

ISSN 2304-9081

Учредители:
Уральское отделение РАН
Оренбургский научный центр УрО РАН

***Бюллетень
Оренбургского научного центра
УрО РАН
(электронный журнал)***



2013 * № 2

On-line версия журнала на сайте
<http://www.elmag.uran.ru>

© М. А. Корякина, 2013

УДК 633.85-631.363

М. А. Корякина

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОДУКТОВ ЭКСТРУЗИИ СЕМЯН РАПСА

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия

Цель. Исследовать влияние геометрических размеров шнека, скорости технологического процесса на качественные показатели готовой продукции – рапсового масла для производства биотоплива и жмыха для производства комбикормов. *Материалы и методы.* В качестве исходного материала были использованы семена рапса ярового «Ратник» сорт «00». В качестве экспериментального оборудования выбран пресс-экструдер ПЭШ–30/4 и четыре шнека с различным шагом и шириной лопасти. Методы – атомно-абсорбционная спектрофотометрия, хроматография жидкостная и газовая, фотоэлектроколориметрия, спектрометрия. Качество рапсового масла и жмыха оценивалось по ГОСТ-методикам по органолептическим и физико-химическим показателям. *Результаты.* Определены и рекомендованы продукты экструдирования к использованию с органолептическими и физико-химическими показателями их качества и определены оптимальные значения конструктивных параметров рабочих органов одношнекового экструдера для получения рапсового масла и жмыха. *Заключение.* Проведенные исследования влияния различных факторов на физико-химические показатели продуктов экструдирования позволили определить количественные и качественные характеристики рапсового масла и жмыха с предпосылками сохранности их качества.

Ключевые слова: качество рапсового масла, качество рапсового жмыха, отток жидкой фазы, экструдирование, геометрические параметры одношнекового пресс-экструдера, скорость протекания технологического процесса.

М. А. Koryakina

ANALYSIS OF EXPERIMENTAL RESEARCH PRODUCTS EXTRUSION RAPE SEED

Orenburg State University, Orenburg, Russia

Objective. Investigate the influence of the geometric dimensions of screw speed the process for quality performance of finished products - rape oil for biofuels and cake for animal feed. *Materials and methods.* The starting material used seeds of spring rape «Warrior» sort of «00». The experimental equipment is selected extruder PESH-30/4 and four screw with different pitch and blade width. Methods - atomic absorption spectrophotometry, chromatography, liquid and gas, fotoelektroko-calorimeter, spectrometry. Quality of rape oil and rape cake was assessed by GOST-methods of organoleptic and physical-chemical indicators. *Results.* Identified and recommended products to use with extrusion organoleptic and physico-chemical indicators of their quality and the optimal values of design parameters of the working bodies of a single screw extruder to produce canola oil and cake. *Conclusion.* The studies of various factors on the physico-chemical characteristics of extruded products possible to determine the quantitative and qualitative characteristics of rape oil and cake to the premises of the preservation of their quality.

Key words: quality of rape oil, quality of rape cake, the outflow of the liquid phase, extrusion, the geometric parameters of a single-screw extruder, the flow rate of the process.

Введение.

Актуальная современная проблема обеспечения промышленности сырьем для производства биотоплива на базе растительного рапсового масла, а животноводства – кормовым белком на основе рапсового жмыха сопряжена с решением задачи по разработке непрерывных безотходных технологических процессов с применением одношнекового пресс-экструдера.

Анализ проб образцов продуктов тепловой экструзии позволяет определить их качественные показатели и соответственно распределить на цели использования, причем рапсовое масло – для технических или пищевых, а рапсовый жмых – для корма сельскохозяйственных животных и птиц.

Материалы и методы.

Для экспериментального исследования процесса отжима масла были использованы семена рапса ярового «Ратник» сорт «00». Семена рапса мелкие округлой формы, черной окраски. Масса 1000 шт семян 3,4–4,7 г. Объемная масса семян около 636 кг/м³. Технологическая схема получения рапсового масла и жмыха из сорта «Ратник» представлена на рисунке 1.

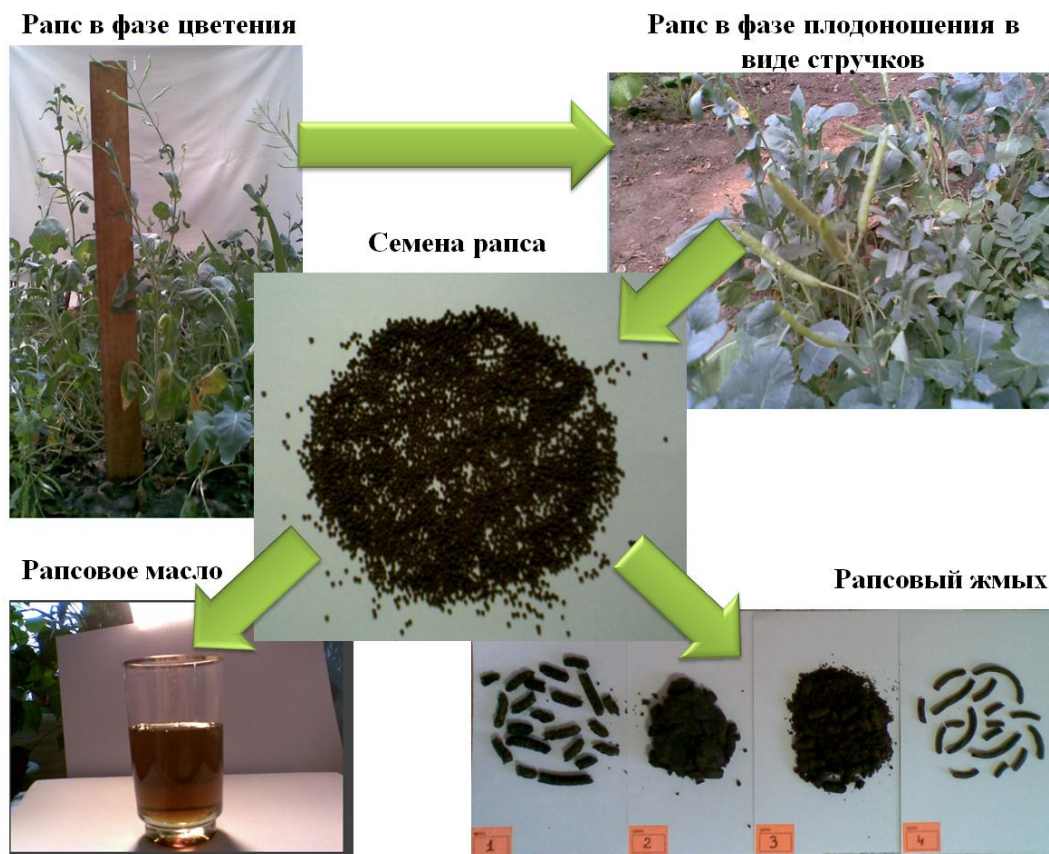


Рис. 1. Технологическая схема получения рапсового масла.

Прессование семян рапса проводилось с помощью малогабаритного универсального пресс-экструдера ПЭШ–30/4 в условиях отжима жидкой фазы с использованием четырех шнеков с различным шагом и шириной лопасти, как показано в таблице 1.

Таблица 1. Геометрические размеры шнеков

№ шнека	b_l , м	t_l , м	$s_{ш}$, м
1	0,0125	0,006	0,032
2	0,0125	0,008	0,032
3	0,0125	0,009	0,047
4	0,0125	0,021	0,047

Средствами для испытаний проб продуктов экструзии являлись: атомно-абсорбционный спектрофотометр «Формула ФМ 400», хроматографы жидкостные «Люмахром» и «Орланд», газовый хроматограф «Кристалл–4000 Люкс», фотоэлектроколориметр, гамма-бета спектрометр сцинтилляционный «Юлия–2».

Качество рапсового масла оценивалось по ГОСТ-методикам по следующим органолептическим и физико-химическим показателям: вкусу, запаху, цвету, прозрачности, кислотному и перекисному числу, массовой доле влаги, летучих веществ, нежировых примесей, фосфорсодержащих веществ.

Качество образцов исследуемого жмыха оценивалось по ГОСТ-методикам по следующим показателям: общая влага (ГОСТ 27548–97, ГОСТ 13496.3–92), массовая доля сухого вещества (ГОСТ Р 52838–07), массовая доля сырой клетчатки (ГОСТ Р 52839–07), массовая доля сырого жира (ГОСТ 13496.15–97), массовая доля сырого протеина – ГОСТ 13496.4–93, ГОСТ Р 51417–95.

Результаты исследования.

