of dietary fiber / P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova //Bulletin of the Samara State Agricultural Academy.– 2015.–No. 4.– P. 65–71.
- [6] Kurochkin, A.A. Diploma engineering for mechanization of processing of livestock products. / A.A. Kurochkin, V.M. Zimnyakov, V.V. Lyashenko, V.S. Parfenov, I.A. Spitsyn: a Training manual.– Penza: Penza state agricultural Academy, 1998.– 250 p.
- [7] Kurochkin, A.A. Graduate design for mechanization of processing of agricultural products / A.A. Kurochkin, I.A. Spitsyn, V.M. Zimnyakov and etc. Under the editorship of A.A. Kurochkin.–M.: KolosS, 2006.– 424 p.
- [8] 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.
- [9] Kurochkin, A.A. Theoretical and practical aspects of extrusion technology in brewing /A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, V.V. Novikov //Niva Povolzhya.– 2007.–No. 1.–P. 20–24.
- [10] Kurochkin, A.A. The Transformation of complex carbohydrate extruded barley /A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, P.K. Voronina, E.V. Tyurina //Current state and prospects of development of food industry and public catering.–Proceedings of the III all-Russian scientific-practical conference with international participation.–Chelyabinsk: Publishing center SUSU, 2010.–P. 46–48.
- [11] Kurochkin, A.A. Amino acid composition of extruded barley /A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova // Beer and drinks.– 2008.–No. 4.–P. 12.
- [12] Kurochkin, A.A. Regulation of the structure of extrudates of the grain starch-containing raw materials / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina //Bulletin Samara state agricultural Academy.– 2013.–No. 4. P.– 94–99.
- [13] Kurochkin, A.A. Substantiation of rational parameters of the screw press-extruder /A.A. Kurochkin, V.V. Novikov //XXI century: the past and challenges of the present plus.– 2013.–No.6 (10).–P. 123–127.
- [14] Kurochkin, A.A. Methodological aspects of theoretical research press extruders for processing starchy vegetable 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.–No. 6 (10).–P. 46–54.
- [15] Kurochkin, A.A. Theoretical research of working process of the vacuum system of the upgraded extruder /A. A. Kurochkin //Innovative machinery and technology.– 2015.– № 3 (04). P. 44–50.
- [16] Kurochkin, A.A. Obtaining extrudates starchy grain material with a predetermined porosity /A. A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov //XXI century: the past and challenges of the present plus.– 2014.–No. 6 (22).– P. 109–114.
- [17] Kurochkin, A.A. Extrudates from vegetable raw materials with a high content of lipids /A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.C. Voronina //Bulletin of the Samara State Agricultural Academy.– 2014.– No. 4.–P. 70–74.
- [18] Kurochkin, A.A. Modeling of the process of extrudates based on new technological solutions / A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina //Niva Povolzhya.– 2014.–No. 1 (30).–P. 30–35.
- [19] 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.–P. 36–40.

- [20] Kurochkin, A.A. Multicomponent extrudate on the basis of wheat and Thistle seed /A. A. Kurochkin, D.I. Frolov //Bulletin of the Samara State Agricultural Academy.– 2015.–No. 4.–P. 76–81.
- [21] Kurochkin, A.A. The theoretical rationale for the use of the extruded raw material in food technology / A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G.V. Shaburova // Monograph, 2015.– 182 p.
- [22] Kurochkin, A.A. Theoretical justification for the thermal vacuum effect in the workflow of the upgraded extruder /A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, P.K. Voronina //Bulletin of the Samara State Agricultural Academy.– 2015.–No. 3.–P. 15–20.
- [23] Scientific support for current trends in the development of the edible thermoplastic extrusion /A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, V.M. Zimnyakov, A.L. Mishanin., V.V. Novikov, G.V. Shaburova, D.I. Frolov.– Penza, 2015.– 181 p.
- [24] 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.
- [25] 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 technologies for food production.– 2016. Vol. 42.–No. 3.–P. 104–111.
- [26] Novikov, V.V. Determination of volumetric flow of extruded articles in the zone of single screw extrusion press extruder/V.V. Novikov, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, N.A. Harybina, D.N. Aziatkin //Herald of the Altai HAU.–Barnaul, 2011.–No. 1 (75).–P. 91–94.
- [27] Hardware processing industries /A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, V.M. Zimnyakov, P.K. Voronina.–M.: INFRA-M, 2015.– 363 p.
- [28] Pat. 2460315 The Russian Federation, IPC 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 2011107960/13; Appl. 01.03.2011; publ. 10.09.2012, bull. No. 25.– 6 p.
- [29] Pat. 2561934 Russian Federation, IPC OR1/12, VS47/38. Extruder with vacuum chamber / applicants: G.V. Shaburova, P.K. Voronina, Shabrov R.V., Kurochkin A.A., A. Avrorov, V. No. 2014125348/13; Appl. 23.06.2014; publ. 10.06.2015, bull. No. 25.– 7 p.
- [30] 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 machinery and technology.–2015.– № 1 (02). P. 29–34.
- [31] Shaburova, G.V. Protein complex extruded barley /Shaburova G.V., Kurochkin A.A., V.P. Chistyakov, V.V. Novikov //Beer and soft drinks.– 2007.–No. 3.–P. 12.
- [32] Shaburova, G.V. Improving the technological capacity of unmalted grain products //G.V. Shaburova, A.A. Kurochkin, P.K. Voronina //Technics and technology of food production.– 2014.–No. 1 (32).–P. 90–96.
- [33] Shaburova, G.V. 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.