

ТРИБУНА МОЛОДОГО УЧЕНОГО

УДК 664.769

О ВЛИЯНИИ ТЕРМОВАКУУМНОГО ЭФФЕКТА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЭКСТРУДЕРА С ВАКУУМНОЙ КАМЕРОЙ

Денисов А.О.

Изучение реакции капиллярно-пористых экструдатов на среду с пониженным давлением воздуха показало, что одним из эффективных способов управления формированием пористой структуры экструдатов является термовакуумного воздействия на экструдированное сырье после выхода его из фильеры матрицы экструдера. Такое воздействие на экструдат может быть реализовано в экструдере, который дополнительно оснащен вакуумной камерой. Экструдирование сырья растительного происхождения является энергоемким технологическим процессом, поэтому можно предположить, что аналитическая оценка степени влияния термовакуумного эффекта при работе экструдера с вакуумной камерой на его производительность относится к актуальным задачам. В работе показано, что известные к настоящему времени аналитические выражения, позволяющие определить производительность экструдера, как правило, не учитывают фактор пониженного давления на выходе экструдата из фильеры матрицы машины. Уравнение, которое связывает производительность пресс-экструдера с давлением экструдированного сырья внутри рабочего тракта машины и на выходе в атмосферу, не позволяет адекватно оценить изменение производительности экструдера в случае оснащения его вакуумной камерой. Поэтому для ориентировочных расчетов в необходимых случаях можно воспользоваться известным выражением, но при этом учитывать коэффициент взрыва.

Ключевые слова: *экструдер, термовакуумный эффект, фильера матрицы, вакуумная камера, производительность, объемный расход.*

Введение

К технологическим свойствам экструдатов, получаемых из растительного сырья, обычно относят коэффициент взрыва (расширения), насыпную массу, набухаемость, растворимость, водо- и жиросодержащую способность, а также текстуру и усвояемость готовых продуктов [1, 14-17, 19]. При этом все перечисленные свойства в большей или меньшей мере связаны с пористостью получаемого в процессе экструзии продукта. В свою очередь механизм формирования пористой структуры экструдатов, как правило, рассматривается исходя из эксклюзивной роли в этом процессе воды, крахмала, а также перепада давления на входе в фильеру матрицы экструдера и на ее выходе [5, 9, 10, 13, 30].

Изучение реакции капиллярно-пористых экструдатов на среду с пониженным давлением воздуха показало, что одним из эффективных способов управления формированием пористой структуры экструдатов является термовакуумного воздействия на экструдированное сырье после выхода его из фильеры матрицы экструдера. В последние годы в России запатентованы способ получения экструдатов на основе термовакуумного эффекта и устройство для его реализации [26, 28]. Эффективность применения этих разработок представлена в результатах

исследований, связанных с производством хлебобулочных изделий, напитков, а также обработкой биологических отходов при получении корма для животных [2-4, 18, 20, 27, 29, 31].

Известно, что экструдирование сырья растительного происхождения относится к достаточно энергоемким технологическим процессам. Например, удельный расход электроэнергии пресс-экструдером КМЗ-2У при переработке зерна пшеницы составляет в среднем 0,2 кВт·ч/кг. При этом определенное влияние на этот показатель оказывают настройки машины, которые связаны с изменением подачи зерна на переработку и регулирование температуры процесса и связанного с ней коэффициента взрыва [6, 8, 12, 24].

Подача зерна регулируется изменением скорости вращения шнека дозатора с помощью электронного регулятора, а коэффициент взрыва зависит от площади выходного отверстия фильеры матрицы экструдера. Диаметр фильеры матрицы экструдера является параметром, оказывающим влияние, как на производительность машины, так и температуру экструзии. Температура уменьшается при большем диаметре, и увеличивается при установке матрицы с относительно малым диаметром фильеры [7, 25]. В связи с изложенным, можно предположить, что оценка влияния термовакуумного эффекта на

производительность экструдера, оборудованного вакуумной камерой, представляется актуальной задачей.

Цель данного исследования – аналитическая оценка степени влияния термовакuumного эффекта при работе экструдера с вакуумной камерой на его производительность.

Объекты и методы исследований

Объект исследования – рабочий процесс экструдера с вакуумной камерой.

