

На правах рукописи

ПАРАХНЕВИЧ Елена Дмитриевна



**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
ПОДГОТОВКИ ГОРЧИЧНОГО ЖМЫХА
ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ**

Специальность 05.20.01 - Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Волгоград 2017

Работа выполнена в ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

Научный руководитель: **Русакова Галина Георгиевна**
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

Официальные оппоненты: **Панин Иван Григорьевич,**
доктор технических наук, старший научный
сотрудник, генеральный директор ООО «Авита»

Давыдова Светлана Александровна,
кандидат технических наук, ведущий научный
сотрудник ФГБНУ «Росинформагротех»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ

Защита диссертации состоится «25» сентября 2017г. в 10 час. 15 мин. на заседании диссертационного совета Д220.008.02 при ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ по адресу: 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26, ауд.303Д.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ <http://www.volgau.com>.

Автореферат разослан « ___ » _____ 2017 г

Ученый секретарь
диссертационного совета



Седов Алексей Васильевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Одним из важных факторов, сдерживающих рост продуктивности животноводческой отрасли, является кормовой фактор. На протяжении последних 10 лет, опираясь на данные как отечественных, так и зарубежных производителей, в рационах сельскохозяйственных животных наблюдается дефицит протеина, составляющий 20...25 %.

Использование местных и нетрадиционных кормов способствует удешевлению питательного рациона животных и птицы, позволяет решить данную проблему и укрепить в Волгоградской области кормовые базы животноводства и птицеводства.

Основным направлением интенсивного поиска дешевых нетрадиционных кормов, которые по биологическим характеристикам были бы аналогичны широко используемым белковым кормам растительного и животного происхождения, является внедрение в ряде перерабатывающих отраслей технологий, позволяющих отходы и побочные продукты одной отрасли использовать в качестве сырья в другой.

Значительным резервом для этого является масложировая промышленность.

В нашей стране большая часть масличных культур выращивается с целью получения из маслосемян растительных масел, которые в последующем используют как для пищевых, так и для технических целей.

Высокая кормовая ценность отходов и побочных продуктов масложировой промышленности, основная доля которых приходится на жмыхи и шроты, доказывает возможность их использования в отраслях животноводства и птицеводства. Наличие в жмыхах до 95 % белкового азота определяет их, как продукт, имеющий высокую кормовую ценность.

Некоторые из отходов масложирового производства по своему качеству, уступая только по ряду незначительных показателей, приближаются к кормам животного происхождения. А по показателям, определяющим питательность (содержание сырого протеина до 50 %), они вполне могут составить достойную конкуренцию кормам, произведенным из зерна. Такие продукты используют с целью обогащения протеином рационов и комбикормов всех видов животных и птицы.

Применение новых кормовых средств, традиционно не использующихся в этом направлении, но содержащих оптимальное количество протеина и жира, следует считать весьма перспективным. Горчичный жмых и другие отходы горчично-маслобойного

производства представляют научный и практический интерес в качестве ценных источников энергии и незаменимых жирных кислот. Содержащееся в семенах горчицы значительное количество сырого протеина и жира наделяют их высоким ростостимулирующим качеством. Однако наличие в них токсичных веществ, не позволяет использовать их для кормления сельскохозяйственных животных без предварительной подготовки. И приводит к тому, что после получения горчичного масла и горчичного порошка жмых (порядка 70% от массы семян) направляется в отход.

Выделение из жмыха эфирного горчичного масла, которое в свою очередь является ценным продуктом, обладающим широким спектром действия, позволяет обеспечивать отрасль животноводства качественными кормами, содержащими сырого протеина до 45 %, жира 10...14 %, БЭВ 35...42 %, незаменимые аминокислоты, витамины, моно- и полисахариды, и решить проблему предприятий по реализации горчичного жмыха. Поэтому усовершенствование технологии и технических средств обезвреживания горчичного жмыха, обеспечивающих экологическую безопасность животноводства и птицеводства, является актуальной задачей.

