

Энергосберегающая технология выделения белоксодержащих фракций из масличных семян с применением парожекторного теплового насоса

Александр А. Шевцов	¹	shevalol@rambler.ru
Татьяна Н. Тертычная	²	tertychnaya777@yandex.ru
Владимир В. Ткач	³	tkachbalian@yandex.ru
Наталья А. Сердюкова	³	nata29m@mail.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

² Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

³ Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Аннотация. Предложен технологический цикл комплексной переработки масличных семян с получением растительного масла, растворимой и нерастворимой фракции из смеси измельченной выжимки с нагретой водой; белка из растворимой фракции, высушенной нерастворимой фракции. Основным принципиальным решением по снижению энергозатрат являлся оптимальный выбор перепадов температур в испарителе и секциях двухсекционного конденсатора при получении сушильных агентов, охлаждающего воздуха и теплой воды. Отклонение от этих значений неизбежно приводит к увеличению потребляемой энергии: понижение температуры кипения хладагента в испарителе на 1° С приводит к необходимости увеличения расхода рабочего пара в эжектор парожекторного теплового насоса, а следовательно к перерасходу энергии на 5–7%, а повышение температуры конденсации на 1° С приводит к увеличению расхода энергии на 2,0–2,5%. Предлагаемая технология расширяет границы энергоэффективного сопряжения объектов различных температурных потенциалов на основе утилизации и рекуперации вторичных энергоресурсов. В полной мере реализован универсальный подход в создании конкурентоспособной технологии, обеспечивающей выработку тепла и холода для совместно протекающих теплотехнологических процессов. Созданы экологически безопасные условия в реализации технологии за счет применения воды в качестве хладагента, исключая использование токсичных, взрыво- и пожароопасных рабочих сред, а также за счет организации замкнутых рециркуляционных схем по материальным и энергетическим потокам со значительным снижением отвода вторичных энергоресурсов из схемы тепло- и холодоснабжения.

Ключевые слова: масличные семена, белоксодержащие фракции, парожекторный тепловой насос, термодинамический цикл

Energy saving technology of allocation of protein-bearing fractions from oilseeds with use of the paroezhektorny thermal pump

Aleksandr A. Shevtsov	¹	shevalol@rambler.ru
Tatyana N. Terptychnaya	²	tertychnaya777@yandex.ru
Vladimir V. Tkach	³	tkachbalian@yandex.ru
Natalia A. Serdyukova	³	nata29m@mail.ru

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

² Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

³ Military training and research center of the air force “Air force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin”

Abstract. The production cycle of complex processing of oilseeds with receiving vegetable oil, soluble and insoluble fraction from mix of the crushed pressing with heated water is offered; a squirrel from soluble fraction, the dried-up insoluble fraction. The main basic decision on decrease in energy consumption was the optimum choice of temperature differences in the evaporator and sections of the two-section condenser when receiving drying agents, the cooling air and warm water. The deviation from these values inevitably leads to increase in the consumed energy: fall of temperature of boiling of coolant in the evaporator on 1 °C results in need of increase in a consumption of working steam in the ejector of the paroezhektorny thermal pump, and therefore to an energy overexpenditure for 5–7 %, and temperature increase of condensation on 1° C leads to increase in power consumption by 2.0–2.5 %. The offered technology expands borders of energy efficient interface of objects of various temperature potentials on the basis of utilization and recovery of secondary energy resources. Universal approach in creation of the competitive technology providing heat generation and cold weather for in common proceeding heat technological processes is fully realized. Ecologically safe conditions in implementation of technology due to use of water as coolant, excepting use toxic, vzyryo – and fire-dangerous working environments and also at the expense of the organization of the closed recirculation schemes for material and power streams with considerable decrease in removal of secondary energy resources from the scheme warm and cold supply are created.

Keywords: oilseeds, protein-bearing fractions, thermal pump, thermodynamic cycle

Для цитирования

Шевцов А.А., Тертычная Т.Н., Ткач В.В., Сердюкова Н.А. Энергосберегающая технология выделения белоксодержащих фракций из масличных семян с применением парожекторного теплового насоса // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 2. С. 35–40. doi:10.20914/2310-1202-2019-2-35-40

For citation

Shevtsov A.A., Terptychnaya T.N., Tkach V.V., Serdyukova N.A. Energy saving technology of allocation of protein-bearing fractions from oilseeds with use of the paroezhektorny thermal pump. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 2. pp. 35–40. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-2-35-40

Введение

В настоящее время важнейшим приоритетом является разработка энергосберегающих технологий переработки растительного сырья в белковые продукты и компоненты с последующим использованием растительных белков в пищевой и комбикормовой промышленности [1].

Создание безотходных технологий переработки вторичного возобновляемого растительного сырья в белоксодержащие продукты, отвечающих требованиям экологической безопасности и энергетической эффективности, составляет значительную часть научных исследований и приобретает особую значимость в практической реализации получаемых научных результатов [2–3].

В этом направлении предложены способы комплексной переработки семян масличных культур в белоксодержащие продукты, основанные на эффективном замещении традиционных энергоносителей на теплоту альтернативных возобновляемых источников посредством парокомпрессионных тепловых насосов [4–6].

Однако следует отметить, что использование парокомпрессионных тепловых насосов связано с применением токсичных хладагентов, что не может не отразиться на экологической безопасности пищевых технологий. Наличие поршневой системы компрессора требует плановых остановок на профилактическое обслуживание и внеплановых при возможных сбоях в механическом приводе. Использование парокомпрессионных тепловых насосов связано с установкой дорогостоящего оборудования с существенными эксплуатационными затратами и весьма значительным сроком окупаемости, что приведет к увеличению себестоимости целевых продуктов. При отсутствии источников теплоты в условиях децентрализованных систем теплоснабжения, когда тепловая энергия генерируется непосредственно на объектах переработки масличных семян целесообразно применять парожекторный тепловой насос. При этом появляется возможность использовать теплоту низкотемпературного потенциала, в частности, бросового тепла газотурбинных установок и котельных агрегатов, что позволит эффективно решать задачи энергосбережения.

Цель работы – разработка технологии комплексной переработки семян масличных культур с выделением белоксодержащих фракций с применением парожекторного теплового насоса, обеспечивающего повышение надежности эксплуатации основного и вспомогательного

оборудования, снижение себестоимости целевых продуктов, повышение экологической безопасности и энергетической эффективности теплотехнологических процессов.

Методы повышения энергоэффективности

В соответствии с поставленной целью технологический цикл предлагаемой технологии осуществлялся по схеме (рисунок 1).

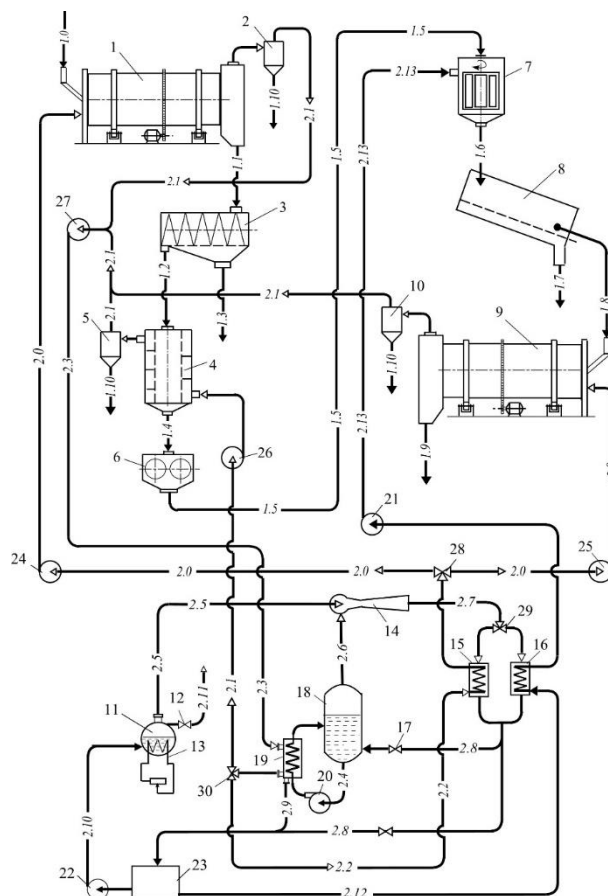


Рисунок 1. Технологическая схема выделения белоксодержащих фракций из семян масличных культур

Figure 1. Technological scheme of separation of protein-containing fractions from oilseeds

Схема содержит барабанные сушилки 1, 9; циклоны 2, 5, 10; шнековый маслопресс 3; гравитационный охладитель 4; валковую мельницу 6; смеситель с рамной мешалкой 7; вибросито 8; парожекторный тепловой насос, включающий парогенератор 11 с предохранительным клапаном 12 и нагревательными элементами 13; эжектор 14; секции для нагревания воздуха 15 и воды 16 двухсекционного конденсатора, установленные параллельно; терморегулирующий вентиль 17; испаритель 18; холодоприемник 19; насосы 20, 21, 22; сборник конденсата 23, вентиляторы 24, 25, 26, 27; распределители потока 28, 29, 30; потоки:

1.0 – исходных бобов сои в барабанную сушилку; 1.1 – высушенных бобов сои в шнековый маслопресс; 1.2 – выжимки из маслопресса в охладитель; 1.3 – отвода соевого масла из маслопресса; 1.4 – охлажденной выжимки на измельчение в валковую мельницу; 1.5 – измельченной выжимки на смешивание с теплой водой в смеситель с вибромешалкой; 1.6 – соевой суспензии из смесителя на вибросито; 1.7 – отвода растворимой фракции соевой суспензии проходом через вибросито; 1.8 – нерастворимой фракции соевой суспензии сходом с вибросита на сушку; 1.9 – высушенной нерастворимой фракции; 1.10 – взвешенных твердых частиц из циклонов; 2.0 – сушильного агента из секции конденсатора для нагрева воздуха в барабанные сушилки; 2.1 – кондиционированного воздуха из холодоприемника в гравитационный охладитель; 2.2 – кондиционированного воздуха из холодоприемника в секцию конденсатора для нагрева воздуха; 2.3 – подачи отработанных сушильных агентов после барабанных сушилок через циклоны и воздуха после гравитационного охладителя в холодоприемник; 2.4 – рециркуляции хладагента через холодоприемник; 2.5 – рабочего пара; 2.6 – эжектируемого пара; 2.7 – смеси рабочего и эжектируемого паров; 2.8 – конденсата из секции конденсатора для нагревания воды в испаритель и в сборник конденсата; 2.9 – конденсата из холодоприемника в сборник конденсата; 2.10 – воды из сборника конденсата в парогенератор; 2.11 – сброса давления; 2.12 – воды из сборника конденсата в секцию конденсатора для нагревания воды; 2.13 – подачи теплой воды в смеситель.

Исходные семена, высушенные в барабанной сушилке 1 при температуре сушильного агента 80–85 °С до влажности 10–12%, направляют в шнековый маслопресс 3, конструктивные параметры которого выбираются из условия [9]:

$$D^2 - d^2 = G / (0,013t \cdot n \cdot \rho (1 - k_g) \eta),$$

где G – производительность маслопресса по высушенным семенам, кг/с; D – диаметр шнека, м; d – диаметр вала шнека; t – шаг витка шнека; ρ – средняя объемная масса прессуемого материала; кг/м³; k_g – коэффициент, учитывающий обратное движение прессуемого материала вдоль винтового канала и через радиальный зазор между шнеком и перфорированным цилиндром (зеером); n – частота вращения шнека, об/мин; η – коэффициент полезного действия пресса.

Полученные выжимки сначала охлаждаются в гравитационном охладителе 4 до температуры 10–15 °С, а затем направляются в валковую мельницу 6. При размоле происходит разрушение

выжимок до фракции не более 50 мкм с разрушением клеточных оболочек и самосогреванием массы за счет сил трения до температуры 55 °С. В результате получают муку с высоким содержанием общего белка (таблица 1).

Анализ резервов эффективности

Производительность валковой мельницы, степень измельчения и расход энергии взаимосвязаны и определяются отношением окружных скоростей, диаметром и геометрической формой валцов, профилем и характеристикой рифлей [8, 9].

После размола полученная масса разбавляется теплой водой и перемешивается в смесителе 6 до достижения однородности по всему объему получаемой суспензии. Равномерное распределение твердых частиц в жидкости при перемешивании определяется из ограничения:

$$\left\{ h_{\min} = h - \frac{\omega_{\text{раб}}^2 R^2}{4g} \right\} \leq h_p \leq \left\{ h_{\max} = h + \frac{\omega_{\text{раб}}^2 R^2}{4g} \right\},$$

где h_{\min} – минимальная высота жидкости в аппарате, м; h – уровень жидкости в спокойном состоянии, м; $\omega_{\text{раб}}$ – угловая скорость вращения лопасти, с⁻¹; g – ускорение свободного падения, м/с²; R – радиус аппарата, м.

Для каждой масличной культуры оптимальное значение $\omega_{\text{раб}}$ с точки зрения ограничения определяется экспериментально.

Полученная суспензия из смесителя 7 подается на вибросито 8, где разделяется на фракции: растворимую и нерастворимую (окару). Изменяя соотношение компонентов (измельченной выжимки и воды), температуру воды и время перемешивания, можно управлять процессом перехода белка и жира из нерастворимой фракции в растворимую, тем самым либо увеличивая количество белка в растворе, либо оставляя его в нерастворимой фракции (окаре).

Растворимая фракция суспензии в качестве промежуточного белоксодержащего продукта отводится проходом через вибросито 8 и в дальнейшем используется в кормопроизводстве при составлении рационов кормления сельскохозяйственных животных. Нерастворимая фракция высушивается в барабанной сушилке 9 до влажности 7–10%, с которой подается на хранение с последующим использованием в кондитерской отрасли, а также в рационах кормления сельскохозяйственных животных.

Потоки отработанных сушильных агентов после барабанных сушилок 1, 8, а также поток отработанного воздуха после гравитационного охладителя 4 подвергаются очистке в циклонах 2, 10, 5 от содержащихся взвешенных твердых

частиц, объединяются и направляются в холодоприемник 19 парожекторного теплового насоса, который работает по следующему термодинамическому циклу.

В парогенераторе 11 посредством нагревательных элементов 13 вырабатывается рабочий пар с температурой 86–90 °С и под давлением 0,06–0,07 МПа направляется в сопло эжектора 14, вовлекая эжектируемые пары хладагента, в качестве которого используется вода, из испарителя 18, при этом создается пониженное давление 0,0009–0,001 МПа с температурой кипения хладагента 4–7 °С и поддерживается коэффициент эжекции парожекторного теплового насоса в диапазоне 4–5. Хладагент с помощью насоса 20 циркулируется через холодоприемник 19, в котором за счет рекуперативного теплообмена охлаждается воздух до температуры «точки росы», а влага, содержащаяся в воздухе, конденсируется в виде капельной жидкости и отводится в сборник конденсата 23.

Образовавшаяся после эжектора 14 смесь эжектируемого и рабочего пара направляется через распределитель 29 в секции 15 и 16 двухсекционного конденсатора.

Часть образовавшегося после секций конденсатора 12 и 13 водяного конденсата направляется через терморегулирующий вентиль 17 в испаритель 18 для пополнения в нем убыли воды, а другая избыточная часть конденсата отводится в сборник конденсата 18.

Из сборника конденсата осуществляется подача воды в парогенератор 11 и в секцию конденсатора 16 для нагревания воды с последующей подачей теплой воды с температурой 55–65 °С на смешивание с выжимкой. При увеличении давления пара в парогенераторе 11 более 0,07 МПа срабатывает предохранительный клапан 12, осуществляющий сброс давления.

Кондиционированный воздух, полученный в холодоприемнике 19, с помощью распределителя 30 разделяется на две части. Одна часть нагревается в секции двухсекционного конденсатора для нагревания воздуха и в качестве сушильного агента подается в барабанные сушилки 1 и 9, а другая часть подается в гравитационный охладитель 4 на охлаждение выжимки с образованием замкнутых термодинамических циклов.

Производственная проверка предлагаемой технологии комплексной переработки семян масличных культур осуществлялась на экспериментальной поточной линии производительностью 7–10 т/ч со следующими характеристиками парожекторного теплового насоса:

Мощность парогенератора, кВт	20
Температура кипения:	
в испарителе, °С	4
в парогенераторе, °С	88
Температура конденсации, °С	127
Температура воды на входе в конденсатор, °С	15
Коэффициент эжекции	4
Площадь теплообменной поверхности холодоприемника, м ²	8
Коэффициент теплопередачи холодоприемника, Вт/м ² ·°С	92
Площадь теплообменной поверхности секций конденсатора, м ² :	
для нагревания воздуха	6
для нагревания воды	4
Коэффициент теплопередачи секции конденсатора:	
для нагревания воздуха, Вт/м ² ·°С	49
для нагревания воздуха, Вт/м ² ·°С	88
Хладагент	вода

Конструкция парожекторного теплового насоса не содержит движущихся быстроизнашивающихся элементов, благодаря чему обеспечивается его безотказная работа длительными циклами без непосредственного обслуживания. При этом минимизированы объемы текущего ремонта, стоимость и потребность в запасных частях и вспомогательных материалах.

Рациональное использование тепловой и электрической энергии в системе холодо- и теплоснабжения с применением парожекторного теплового насоса рассматривалось с точки зрения снижения себестоимости получаемых целевых и промежуточных продуктов. Основным принципиальным решением по снижению энергозатрат являлся оптимальный выбор перепадов температур в испарителе и секциях двухсекционного конденсатора при получении сушильных агентов, охлаждающего воздуха и теплой воды. Отклонение от этих значений неизбежно приводит к увеличению потребляемой энергии: понижение температуры кипения хладагента в испарителе на 1 °С приводит к необходимости увеличения расхода рабочего пара в эжектор парожекторного теплового насоса, а следовательно, к перерасходу энергии на 5–7%, а повышение температуры конденсации на 1 °С приводит к увеличению расхода энергии на 2,0–2,5% [10].

В ходе производственных испытаний технологии выделения белоксодержащих фракций из семян масличных культур с применением парожекторного теплового насоса установлены рациональные интервалы технологических параметров на каждой стадии производства, обусловленные как экономической целесообразностью, так и получением продуктов высокого качества (таблица 1).

Технологические параметры семян масличных культур на различных стадиях технологии

Table 1.

Technological parameters of oilseeds at different stages of technology

Параметры	Characteristic	Соя Soy	Рапс Canola	Лен Flax
Влажность семян, %: начальная конечная	Seed moisture, %: initial final	20–23 10–12	18–23 7–8	30–35 8–9
Температура, °С: сушильного агента нагрева семян кондиционированного воздуха охлажденной выжимки смешивания выжимки с водой	Temperature, °С: drying agent heating the seeds conditioned air chilled pomace mixing pomace with water	90–95 80–85 7–10 12–17 57–60	90–95 80–85 7–10 14–15 50–53	70–80 60–70 7–10 13–16 55–59
Влагосодержание, кг/кг: сушильного агента кондиционированного воздуха	Moisture content, kg / kg: drying agent conditioned air	0,005– 0,007 0,015– 0,020	0,005– 0,008 0,014– 0,019	0,006– 0,009 0,017– 0,023
Скорость, м/с: сушильного агента воздуха в зону охлаждения	Speed, m / s: drying agent air to cooling zone	8,5–11,5 5,8–6,0	7,8–8,20 6,0–6,2	4,0–5,0 3,8–4,5
Влажность нерастворимой фракции, %	Moisture insoluble fraction, %	7–10%	6–8%	8–10%
Содержание общего белка, Содержание белков, % к общему белку: сумма растворимых белков нерастворимый белковый остаток	Total protein content, Protein content, % to total protein: sum of soluble proteins insoluble protein residue	48,3–49,7 87,1–89,9 9,1–12,9	38,2– 40,4 85,8– 90,7 9,3–14,2	27,2– 28,5 74,4– 75,9 24,1– 25,6
Частота вращения дисковой вибромешалки, об/мин	The rotation frequency of the disk vibromassage, rpm	200–220	185–195	190–210
Амплитуда колебаний дисковой вибромешалки, мм	The oscillation amplitude of disk vibromassage, mm	1,5–2,0	1,5–2,0	1,5–2,0

Заключение

Предлагаемая технология расширяет границы энергоэффективного сопряжения объектов различных температурных потенциалов на основе утилизации и рекуперации вторичных энергоресурсов. При этом в полной мере реализован универсальный подход в создании конкурентоспособной технологии, обеспечивающей выработку тепла и холода для совместно протекающих теплотехнологических процессов. Созданы экологически безопасные условия в реализации технологии за счет применения воды в качестве хладагента, исключая использование токсичных, взрыво- и пожароопасных

рабочих сред, а также за счет организации замкнутых рециркуляционных схем по материальным и энергетическим потокам со значительным снижением отвода вторичных энергоресурсов из схемы тепло-и холодоснабжения. В качестве рабочего тела используется водяной пар с давлением 0,05–0,06 МПа, благодаря чему достигается экономия электроэнергии, которая расходуется только на работу органов управления, насосов хладагента и воды, теплонагревательных элементов парогенератора. Пароэжекторный тепловой насос позволяет снизить удельные энергозатраты на 5–7%, и, как следствие, снизить себестоимость целевых и промежуточных продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Кудинов П.И., Щеколдина Т.В., Слизькая А.С. Современное состояние и структура мировых ресурсов растительного белка // Известия вузов. Пищевая технология. 2012. № 5–6. С. 35–38.
- 2 Компанцев Д.В., Попов А.В., Привалов И.М., Степанова Э.Ф. Белковые изоляты из растительного сырья: обзор современного состояния и анализ перспектив развития технологий получения белковых изолятов из растительного сырья // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 1. С. 58–69.

- 3 Карабутов В.В., Горшкова Л.М., Лабейко М.А., Федякина З.П. Получение пищевых белковых продуктов из семян и шротов подсолнечника и их использование // Вестник национального технического университета «ХПИ». 2008. Т. 43. С. 9–13.

- 4 Шевцов А.А., Бунин Е.С., Ткач В.В., Сердюкова Н.А. и др. Эффективное внедрение пароконпрессионного теплового насоса в линию комплексной переработки семян масличных культур // Хранение и переработка сельхозсырья. 2018. № 1. С. 60–64.

5 Пат. № 2619278, RU, C11B 1/06 (2006.01). Линия производства растительного масла / Фролова Л.Н., Шевцов А.А., Лыткина Л.И., Василенко В.Н., Русица К.Ю. № 2015147604; Заявл. 06.11.2015; Опубл. 15.05.2017, Бюлл. № 14.

6 Пат. № 2688467, RU, C11B 1/06. Способ управления линией комплексной переработки семян масличных культур / Шевцов А.А., Ткач В.В., Салтыков С.Н., Сердюкова Н.А., Копылов М.В. № 2018121873; Заявл. 13.06.2018; Опубл. 21.05.2019, Бюлл. № 15.

7 Пат. № 2689672, RU, A23L 5/00. Способ комплексной переработки семян сои с выделением белоксодержащих фракций / Четверикова И.В., Шевцов А.А., Ткач В.В., Сердюкова Н.А. № 2018107149; Заявл. 26.02.2018; Опубл. 01.07.2019, Бюлл. № 19.

8 Антипов С.Т., Кретов И.Т., Остриков А.Н. и др. Машины и аппараты пищевых производств: в 2 кн.; под ред. В.А. Панфилова. М.: Высшая школа, 2001. 680 с.

9 Остриков А.Н. и др. Процессы и аппараты пищевых производств: учеб. для вузов: в 2 кн.; под ред. А.Н. Острикова. Кн. II. СПб.: ГИОРД, 2007. 608 с.

10 Бамбушек Е.М., Бухарин Н.Н., Герасимов Е.Д. и др. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин. М.: Машиностроение, 1987. 423 с.

11 Spitler J.D., Gehlin S.E.A. Thermal response testing for ground source heat pump systems—An historical review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. V. 50. P. 1125–1137.

12 Renaldi R., Kiprakis A., Friedrich D. An optimisation framework for thermal energy storage integration in a residential heat pump heating system // Applied energy. 2017. V. 186. P. 520–529.

REFERENCES

1 Kudinov P.I., Shchekoldina T.V., Slizkaya A.S. The current state and structure of world resources of vegetable protein. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [News of higher education institutions. Food technology]. 2012. no. 5–6. pp. 35–38. (in Russian).

2 Kompantsev D.V., Popov A.V., Privalov I.M., Stepanova E.F. Protein isolates from plant materials: a review of the current state and analysis of the prospects for the development of technologies for producing protein isolates from plant materials. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2016. no. 1. pp. 58–69. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Александр А. Шевцов д.т.н., профессор, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, shevalol@rambler.ru

Татьяна Н. Тертычная д.с.-х.н., профессор, кафедра технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, tertychnaya777@yandex.ru

Владимир В. Ткач к.т.н. старший преподаватель, кафедра 208 общепрофессиональных дисциплин, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул. Старых Большевиков, 54 а, г. Воронеж, 394064, Россия, tkachbalian@yandex.ru

Наталья А. Сердюкова старший преподаватель, кафедра 208 общепрофессиональных дисциплин, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул. Старых Большевиков, 54 а, г. Воронеж, 394064, Россия, nata29m@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 02.04.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 17.05.2019

3 Karabutov V.V., Gorshkov L.M., Labeyko M.A., Fedyakina Z.P. Obtaining food protein products from seeds and sunflower meal and their use. *Vestnik natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta "KHPI"* [Bulletin of the national technical university "HPI"]. 2008. vol. 43. pp. 9–13. (in Russian).

4 Shevtsov A.A., Bunin E.S., Tkach V.V., Serdyukova N.A. et al. Effective introduction of a vapor compression heat pump into a complex oilseed processing line. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of agricultural raw materials]. 2018. no. 1. pp. 60–64. (in Russian).

5 Frolova L.N., Shevtsov A.A., Lytkina L.I., Vasilenko V.N., Rusina K.Yu. Liniya proizvodstva rastitel'nogo masla [Vegetable oil production line]. Patent RF, no. 2619278, 2017.

6 Shevtsov A.A., Tkach V.V., Saltykov S.N., Serdyukova N.A., Kopylov M.V. Sposob upravleniya kompleksnoy pererabotki semyan maslichnykh kultur [The way to control the line of integrated processing of oilseeds]. Patent RF, no. 2688467, 2019.

7 Chetverikova I.V., Shevtsov A.A., Tkach V.V., Serdyukova N.A. Sposob kompleksnoy pererabotki semyan soi s vydeleniem beloksoderzhashchih fraktsiy [The method of complex processing of soybean seeds with the allocation of protein-containing fractions]. Patent RF, no. 2689672, 2019.

8 Antipov S.T., Kretov I.T., Ostrikov A.N. et al. Mashiny i apparaty pizhchevykh proizvodstv [Machines and equipment for food production: in 2 books]. Moscow, Vysshaya shkola, 2001. 680 p. (in Russian).

9 Ostrikov A.N. Protssesy i apparaty pizhchevykh proizvodstv [Processes and apparatuses of food production: textbook for universities: in 2 books]. St. Petersburg, GIORД, 2007. 608 p. (in Russian).

10 Bambushek E.M., Bukharin N.N., Gerasimov E.D. et al. Teplovyye i konstruktivnyye raschyety holodilnykh mashin [Thermal and structural calculations of refrigeration machines]. Moscow, Mechanical engineering, 1987. 423 p. (in Russian).

11 Spitler J.D., Gehlin S.E.A. Thermal response testing for ground source heat pump systems—An historical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015. vol. 50. pp. 1125–1137.

12 Renaldi R., Kiprakis A., Friedrich D. An optimisation framework for thermal energy storage integration in a residential heat pump heating system. *Applied energy*. 2017. vol. 186. pp. 520–529.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Aleksandr A. Shevtsov Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of fats, processes and apparatuses of chemical and food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, shevalol@rambler.ru

Tatyana N. Tertychnaya Dr. Sci. (Agric.), professor, technology for storage and processing of agricultural products department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, str. Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, tertychnaya777@yandex.ru

Vladimir V. Tkach Cand. Sci. (Engin.), senior lecturer, 208 general professional disciplines department, Military training and research center of the air force "Air force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin", Old Bolsheviks str., 54a, Voronezh, 394064, Russia, tkachbalian@yandex.ru

Natalia A. Serdyukova senior lecturer, 208 general professional disciplines department, Military training and research center of the air force "Air force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin", Old Bolsheviks str., 54a, Voronezh, 394064, Russia, nata29m@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.2.2019

ACCEPTED 5.17.2019