Результаты и их обсуждение

Рабочий процесс экструдера с вакуумной камерой осуществляется следующим образом [21, 23]. Перерабатываемое сырьё из загрузочного бункера с помощью дозатора направляется в рабочую зону экструдера и, захваченное шнеком, последовательно перемещается по внутреннему тракту машины. При выходе из шнековой части экструдера обрабатываемый материал посредством отверстия в фильтре матрицы поступает в вакуумную камеру. В результате быстрого перехода экструдата из области высокого давления в шнековой части экструдера в зону пониженного давления (в вакуумную камеру), происходит декомпрессионный взрыв: вода, находящаяся в продукте, переходит в парообразное состояние с выделением значительного количества энергии. При этом расплавленный крахмал, являющийся в этом процессе основным инициатором порообразования, застывает и образует высокопористый продукт [14, 22].

Эффективный рабочий процесс пресса-экструдера в числе прочих обеспечивается рациональной подачей обрабатываемого сырья к рабочему органу. Представим рабочий процесс экструдера и условия его работы в виде схемы (рис.) [15, 26].

Как видно из схемы, материал поступает в приёмный бункер, объём которого V_6 достаточен для предварительного накопления материала. Из бункера шнековым дозатором сырьё поступает в зону загрузки шнека. С учётом конструктивных параметров и особенности устройства данного участка шнекового пресса осуществляется захват материала и его подача Q_n в зону сжатия материала. Производительность пресса на данном участке зависит от особенностей протекания процесса и составит Q_c . Производительность зоны гомогенизации – Q_z . На стыке участков выполнены сужения проходного канала в виде греющих шайб и изнашиваемых (компрессионных) колец. Производительность пресса в данном месте – Q_k . На выходе из зоны гомогенизации установлены фильтры матрицы с производительностью Q_b [11, 22].

С учетом того, что на различных участках шнека физико-механические свойства обрабатываемого материала будут изменяться, а также принимая во внимание закон сохранения материи, условие равновесия системы и стабильного протекания рабочего процесса экструдера можно записать в виде уравнения

$$Q_d \geq Q_n = Q_c = Q_k = Q_r = Q_b. \quad (1)$$

Считается, что подача дозатора Q_d должна соответствовать производительности пресса, так как при меньших значениях подачи дозатора произойдет снижение производительности пресса, а при больших значениях – загрузочный участок пресса не сможет захватить весь подаваемый материал и произойдет забивание массы перед прессом, что потребует временной остановки дозатора [22, 26].

Таким образом, с одной стороны подача дозатора должна обеспечивать максимальную загрузку пресс-экструдера, с другой – производительность пресс-экструдера напрямую связана с расходом

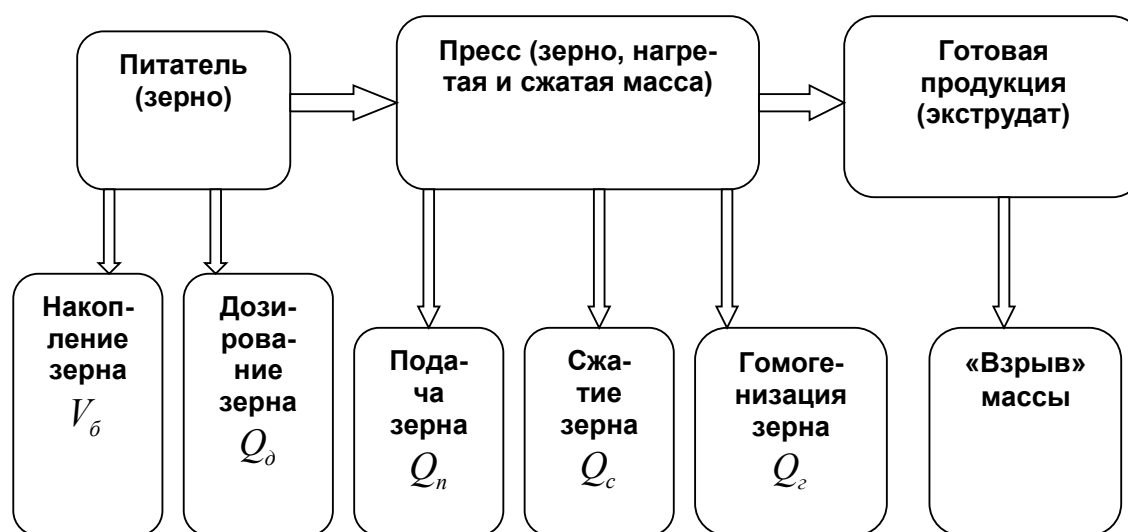


Рис.1. Схема рабочего процесса пресса-экструдера

массы через отверстия фильеры. Тем самым, максимальная, конструктивно заложенная подача дозатора должна быть не меньшей, чем производительность фильеры [22]