Степень разработанности темы. Жмыхи и шроты ряда масличных культур находят в кормлении сельскохозяйственных животных достаточно широкое применение. Использование в этих целях горчичного жмыха, сдерживается содержанием в них токсичных веществ и необходимостью его предварительного обезвреживания.

Ученые и практики России и зарубежных стран уделяют пристальное внимание подготовке отходов масложировой промышленности к скармливанию в рационах сельскохозяйственных животных и птицы. На основании их исследований разработаны оптимальные нормы ввода шротов и жмыхов в рационы и комбикорма животным и птице.

Литературные данные, из существующих способов обезвреживания отходов масложировой промышленности при подготовке горчичного жмыха к скармливанию сельскохозяйственным животным и птице, рекомендуют использовать в качестве основного метода влаго-тепловую обработку при различных температурах и времени обработки.

В отличие от таких традиционных масличных культур, как подсолнечник, соя, сафлор, рапс и др., исследования по переработке продуктов горчично-маслобойного производства и в частности горчичного жмыха проводились эпизодически.

Результаты этих исследований указывают на целесообразность и эффективность использования горчичного жмыха в качестве кормовой добавки в рационах сельскохозяйственных животных и птицы после предварительной подготовки. На это указывает химический состав, обосновывая высокую питательную и энергетическую ценность.

В связи с этим возникает необходимость создания научно-обоснованной системы модернизации процессов переработки горчичного жмыха при его подготовке к скармливанию сельскохозяйственным животным и птице с минимальным содержанием токсичных веществ: синигрина и эфирного горчичного масла.

Цель исследований – совершенствование технологии и технических средств подготовки горчичного жмыха для использования в качестве кормовой добавки.

Задачи исследований.

1. Исследовать качественные показатели горчичного жмыха и определить целесообразность его использования в качестве кормовой добавки до и после извлечения из него эфирного горчичного масла.

2. Изучить теоретические основы процесса извлечения эфирных масел из эфирномасличного сырья путем их перегонки с водяным паром.

3. Обосновать конструктивную схему дегазатора по результатам анализа существующего оборудования для отгонки эфирных масел.

4. Выполнить экспериментальные исследования и испытания в производственных условиях предлагаемой технологии и технических средств по переработке горчичного жмыха.

5. Путем проведения математического планирования эксперимента, установить рациональные режимы технологического процесса и конструктивные параметры дегазатора для извлечения эфирного горчичного масла из горчичного жмыха.

6. Выполнить определение технико-экономической эффективности результатов исследования.

Объект исследования. Технология и технические средства переработки горчичного жмыха с целью повышения его кормовой ценности и качественного состава.

Предмет исследования. Конструктивные параметры дегазатора и технологические режимы выделения из горчичного жмыха эфирного горчичного масла.

Научная новизна работы. Предложены оптимальные режимы технологического процесса выделения из горчичного жмыха эфирного горчичного масла с получением продукта, пригодного для введения в рацион животным и птице. Обоснована конструктивная схема и определены оптимальные параметры дегазатора. Новизна технических решений подтверждена патентами на полезную модель №131994 и №149461.

Установлена зависимость эффективности процесса обезвреживания горчичного жмыха от основных технологических режимов, позволившая получить математическую модель процесса и определить область оптимальных значений параметров процесса, соответствующих минимальному остаточному содержанию эфирного горчичного масла.

Теоретически обоснована и подтверждена в экспериментальных и опытно-промышленных условиях целесообразность и эффективность технологии подготовки горчичного жмыха к безопасному скармливанию в составе высокопитательных рационов животным и птице.

Теоретическая значимость работы. Определены и обоснованы закономерности влияния конструктивных параметров устройства и кинематических факторов процесса паровой отгонки эфирного горчичного масла на качество кормового продукта.

Разработаны рекомендации по внедрению процесса извлечения эфирного горчичного масла в технологии переработки горчичного жмыха, а также по аппаратурному оформлению для ее реализации.