Согласно экспериментальным данным самое большое значение кислотного числа составляло 2,78 мг КОН/г при температуре масла 55°C, что позволяет считать полученное рапсовое масло высококачественным техническим и пригодным для долговременного хранения. Во всех опытных образцах перекисное число не превышало предельно-допустимых значений и имело низкий показатель (1,50–1,53%), что позволяет отнести рапсовое масло к числу технических.

Опытные данные по показателю «массовая доля влаги и летучих веществ» во всех образцах не превышали допустимых значений и могут быть рекомендованы для всех марок рапсового масла, кроме полученных образцов масла при частоте вращения $\omega \approx 13 \text{ с}^{-1}$ и 15 с^{-1} шнеков № 2, № 3 соответственно – 0,31% и 0,46%. Значение массовой доли нежировых примесей позволяет отнести образцы рапсового масла, полученных при частоте вращения $\omega \approx 10 \text{ с}^{-1}$ шнеков № 2 и № 4, $\omega \approx 13 \text{ с}^{-1}$ шнеков № 1 и № 4, $\omega \approx 15 \text{ с}^{-1}$ шнеков № 1, № 2, № 4, к марке технического. Массовая доля фосфорсодержащих веществ во всех экспериментальных образцах рапсового масла не превышала предельно-допустимых норм и колебалась в пределах 0,20–1,15%, что позволяет сделать вывод о высоком качестве растительного масла, пригодного для технической марки. При нормальном уровне теплового воздействия – 55–89°C в конце процесса на протяжении 3–4 с происходили равномерная денатурация нативного белка, выпаривание нежелательной воды и образование незначительного осадка фосфатидов.

Результаты исследований рапсового жмыха опытным путем показали, что массовая доля сухого вещества соответствует норме – 92,53-96,91%. Массовая доля сырой клетчатки составляла от 12,60% до 16,05%, что также соответствует норме. Однако образцы рапсового жмыха, полученные при частоте вращения $\omega \approx 10$ и 23 с^{-1} шнеков № 2 и 3 соответственно, имели незначительное превышение предельно-допустимых норм.

Содержание жира в экспериментальном рапсовом жмыхе колебалось от 15,79 до 38,50% (в пересчете на абсолютно сухое вещество от 1,65 до 4,10%, что соответствует норме). Массовая доля сырого протеина в жмыхе, согласно результатам экспериментальных исследований, варьировало от 21,15 до 40,06% (в пересчете на абсолютно сухое вещество колеблется от 22,50 до 42,00%). Для скормливания животным можно рекомендовать образцы жмыха, полученные при частоте вращения $\omega \approx 10 \text{ с}^{-1}$ и 13 с^{-1} шнеков № 1, № 3 соответственно, а также при частоте вращения $\omega \approx 15 \text{ с}^{-1}$ шнеков № 3 и 4.

Литературные данные свидетельствуют, что значительным изменениям в зависимости от скорости вращения шнека и его конструктивно-параметрических особенностей подвержено качество и количество растительных масел, поэтому образцы всех масел стандартизировали по физико-химическим показателям. Результаты эксперимента подвергались химическому анализу в производственной лаборатории ОАО «Оренбургского маслоэкстрак-

ционного завода». На основании полученных данных в результате проведения физических экспериментов по отжиму масла из семян рапса, получена возможность проанализировать зависимости качественных показателей масла от геометрических параметров шнека пресс-экструдера, скорости протекания технологического процесса [1].

На рисунках 2-5 показаны зависимости кислотного числа (K), массовой доли влаги и летучих веществ ($BЛ$), массовой доли нежировых примесей ($HЖ$), массовой доли фосфорсодержащих веществ (Φ) от толщины лопасти (t_l) и шага винтовой лопасти шнека ($s_{ш}$) при температуре $T=72^\circ\text{C}$, скорости вращения $\omega \approx 15\text{c}^{-1}$.

Таким образом, выявлено, что при увеличении скорости вращения шнека и температуры протекания технологического процесса кислотное число (K) рапсового масла незначительно уменьшается при равных условиях. Массовая доля влаги и летучих веществ ($BЛ$) в рапсовом масле с увеличением скорости вращения шнека и повышением температуры технологического процесса отжима не значительно увеличивается. Массовая доля нежировых примесей ($HЖ$) в масле с увеличением скорости вращения шнека и повышением температуры процесса увеличивается, а массовая доля фосфорсодержащих веществ (Φ) наоборот уменьшается.

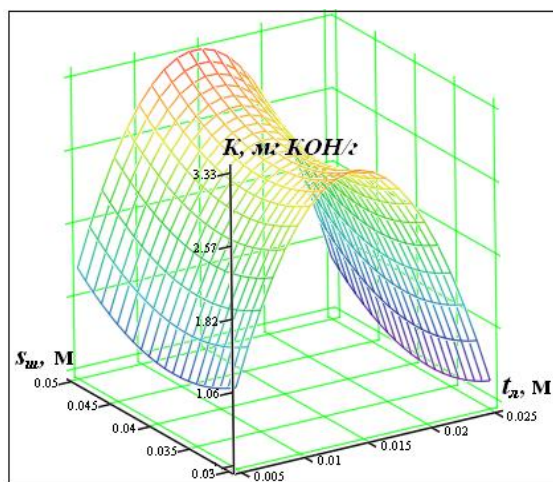


Рис. 2. Зависимость качественного показателя рапсового масла кислотного числа (K) от толщины лопасти (t_l) и шага винтовой лопасти шнека ($s_{ш}$) при температуре $T=72^\circ\text{C}$, скорости вращения $\omega \approx 15\text{c}^{-1}$.

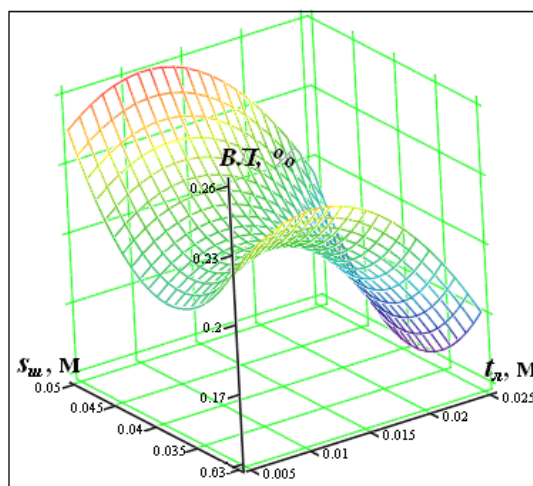


Рис. 3. Зависимость качественного показателя рапсового масла массовой доли влаги и летучих веществ ($BЛ$) от толщины лопасти (t_l) и шага винтовой лопасти шнека ($s_{ш}$) при температуре $T=72^\circ\text{C}$, скорости вращения $\omega \approx 15\text{c}^{-1}$.

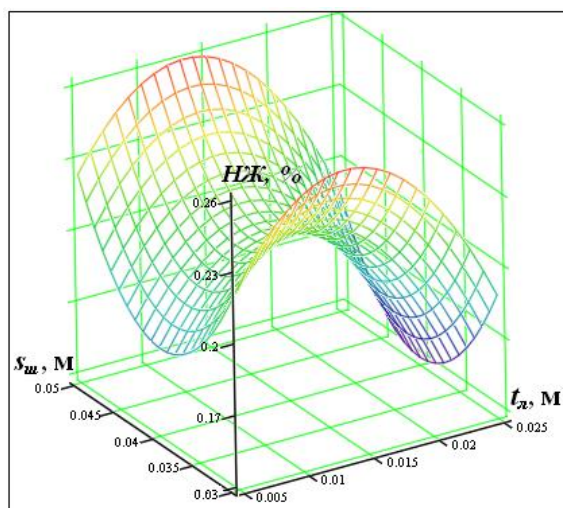


Рис. 4. Зависимость качественного показателя рапсового масла массовой доли нежировых примесей ($HЖ$) от толщины лопасти ($t_{л}$) и шага винтовой лопасти шнека ($s_{ш}$) при температуре $T=72^{\circ}C$, скорости вращения $\omega \approx 15c^{-1}$.

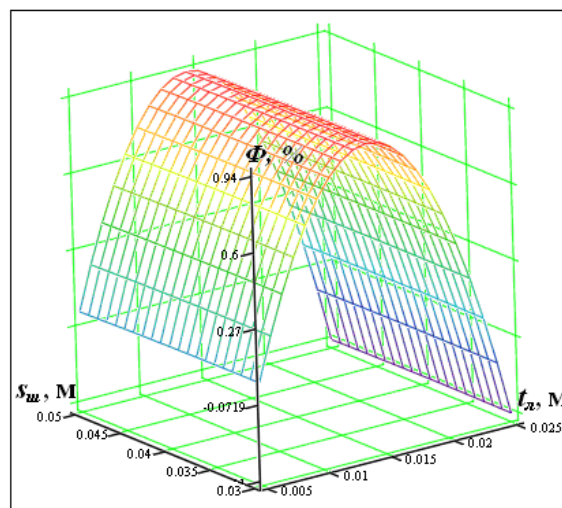


Рис. 5. Зависимость качественного показателя рапсового масла массовой доли фосфорсодержащих веществ (Φ) от толщины лопасти ($t_{л}$) и шага винтовой лопасти шнека ($s_{ш}$) при температуре $T=72^{\circ}C$, скорости вращения $\omega \approx 15 c^{-1}$.

Анализируя влияние геометрических параметров шнека на качество рапсового масла, пришли к следующему заключению: с увеличением толщины лопасти шнека кислотное число, массовая доля влаги и летучих веществ, массовая доля нежировых примесей и фосфорсодержащих веществ увеличивается, а с увеличением шага лопасти эти показатели качества понижаются.

Таким образом, экспериментальным путем было получено, что наиболее эффективная работа пресс-экструдера ПЭШ–30/4 по прессованию как целых, так и предварительно измельченных семян рапса, наблюдалась при частоте вращения $\omega \approx 15c^{-1}$ шнека № 1 [2].

На основании полученных экспериментальных данных по отжиму масла из семян рапса, появилась возможность провести анализ зависимостей качественных показателей рапсового жмыха общей влаги, массовой доли сырой клетчатки, сырого жира и сырого протеина от геометрических параметров шнека пресс-экструдера, скорости протекания, температуры технологического процесса.

На рисунках 6-9 показаны зависимости общей влаги (OB), массовой доли сырой клетчатки ($СК$), массовой доли сырого жира ($Ж$), массовой доли сырого протеина ($П$) от толщины лопасти ($t_{л}$) и шага винтовой лопасти шнека ($s_{ш}$) при температуре $T=72^{\circ}C$, скорости вращения $\omega \approx 15c^{-1}$.

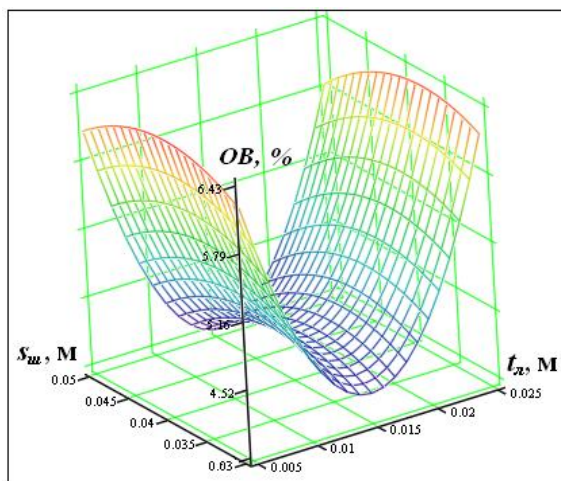


Рис. 6. Зависимость качественного показателя рапсового жмыха общей влаги (OB) от толщины лопасти (t_l) и шага винтовой лопасти шнека (s_w) при температуре $T=72^{\circ}\text{C}$, скорости вращения $\omega \approx 15\text{c}^{-1}$.

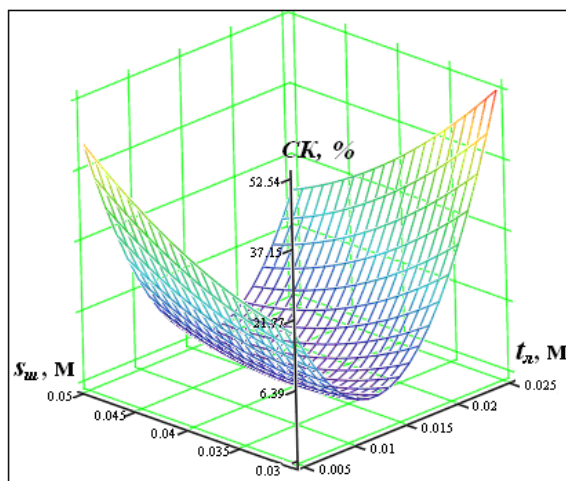


Рис. 7. Зависимость качественного показателя рапсового жмыха массовой доли сырой клетчатки (CK) от толщины лопасти (t_l) и шага винтовой лопасти шнека (s_w) при температуре $T=72^{\circ}\text{C}$, скорости вращения $\omega \approx 15\text{c}^{-1}$.

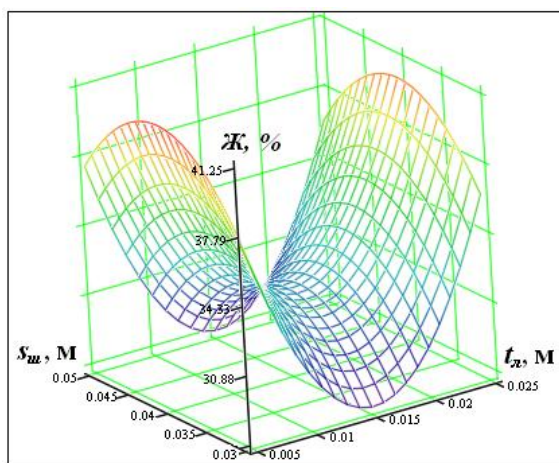


Рис. 8. Зависимость качественного показателя рапсового жмыха массовой доли сырого жира ($Ж$) от толщины лопасти (t_l) и шага винтовой лопасти шнека (s_w) при температуре $T=72^{\circ}\text{C}$, скорости вращения $\omega \approx 15\text{c}^{-1}$.

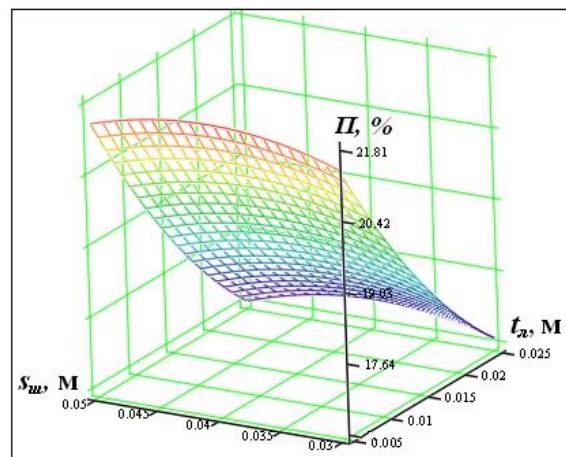


Рис. 9. Зависимость качественного показателя рапсового жмыха массовой доли сырого протеина ($П$) от толщины лопасти (t_l) и шага винтовой лопасти шнека (s_w) при температуре $T=72^{\circ}\text{C}$, скорости вращения $\omega \approx 15\text{c}^{-1}$.

Таким образом, установлено, что при увеличении температуры технологического процесса и скорости вращения шнека массовая доля сырой клетчатки в рапсовом жмыхе увеличивается, а сырого жира – уменьшается. При увеличении температуры технологического процесса отжима общая влага и массовая

доля сырого протеина увеличивается, а при увеличении скорости вращения шнека наоборот в жмыхе эти показатели уменьшаются.

Обсуждение.

Анализируя влияние геометрических параметров шнека на качество рапсового жмыха, можно сделать следующее обоснованное заключение – с увеличением толщины лопасти шнека общая влага, массовая доля сырой клетчатки, сырого жира и протеина понижается, а с увеличением шага лопасти все эти же качественные показатели наоборот повышаются.

Максимальный выход рапсового жмыха на пресс-экструдере ПЭШ–30/4 наблюдается при частоте вращения $\omega \approx 10\text{ с}^{-1}$, 23 с^{-1} шнеков № 3, № 4, а минимальный – при частоте вращения $\omega \approx 15\text{ с}^{-1}$ шнека № 1, № 2.

Литература

1. Зубкова Т.М., Корякина М.А. Влияние геометрических параметров шнека на производительность экструдера при экструдировании масличного сырья. Научно-технический прогресс в животноводстве – стратегия машинно-технологического обеспечения производства продукции на период до 2020 г.: сборник научных трудов. Подольск: ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемия., 2009. Т. 20. Ч. 3: 68–73.
2. Зубкова Т.М., Корякина М.А. Исследование влияния геометрических параметров шнека экструдера на качество продукции и энергоемкость технологического процесса. Современные информационные технологии в науке, образовании и практике: материалы IX всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). Оренбург: ООО «КОМУС», 2010: 5–8.

Поступила 03.10.2012

(Контактная информация: Корякина Марина Александровна - ст. преподаватель, к.т.н.; E-mail: MKoryakina@rambler.ru)