$$Q_d \geq Q_n, Q_d \geq Q_b, Q_n \geq Q_b. \quad (2)$$

В общем случае объемный расход экструдата на выходе из фильеры матрицы экструдера можно определить на основании следующей зависимости [26]

$$Q_b = \frac{\pi \cdot R_{\phi}^4 \cdot (P_M - P_a) \cdot P_M \cdot Z_{\phi}}{8 \cdot \nu \cdot l_{\phi}}, \quad (3)$$

где R_{ϕ} – радиус фильеры, м;

P_M – давление, создаваемое экструдером перед

матрицей, Па;

P_a – атмосферное давление, Па;

Z_{ϕ} – число фильер матрицы;

ν – кинематическая вязкость экструдата,

Па · с ;

l_{ϕ} – длина канала фильеры, м;

Оценим изменение объемного расхода экструдата на выходе из фильеры матрицы экструдера при его работе в штатном режиме, т.е. в том случае, когда экструдат из фильеры поступает в камеру с атмосферным давлением воздуха. Для этого в формулу (3) подставим численные значения ее составляющих.

$$Q_b = \frac{3,14 \cdot (3 \cdot 10^{-3})^4 \cdot (4 \cdot 10^6 - 0,1 \cdot 10^6) \cdot 4 \cdot 10^6 \cdot 2}{8 \cdot 0,885 \cdot 10^9 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 0,0005641 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Для экструдера с вакуумной камерой объемный расход экструдата на выходе из фильеры матрицы в камеру с низким давлением будет равен

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 суслу 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

$$Q_b = \frac{3,14 \cdot (3 \cdot 10^{-3})^4 \cdot (4 \cdot 10^6 - 0,05 \cdot 10^6) \cdot 4 \cdot 10^6 \cdot 2}{8 \cdot 0,885 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 0,0005675 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Расчеты показывают, что увеличение расхода экструдата в модернизированной машине составило меньше 1 %. Между тем, как показывают экспериментальные исследования экструдера с вакуумной камерой, такое техническое решение позволяет увеличить коэффициент взрыва в ряде случаев в 1,3–2,0 раза по сравнению с серийной машиной. Таким образом, можно сделать предварительный вывод о том, что формула (3) не позволяет адекватно оценить изменение производительности экструдера в случае оснащения его вакуумной камерой и для решения этой задачи можно рекомендовать уравнение

$$Q_b = \frac{\pi \cdot R_{\phi}^4 \cdot (P_M - P_{BK}) \cdot P_M \cdot Z_{\phi}}{8 \cdot \nu \cdot l_{\phi}} \cdot k_{BZ}, \quad (4)$$

где P_a – давление в вакуумной камере экструдера,

Па;

k_{BZ} – коэффициент, учитывающий увеличение

диаметра экструдата по сравнению с диаметром фильеры (коэффициент взрыва).

Выводы

Известные аналитические выражения, позволяющие определить производительность экструдера, как правило, не учитывают изменение давления на выходе экструдата из фильеры матрицы машины. Проанализированная в работе зависимость не позволяет адекватно оценить изменение производительности экструдера в случае оснащения его вакуумной камерой. Поэтому для ориентировочных расчетов в необходимых случаях можно воспользоваться известным выражением, но при этом учитывать коэффициент взрыва.

- /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. Теоретические и практические аспекты экструзионной технологии в пивоварении/А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.В. Новиков //Нива Поволжья.– 2007.– № 1.–С. 20–24.
- [9] 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.
- [10] Курочкин, А.А. Аминокислотный состав экструдированного ячменя / А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова // Пиво и напитки.– 2008.– № 4.–С. 12.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] Курочкин, А.А. Теоретические исследования рабочего процесса вакуумной системы модернизированного экструдера /А.А. Курочкин //Инновационная техника и технология.– 2015.– № 3 (04). С. 44–50.
- [14] 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.
- [15] Курочкин, А.А. Системный подход к разработке экструдера для термовакуумной обработки экструдата /А.А. Курочкин //Инновационная техника и технология.– 2014.– № 4 (01).–С. 17–22.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] Новиков, В.В. Определение объемного расхода экструдата в зоне прессования одношнекового пресс-экструдера /В.В. Новиков, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Н.А. Харьбина, Д.Н. Азиаткин //Вестник Алтайского ГАУ.– Барнаул, 2011.– № 1 (75).–С. 91–94.
- [25] Оборудование перерабатывающих производств /А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.М. Зимняков, П.К. Воронина.–М.: ИНФРА-М, 2015.– 363 с

- [26] Пат. 2460315 Российская Федерация МПК A23L1/00. 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.
- [27] Пат. 2412986 Российская Федерация, МПК7 C12C 12/00. Способ производства пива /Шабурова Г.В., Тюрина Е.В., Курочкин А.А., Воронина П.К., Терентьев А.Б.– № 2008149378/10; заявл. 15.12.2008; опубл. 27.02.2011, Бюл. № 6.– 3 с.
- [28] Пат. 2561934 Российская Федерация, МПК A23P 1/12, B29C 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
- [29] Пат. 2610805 Российская Федерация МПК A23K 40/25, A23K 10/26, A23K 10/37. Способ производства кормов /заявители: П.К. Воронина, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.И. Фролов, А.Л. Мишанин; патентообладатель ФГОУ ВПО Пензенский ГТУ.– № 2015119627; заявл. 25.05.2015; опубл. 12.02.2017, Бюл. № 5.– 8 с.
- [30] 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.
- [31] 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.

ON THE INFLUENCE OF THERMAL EFFECT ON PERFORMANCE EXTRUDER WITH VACUUM CHAMBER

Denisov A.O.

The study of the reaction capillary-porous extrudates on the environment with reduced air pressure showed that one of the effective ways to control the formation of porous structure of extrudates is thermal vacuum exposure of the extruded raw material after its exit from the die of the matrix of the extruder. This influence on the extrudate can be implemented in the extruder, which is optionally equipped with a vacuum chamber. Extrusion of raw materials of plant origin is technologically energy-intensive processes, so we can assume that the analytical evaluation of the degree of influence of the thermal effect during operation of the extruder with a vacuum chamber in his performance refers to the actual tasks. It is shown that currently known analytical expressions to determine the performance of the extruder, usually do not consider the factors of reduced pressure at the exit of the extrudate from the die of the matrix machine. The equation that relates the productivity of press-extruder, with the pressure of the extruded raw material within the working path of the machine and at the exit to the atmosphere, is not adequate to assess change in performance of the extruder in the case of an optional vacuum chamber. Therefore, for approximate calculations, if necessary, you can use a well-known expression, but taking into account the factor of the explosion.

Keywords: extruder; vacuum effect; output matrix; vacuum chamber; performance; flow.

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

- chkin, 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. Theoretical and practical aspects of extrusion technology in brewing /A. A. Kurochkin, G.V. Shaburova, V.V. Novikov //Niva Volga region.–2007.– № 1.–P. 20–24.
- [9] 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.
- [10] Kurochkin, A.A. Amino acid composition of extruded barley /A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova // Beer and drinks.– 2008.–No. 4.–P. 12.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] Kurochkin, A. A. A systematic approach to the development of thermal vacuum extruder for processing of the extrudate /A. A. Kurochkin //Innovative machinery and technology.– 2014.–No. 4 (01).–P. 17–22.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] Hardware processing industries /A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, V.M. Zimnyakov, P.K. Voronina.–M.: INFRA-M, 2015.– 363 p.
- [26] 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.
- [27] Pat. 2412986 Russian Federation IPC7 C12C 12/00. Method of beer production / applicants: Shaburova G. V., Tyurina E. V., Kurochkin A. A., Voronina P. K., Terentyev A. B. No. 2008149378/10; Appl. 15.12.2008; publ. 27.02.2011, bull. No. 6.– 3 p.
- [28] 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.
- [29] Pat. 2610805 Russian Federation IPC A23K 40/25, A23K 10/26, A23K 10/37. Method of production of feed /appellants: P.K. Voronina, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.I. Frolov, L.A. Mishanin; patentee FGOU VPO Penza state technical University. No 2015119627; Appl. 25.05.2015; publ. 12.02.2017, bull. No. 5.– 8 p.
- [30] 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.
- [31] 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.