Практическая значимость: органолептическими и физико-химическими исследованиями установлены качественные показатели горчичного жмыха до и после очистки от токсичных соединений;

с использованием предложенных технических средств и по разработанной технологии получена высокопротеиновая кормовая добавка. Подтверждена ее безопасность в качестве кормовой добавки для сельскохозяйственных животных и птицы;

подтверждена возможность использования эфирного горчичного масла в различных отраслях народного хозяйства;

предложено производству ввести в технологию переработки горчичного жмыха операцию по извлечению из него эфирного горчичного масла и устройства для ее реализации.

Отдельные элементы диссертации используются при проведении учебного процесса и дипломного проектирования студентами факультета технологии переработки пищевых продуктов Волгоградского государственного технического университета.

Внедрены результаты исследований на ООО ВГМЗ «Сарепта» (г. Волгоград).

Экономический эффект от внедрения разработанной технологии и технических средств на ООО ВГМЗ «Сарепта», при переработке 15 тонн в сутки горчичного жмыха, составил 21,597 тыс. руб. в ценах 2015 года.

Методология и методы исследования. В ходе работы были применены современные методы оценки показателей качества горчичного жмыха до и после очистки. Исследования в теоретической части были выполнены с учетом методов математического моделирования и законов термодинамического анализа ферментативного расщепления гликозидов с последующей паровой отгонкой эфирного масла. Экспериментальные исследования, определение физико-химических и органолептических свойств перерабатываемого жмыха, осуществлялись по действующим ГОСТам, ОСТам и с использованием методики планирования экспериментов. Результаты обрабатывались с использованием компьютерных технологий методами математической статистики.

Положения, выносимые на защиту.

1. Результаты анализа химического состава горчичного жмыха и его биологическая ценность.
2. Результаты исследований теоретических основ выделения эфирных масел из эфирномасличного сырья.
3. Целесообразность разработки дегазатора и его конструктивная схема.
4. Результаты исследований по установлению оптимальных режимов технологического процесса извлечения эфирного горчичного масла из горчичного жмыха.
5. Результаты промышленных испытаний разработанных режимов и технологической схемы.
6. Качественные характеристики кормового продукта и результаты исследований по применению его в животноводческой отрасли.
7. Качественные характеристики эфирного горчичного масла и результаты исследований по его использованию.
8. Техничко-экономические показатели разработанной технологии получения эфирного горчичного масла из горчичного жмыха.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность практических выводов и рекомендаций подтверждается: применением фундаментальных практических трудов российских и зарубежных ученых в области переработки продуктов масложировой промышленности в качестве теоретической базы; использованием общепринятых методик с высокой степенью корректности и точности получаемых данных; соответствием действующей нормативно-технической документации; апробацией результатов исследования в докладах и публикациях.

Результаты выполненных теоретических изысканий, экспериментальных и производственных исследований опубликованы в 16 научных работах объемом 31,9 п.л, при этом доля автора составляет 7,89 п.л.. Перечень данных работ содержит: 8 публикации в ведущих научных изданиях, в том числе рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ (5 работ), в материалах научных конференций (3 работы); 3 монографии; 2 патента РФ на полезную модель.

В ООО «ВГМЗ «Сарепта» внедрена технологическая схема переработки горчичного жмыха по разработанной технологии с применением технических средств, предложенных в данной работе.

Воронежским ВНИИКП были составлены рецептуры кормовых смесей с оптимальным содержанием кормового продукта для использования в животноводческой отрасли и проведены промышленные испытания по вводу данного продукта в комбикорма.

Сотрудниками ООО «ВГМЗ «Сарепта» под руководством профессора Русаковой Г.Г. составлены рецептуры средств с использованием эфирного горчичного масла для применения в различных отраслях народного хозяйства.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Работа представлена в виде рукописи на 176-ти страницах (в том числе 31 страница приложений) компьютерного текста и содержит: 23 таблицы, 34 рисунка, 4 приложений. Список литературных источников состоит из 135 наименований, в том числе 24 зарубежных авторов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дано обоснование актуальности темы, сформулированы цель, задачи, научная новизна и практическая ценность исследований. Изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первом разделе «Состояние вопроса и задачи исследования» определено, что наиболее приемлемым для выделения эфирного горчичного масла из горчичного жмыха, является процесс перегонки с водяным паром и предварительным ферментативным расщеплением гликозидов с применением аппаратов струйного типа. Сформулированы цель и задачи исследования.

Во втором разделе «Теоретические основы методов обезвреживания горчичного жмыха с преобразованием его в полноценный корм для животных и птиц» определили что: анализируемый процесс характеризуется, согласно правилу фаз Гиббса, одной степенью свободы, так как рассматривается как перегонка бинарной смеси нерастворимых жидкостей;

первый (формула 1) и второй (формула 2) законы Фика дают описание процесса переноса отдельных молекул эфирного масла из вместилища на поверхность частицы:

$$dG = -DF(d_c/d_x)dt \quad \text{и} \quad (1)$$

$$d_c/d_x = D d^2c/dx^2, \quad (2)$$

где: dG — количество диффундирующего вещества; D — коэффициент массопроводности, знак минус указывает на уменьшение концентрации c с увеличением расстояния x (перенос вещества происходит в направлении снижения концентрации); F — площадь сечения, через которую протекает диффузия; d_c/d_x — градиент концентрации c по направлению x ; t — время диффузии;

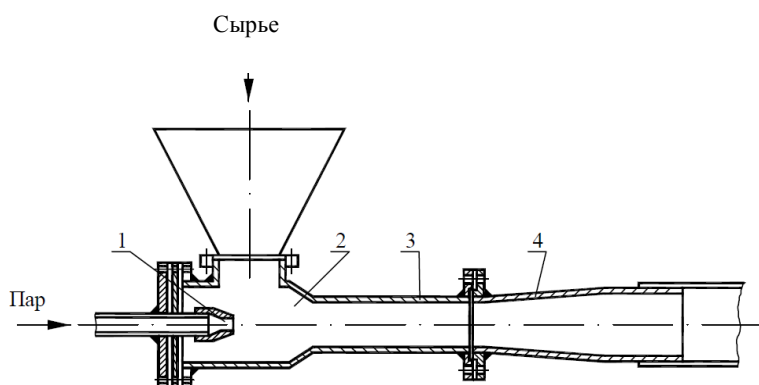
перенос вещества в паровую фазу с поверхности сырья выражен в уравнении:

$$dG = \beta F d_c d_t, \quad (3)$$

где: dG , F , d_c , d_t имеют те же значения, что и для внутренней диффузии [первый закон Фика], β - константа скорости диффузии (коэффициент массоотдачи).

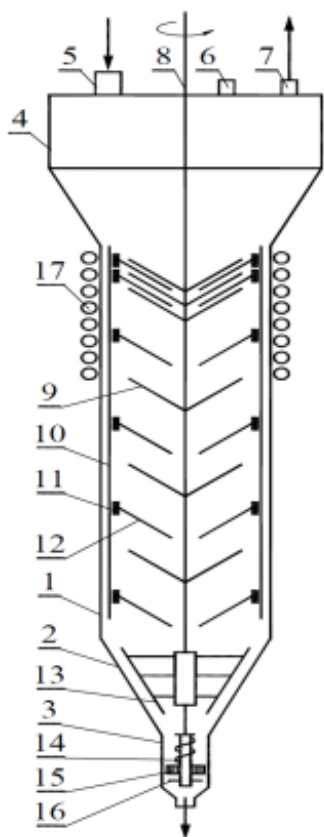
При анализе законов конвективной и внутренней диффузии определили, что рациональные показатели процесса извлечения эфирного масла достигаются при: достаточном измельчении сырья; равномерной обработке паром всех частиц; повышенной скорости движения пара относительно частиц в начальный период извлечения эфирного масла; наименьшей степени воздействия конденсата на эфирное масло в сырье; наименьшей продолжительности процесса.

Исследовав возможность применения существующих технических средств очистки горчичного жмыха, предложено на стадии непосредственного извлечения (отпаривания) эфирного горчичного масла из сырья применять аппарат струйного типа (рисунок 1), а на стадии разделения (отгонки) образовавшихся эфирномасличных паров и сырья - дегазатор в виде вертикального цилиндрического аппарата с конусным днищем (рисунок 2). Дегазатор снабжен лопастными мешалками в цилиндрической части, якорной мешалкой в конической части, шнековым дозатором, ножом и фильерой в зоне выгрузки продукта (полезная модель РФ № 131994).



1-паровое сопло; 2- смесительная камера; 3- горло диффузора; 4- диффузор

Рисунок 1 – Аппарат струйного типа



1-корпус; 2- коническое днище; 3- штуцер выхода готового продукта; 4- верхнее днище; 5- штуцер входа основного компонента; 6- штуцер для подачи технической воды; 7- штуцер для выхода эфирного масла; 8 – консольный вал; 9 – лопастные мешалки; 10 – вертикальные планки; 11- винтовые пружины; 12- стальные ножи; 13- якорная мешалка; 14- шнековый дозатор; 15- фильера; 16- стальной нож; 17- змеевикопвая рубашка

Рисунок 2 – Эскиз дегазатора

Определены алгоритмы расчетов технологических и конструктивных параметров пароструйного транспортера и дегазатора, учитывающие, что в процессе пневматического

транспортирования сыпучих материалов по транспортному трубопроводу основными показателями, характеризующими режим работы всей установки, являются физические характеристики каждого компонента и смеси в целом.

В третьем разделе «Методология и методы исследований» обоснован и назначен комплекс экспериментальных исследований, необходимый для оценки показателей: качества горчичного жмыха до и после очистки; качества извлекаемого эфирного горчичного масла; характеризующих технологический процесс извлечения эфирного горчичного масла из горчичного жмыха. Для определения параметров лабораторных исследований и опытных работ на реальных средах использовались приборы, прошедшие метрологическую оценку. Пробы и показатели анализировались не менее трех параллелей и принимались при статистической достоверности $P < 0,05$.

В четвертом разделе «Результаты экспериментальных исследований» установлено, что с уменьшением размеров частиц увеличиваются скорость извлечения эфирного горчичного масла, его количество, отгоняемое в первом периоде и общий выход, сокращается продолжительность процесса. При ведении процесса в две стадии, за счет повышения температуры отгонки масла в конце процесса, возрастает интенсивность молекулярной диффузии массообмена и снижается расход пара.

При определении оптимального времени извлечения эфирного масла из горчичного жмыха установили что:

уменьшение содержания сухого вещества в суспензии (горчичный жмых-вода) сокращает время процесса (рисунок 3);

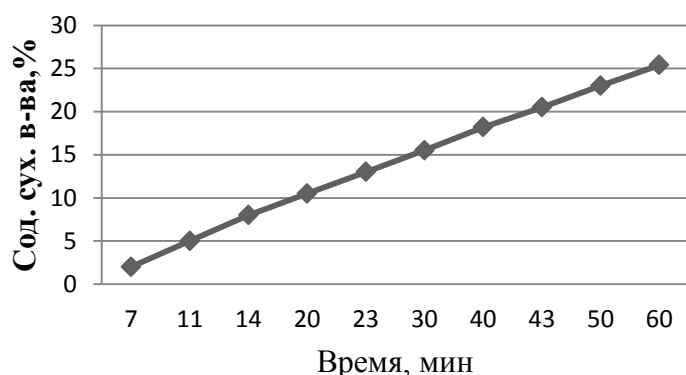


Рисунок 3 - Время извлечения эфирного горчичного масла из суспензии с различным содержанием сухого вещества

Время, мин	7	11	14	20	23	30	40	43	50	60
Сод. сух. в-ва, %	2	5	8	10,5	13	15,5	18,2	20,5	23	25,4

в промышленности используется технологический процесс смачивания жмыха водой не более чем на 30 %;

время отпаривания эфирного горчичного масла из горчичного жмыха, смоченного 30% воды при температуре 95 °С, составило 2,5...3,0 часа (рисунок 4);

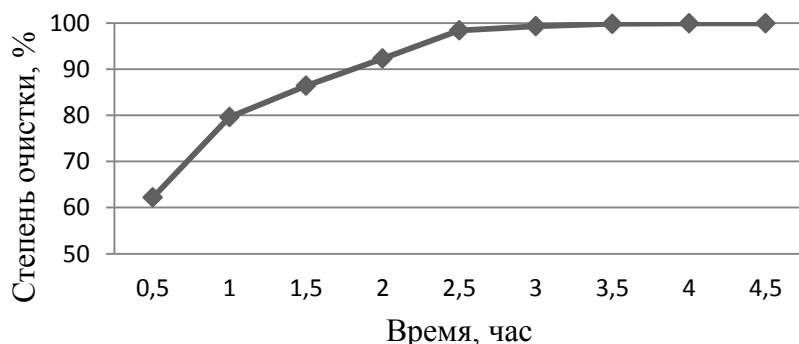


Рисунок 4 - Время отпаривания эфирного горчичного масла из 70%-ной суспензии (горчичный жмых-вода)

использование для отпарки пароструйного транспортера позволило сократить время процесса до 50...60 минут (рисунок 5), а при применении дегазатора до 30...40 минут (рисунок 6).

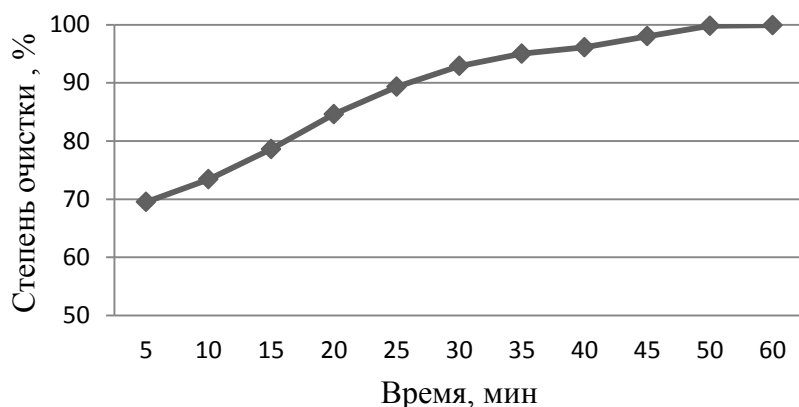


Рисунок 5 - Результаты отпаривания эфирного горчичного масла с применением пароструйного транспортера

Время, мин	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60
Ст. оч., %	69,5	73,4	78,6	84,6	89,3	92,9	95,0	96,1	98,0	99,8	99,9

Исходя из полученных данных, для дальнейшего изучения процесса извлечения эфирного горчичного масла из суспензии была разработана опытная установка, представленная на рисунке 7 (полезная модель РФ № 149461), где пароструйный транспортер используется для транспортировки суспензии (горчичный жмых-вода) по трубопроводам.

Отпаривание осуществлялось острым паром при атмосферном давлении.

Горчичный жмых, прошедший гидролиз и содержащий 30 % влаги, подается в приемную воронку пароструйного транспортера. Смешиваясь с паром в пароструйном транспортере, жмых через подогреватель и испаритель, разогреваясь до температуры 90...95 °С, по трубопроводу подается в дегазатор. В дегазаторе происходит разделение парогазовой смеси и влажного жмыха.

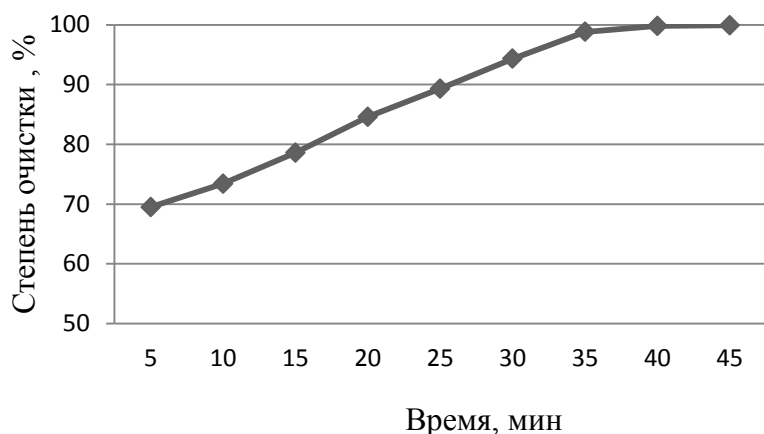


Рисунок 6 - Результаты отпаривания эфирного горчичного масла в дегазаторе

Время, мин	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Ст. оч., %	69,5	73,4	78,6	84,6	89,3	94,3	98,8	99,8	99,9

Выделившаяся парогазовая смесь по трубопроводу направляется на конденсацию.

Обезвреженный горчичный жмых с помощью шнекового дозатора из дегазатора через фильеру подается на сушку.

Планированием эксперимента с использованием метода крутого восхождения определен оптимальный режим извлечения эфирного горчичного масла из горчичного жмыха. Входными параметрами были: X_1 – содержание сухого вещества в суспензии (горчичный жмых – вода), %; X_2 – температура отпаривания эфирного горчичного масла, °С; X_3 – время отпаривания эфирного горчичного масла, мин. Параметр оптимизации: Y – остаточное содержание эфирного горчичного масла в горчичном жмыхе.

Математическое описание процесса:

$$Y = 9,85 - 3,74 X_1 - 3,59 X_2 - 1,26 X_3 + 0,278 X_1 X_2, \quad (4)$$

После систематизации и анализа полученных данных был определен оптимальный режим: содержание сухого вещества в суспензии – 70%, температура – 95 °С, время отпаривания – 15 минут.

В пятом разделе «Результаты производственных исследований» сравнительный анализ установки по предлагаемой технологии и установок по извлечению эфирного

горчичного масла перегонкой с водяным паром гидратацией и отпаркой под вакуумом показал, что разработанная схема наиболее перспективна, так как не допускает

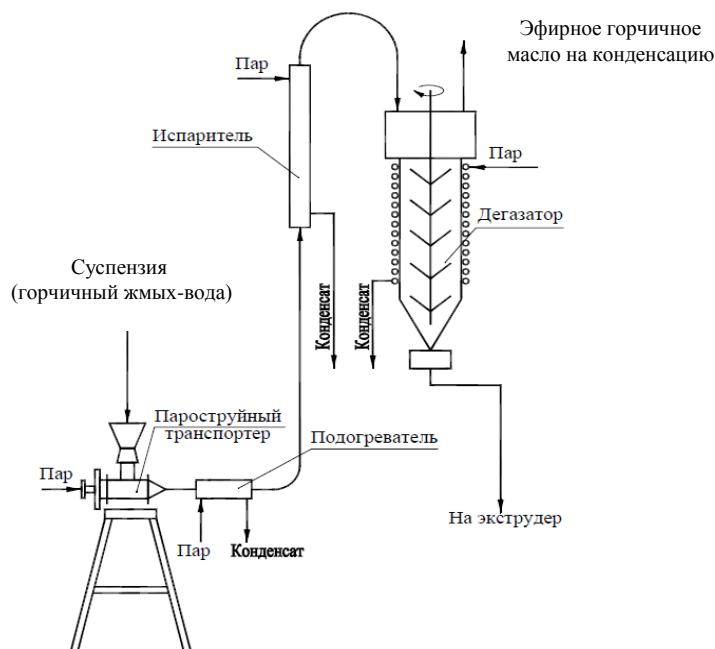


Рисунок 7 - Установка для извлечения эфирного горчичного масла

денатурацию протеина в кормовом продукте и значительно менее энергозатратна.

Подтверждена эффективность последовательной установки в технологической схеме пароструйного транспортера и дегазатора. