

АННОТИРОВАННЫЙ ОТЧЕТ

по годовому этапу научно-исследовательской работы № 1964 в рамках базовой части государственного задания в сфере научной деятельности по Заданию № 2014/22 за 2016 год

1. **Тема:** Разработка энергосберегающих процессов сушки капиллярно-пористых коллоидных материалов при программированном теплоподводе
2. **Номер государственной регистрации:** 115022610035
3. **Руководитель:** Остриков Александр Николаевич
4. **Организация-исполнитель:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий»
5. **Телефон руководителя:** 473 255-38-87
6. **Электронная почта руководителя:** oan@vgta.vrn.ru
7. **Интернет-адрес (URL):** http://www.vsuet.ru/science/nir_gos_zad.asp
8. **Сроки проведения:**
 - начало: 01.01.2016
 - окончание: 31.12.2016
9. **Наименование годового этапа:** Выполнение эксергетического анализа для оценки тепловой эффективности предлагаемых сушилок. Разработка конструкций сушилок и технологической линии.
10. **Плановое финансирование (рублей):**
 - проведения годового этапа: 963 700,00 руб.
11. **Фактическое финансирование (рублей):**
 - проведения годового этапа: 963 700,00 руб.
12. **Коды темы по ГРНТИ:** 65.53.33
13. **Приоритетное направление:** Рациональное природопользование
14. **Критическая технология:** Биомедицинские и ветеринарные технологии
15. **Полученные научные и (или) научно технические результаты:** Разработаны концептуальные принципы создания ресурсосберегающих технологий переработки пищевого растительного сырья, направленные на интенсификацию процесса сушки, рациональное использование материальных и энергетических ресурсов, что достигается моделированием и оптимизацией перспективных конструкций оборудования, обеспечивающих расширение ассортимента и повышение качества готового продукта. Методом термического анализа установлены формы связи влаги с материалом и выявлены температурные зоны, соответствующие испарению влаги с различной формой связи и термическому разложению терморазложения компонентов продукта, что позволило выявить допустимый диапазон температур нагрева продукта и обосновать выбор оптимальной температуры. Изучены гидродинамические и кинетические закономерности процесса обжарки в плотном слое каштанов и орехов фундук. Обоснована целесообразность использования ступенчатых режимов теплоподвода для обжарки каштанов и орехов фундук в соответствии с формой связи удаляемой влаги. Разработана математическая

модель процесса обжарки каштанов и орехов фундук перегретым паром, позволяющая рассчитать температуру и влагосодержание продукта. Установлены основные кинетические и гидродинамические закономерности процессов сушки и обжарки пищевого растительного сырья (каштаны, орехи фундука и др.). Разработаны математические модели: - процесса сушки семян масличных культур в осциллирующих режимах на основе дифференциального уравнения теплового баланса, косинусоидального закона изменения температуры продукта по времени при ограничениях на температуру и скорость сушильного агента, обусловленных качеством высушиваемого продукта и экономической целесообразностью процесса; - течения расплава биополимера в матрице экструдера с определением скоростей и давлений экструдата по длине формирующей части; - процесса прессования масличного сырья на одношнековом маслопрессе, позволяющая рассчитать основные конструктивные параметры маслопресса для извлечения масла из семян масличных культур. Методом эксергетического анализа термодинамических процессов показано энергетическое совершенство предлагаемых взаимосвязанных процессов комплексной переработки зерновых, зернобобовых и масличных культур.

16. Полученная научная и (или) научно-техническая продукция: Комплексные теоретические и экспериментальные исследования, результаты математического моделирования, а также анализ работы энергоэффективного оборудования позволили разработать методологические подходы к созданию высокоэффективных способов сушки, ресурсосберегающих технологий и способов получения растительных масел с соответствующим аппаратным оформлением, а также технологических линий и способов по производству кормов и биопрепаратов на основе отходов масложировой промышленности. Разработаны две программы для ЭВМ (свид. Роспатента о гос. регистрации № 2010614813). Определены и обоснованы рациональные технологические режимы переработки семян и производства растительных масел на основе сформулированных принципов ресурсосбережения, обеспечивающие сокращение продолжительности процесса, снижение удельных энергозатрат и повышение качества готовой продукции. Предложены рациональные параметры процесса сушки семян масличных культур: расход сушильного агента - 45...55 м³/ч; высота слоя семян - 0,1...0,2 м; влагосодержание сушильного агента - 3,0...5,5 г/кг; продолжительность циклов нагрева 9...12 мин, циклов охлаждения - 5...10 мин; температура сушильного агента в циклах нагрева до 363 К; температура сушильного агента в циклах охлаждения до 287 К, скорость сушильного агента в циклах нагрева 0,8...1,2 м/с и 0,4...0,8 м/с в циклах охлаждения. Определены рациональные режимы динамического формования расплава экструдата: начальная влажность сырья - 12-14 %, температура продукта в предматричной зоне - 383...393 К, угловая скорость вращения шнека - 5,12...8,50 с⁻¹; давление продукта в предматричной зоне экструдера до 4 МПа. Установлены рациональные параметры процесса прессования: кольцевой зазор зерновой камеры для семян: льна - 0,6...1,0 мм; рапса 0,4...0,7 мм; для рыжика 0,5...0,8 мм; сафлора 0,9...1,3 мм; оптимальная частота вращения шнека 5...7 с⁻¹, при этом температура составляет 323...331 К и производительность является при данных параметрах максимальной. Получены смеси растительных масел функционального назначения с оптимальным соотношением полиненасыщенных жирных кислот, которые являются незаменимыми в питании для организма человека. Проведено комплексное исследование показателей качества созданных смесей растительных масел функционального назначения. Эксергетический анализ технологических систем показал, что эксергетический КПД предлагаемых технологических решений при переработке семян масличных культур на 10...12 % выше, чем у известных технологий. Разработаны оригинальные конструкции маслопресса для высоко- и низкомасличных культур, экструдер-маслоотделитель и сушилка. Достоверность научных разработок подтверждена результатами экспериментальных исследований в промышленных условиях: проведены промышленные испытания способов производства смесей растительных масел в ООО «Занрак» (Белгородская обл., с. Репенка), производственные испытания способа осциллирующей сушки семян масличных культур с циклическим вводом антиоксиданта по патенту РФ № 2511293 в ООО «Супер Агро» (Московская обл., г. Москва), а также актом внедрения способа сушки семян рапса по патенту РФ № 2416919 в ООО «Волгоградский комбикормовый завод» (г. Волгоград), создан опытный образец маслопресса, прошедший заводские производственно-технологические испытания

в ООО НПП «Ресурс-Т», подтвержденные соответствующими актами. Определены и обоснованы рациональные технологические режимы процесса обжарки каштанов и орехов фундук перегретым паром атмосферного давления. Разработана методика инженерного расчета предлагаемой перспективной конструкции установки для реализации процесса обжарки каштанов и орехов фундук при сбалансированных материальных и энергетических потоках в замкнутых термодинамических циклах по отработанному перегретому пару. Разработана технология получения обжаренной пищевой добавки. Определена пищевая, биологическая и энергетическая ценность полученных пищевых добавок. Выполнен экономический расчет, свидетельствующий о преимуществах предлагаемой технологии. Выполнен эксергетический анализ процесса обжарки каштанов и орехов фундук перегретым паром, свидетельствующий о термодинамическом совершенстве предлагаемых способов производства обжаренных продуктов. Разработаны и утверждены технические условия ТУ 9293-001-02068108-16 «Обжаренные полуфабрикаты из растительного сырья» и технологические инструкции к ним. Соответствие образцов продукта требованиям ТУ подтверждено актом дегустации обжаренных полуфабрикатов из растительного сырья.

17. Ключевые слова и словосочетания, характеризующие результаты (продукцию):

Ресурсосбережение, математическое моделирование, обжарка, сушка, каштаны, орех фундук, перегретый пар, семена масличных культур, эксергетический анализ

18. Наличие аналога для сопоставления результатов (продукции):

На текущий момент в России отсутствуют предприятия по производству установок и технологических линий подобного типа. Наиболее близким аналогом является оборудование фирмы "Amandus Kahl".

19. Преимущества полученных результатов (продукции) по сравнению с результатами аналогичных отечественных или зарубежных НИР:

- а) по новизне: результаты являются новыми
- б) по широте применения: на межотраслевом уровне
- в) в области получения новых знаний: в области применения новых знаний (для прикладного научного исследования)

20. Степень готовности полученных результатов к практическому использованию (для прикладного научного исследования и экспериментальной разработки):

выполнен прототип (установки, методики, системы, программы и т.д.)

21. Предполагаемое использование результатов и продукции:

Материалы научно-исследовательской работы предполагается использовать в учебном процессе при чтении лекций и проведении лабораторных занятий по курсам «Энергосберегающее оборудование масложировых предприятий» и «Энергоресурсосберегающие технологии переработки масличного и эфиромасличного сырья», «Технологическое оборудование отрасли», «Процессы и аппараты», «Приоритетные направления в технологии отрасли». Результаты и полученная продукция уже используется в ООО «Супер Агро» (Московская обл., г. Москва) (в частности, способ осциллирующей сушки семян масличных культур с циклическим вводом антиоксиданта по патенту РФ № 2511293), в ООО «Волгоградский комбикормовый завод» (г. Волгоград) (в частности, способ сушки семян рапса по патенту РФ № 2416919), что подтверждается соответствующими актами производственных испытаний. Продана лицензия на патент РФ № 2520752 ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт комбикормовой промышленности».

22. Форма представления результатов:

По теме НИР за 2016 год опубликовано 27 работ, в том числе 1 монография, 1 учебное пособие, 7 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 2 статьи реферируемых в Scopus, 12 тезисов докладов, получен 1 патент РФ и 2 свидетельства Роспатента о регистрации программ для ЭВМ. 1. Остриков А.Н., Слюсарев М.И., Желтоухова Е. Ю. Расчет и проектирование сушильных аппаратов (учебное пособие с грифом УМО) СП: Издательство «Лань», 2016. - 352 с. 2. Комплексная переработка семян масличных культур (теория, техника и

технология) [Текст] : монография / В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова, И.В. Драган, Н.А. Михайлова. – Воронеж 2016. - 312 с. 3. Программа для расчета полей влажности и концентрации компонентов копильного дыма по толщине рыбы в процессе копчения. Остриков А.Н., Шевцов А.А., Лыткина Л.И., Шириков Д.В., Курманахынова М.К. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2016615700. № 2016611111. Дата поступ. 15.02.2016. Дата регистр. 27.05.2016. 4. Программа для моделирования двухвального смесителя Остриков А.Н., Афанасьев В.А., Киселев А.А., Посметьев В.В. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2016619749. № 2016613977. Дата поступ. 21.04.2016. Дата регистр. 29.08.2016. 5. Пат. № 2595152 Российская федерация, МПК С11В 1/00. Линия производства растительного масла [Текст] / Фролова Л.Н., Шевцов А.А., В.Н. Василенко, И.В. Драган, Михайлова Н.А., Кривова А.С. заявитель и патентообладатель Воронежский государственный университет инженерных технологий. – № 2015111115/13; заявл. 27.03.2015; опубл. 20.08.2016, Бюл. № 23 – с. 6. 6. А. А. Шевцов, Л. И. Лыткина, С. Т. Антипов, А. Н. Остриков, Е. С. Шенцова, А. В. Дранников, Д. В. Коптев. Математическое моделирование процесса культивирования светозависимых микроорганизмов в пленочном аппарате с противоточным движением фаз // Теоретические основы химической технологии. – 2016. – том 50 – № 3. – С. 344-351. 7. Разработка инновационных масложировых продуктов лечебно-профилактического действия /Фролова Л.Н., Михайлова Н.А., Русина К.Ю., Таркаева Д.А., Кривова А.С. // Вопросы питания. 2016. Т. 85. № 5. С. 125. 8. Василенко В.Н. Математическое моделирование процесса прессования масличного сырья [Текст] / Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Михайлова Н.А., Таркаева Д.А., Слюсарев М.И. // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2016. - № 8. - С. 10-14. 9. Василенко В.Н. Моделирование процесса отжима масличного сырья в форпрессе [Текст] / Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Михайлова Н.А., Русина К.Ю. Слюсарев М.И. // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2016. - № 9. - С. 5-9. 10. Афанасьев В.А., Остриков А.Н., Киселев А.А. Разработка линии гранулирования УМВК с повышенным содержанием мелассы Комбикорма. – 2016. – № 6. – С. 35-38. 11. А.Н. Остриков, Е. Горбатова А.В., Филипцов П.В. Исследования теплофизических и реологических свойств сливочно-растительного спреда Вестник ВГУИТ. – 2016. – № 2 (68). – С. 22-27. 12. Остриков А.Н., Горбатова А.В., Филипцов П.В. Анализ жирнокислотного состава масел арахиса и грецкого ореха Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. – 2016. – № 4 (12). – С. 37-42. 13. Л.Н. Фролова Ресурсосберегающее оборудование для влаготепловой подготовки масличного сырья к прессованию [Текст] / Л.Н. Фролова, В.Н. Василенко, Н.А. Михайлова // Вестник машиностроения – 2016. № 01 – С. 14. В.Н. Василенко Оценка термодинамической эффективности линии производства растительных масел с предварительной экструзионной обработкой сырья [Текст] / В.Н. Василенко, Л.Н. Фролова, Н.А. Михайлова, А.А. Дерканосова, Д.А. Таркаева, К.Ю. Русина// Вестник Международной академии холода – 2016. - № 3 - С. 37-43. 15. Афанасьев В.А., Остриков А.Н., Киселев А.А. Разработка методики инженерного расчета и проектирование гранулятора для углеводно-витаминно-минеральных добавок с повышенным содержанием мелассы Материалы Международной научно-практической конференции «Достижения и проблемы современных тенденций переработки сельскохозяйственного сырья: технологии, оборудование, экономика». – Краснодар: Экоинвест, 2016. – 376 с. – С. 26-29. 16. Остриков А.Н., Бачевский А.Ю. Обоснование выбора ступенчатого режима СВЧ-конвективной мушмулы // Материалы Международной научно-практической конференции «Достижения и проблемы современных тенденций переработки сельскохозяйственного сырья: технологии, оборудование, экономика». – Краснодар: Экоинвест, 2016. – 376 с. – С. 41-43. 17. Остриков А.Н., Горбатова А.В., Филипцов П.В. Исследование содержания твердых триглицеридов в сливочно-растительном спреде, сбалансированном по жирнокислотному составу Материалы Международной научно-практической конференции «Достижения и проблемы современных тенденций переработки сельскохозяйственного сырья: технологии, оборудование, экономика». – Краснодар: Экоинвест, 2016. – 376 с. – С. 49-52. 18. Остриков А.Н., Бачевский А.Ю. Исследование антиоксидантной активности экстракта из мушмулы Материалы международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие, экологически безопасные технологии и оборудование для переработки пищевого сельскохозяйственного сырья; импортоопережение», КубГТУ.– Краснодар, 2016. – С. 38-40. 19. Остриков А.Н., Василенко В.Н., Аникин А.А. Разработка технологической линии для комплексной

переработки рапса Материалы международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие, экологически безопасные технологии и оборудование для переработки пищевого сельскохозяйственного сырья; импортоопережение», КубГТУ.- Краснодар, 2016. - С. 68-69. 20. Остриков А.Н., Горбатова А.В., Филиппов П.В. Анализ жирнокислотного состава масла зародышей пшеницы Материалы международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие, экологически безопасные технологии и оборудование для переработки пищевого сельскохозяйственного сырья; импортоопережение», КубГТУ.- Краснодар, 2016. - С. 78-84. 21. Остриков А.Н., Абрамов О.В., Аникин А.А. Разработка технологии рапсового масла методом двухкратного прессования с промежуточным экструдированием Материалы VI Международной научно-практической конференции «Современные достижения биотехнологии. Новации пищевой и перерабатывающей промышленности». - Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2016. - 395 с. - С. 285-286 22. Остриков А.Н., Горбатова А.В. Обоснование выбора льняного масла в качестве функционального ингредиента Материалы VI Международной научно-практической конференции «Современные достижения биотехнологии. Новации пищевой и перерабатывающей промышленности». - Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2016. - 395 с. - С. 286-288. 23. Василенко, В. Н. Создание универсального маслопресса, с использованием принципов энергосбережения [Текст] / Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Копылов М.В., Михайлова Н.А., Таркаева Д.А. // матер. Междунар. науч.-прак. конф. «Достижения и проблемы современных тенденций переработки сельскохозяйственного сырья: технологии, оборудование, экономика», 4 марта 2016 г. - «КубГТУ», г. Краснодар, 2016 - с. 192-195. 24. Василенко, В. Н. Разработка инновационной технологии БВК функционального назначения [Текст] / Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Михайлова Н.А., Русина К.Ю., Таркаева Д.А. // матер. IV Междунар. науч.-прак. конф. «Современные достижения биотехнологии. Новации пищевой и перерабатывающей промышленности», 23-25 июня 2016 г. - Изд-во СКФУ, г. Ставрополь, 2016 - с. 117-119. 25. Василенко, В. Н. Повышение ресурсоэффективности процесса приготовления комбикормов пушных зверей [Текст] / Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Михайлова Н.А., Таркаева Д.А., Русина К.Ю. // Сборник научных статей и докладов II Междунар. науч.-прак. конф. (заочной) «Инновационные решения при производстве продуктов питания из растительного сырья», 26-27 октября 2016 г. - Изд-во Издательско-полиграфический центр «Научная книга», г. Воронеж, 2016 - с. 66-69. 26. Василенко, В. Н. Линия производства растительных масел с предварительной экструзионной обработкой сырья [Текст] / Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Драган И.В., Таркаева Д.А., Русина К.Ю., Кривова А.С. // матер. II Междунар. науч.-прак. конф. «Явление переноса в процессах и аппаратах химических и пищевых производств», 16-17 ноября 2016 г. -г. Воронеж, ВГУИТ, 2016 - с. 124-127. Результаты НИР докладывались на международных, всероссийских научных, научно-технических и научно-практических конференциях и симпозиумах: (Москва, 2016); (Краснодар, 2016); (Ставрополь, 2016); (Минск, 2016) и на отчетной научной конференции ВГУИТ (Воронеж, март 2016).

23. Использование результатов в учебном процессе: использование в преподавании существующих дисциплин

24. Предполагаемое развитие исследований: Дальнейшее развитие исследований может быть связано с: - проведением экспериментальных исследований гидродинамических и кинетических закономерностей процессов сушки и тепловлажностной обработки в активных гидродинамических режимах при переменном теплоподводе; - созданием ресурсосберегающих способов производства высушенных продуктов растительного происхождения с максимально возможной утилизацией и рекуперацией вторичных энергоресурсов в замкнутых рециркуляционных схемах и использованием теплонасосных технологий; - разработкой инженерных методов расчета рациональных режимов процессов сушки и тепловлажностной обработки пищевого растительного сырья при активных гидродинамических режимах и переменном теплоподводе и созданием системы автоматизированного проектирования высокоэффективных сушилок и обжарочных аппаратов; - разработкой программно-логических алгоритмов управления технологическими параметрами процесса сушки и тепловлажностной обработки пищевого растительного сырья.

25. Количество сотрудников, принимавших участие в выполнении работы и указанных в

научно-технических отчетах в качестве исполнителей приведено в приложении №1

26. Библиографический список публикаций, отражающих результаты научно-исследовательской работы приведен в приложении №2

Ректор федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Воронежский
государственный университет инженерных
технологий»

М.П.

Руководитель проекта



(подпись)

Е.Д. Чертов

(подпись)

А. Н. Остриков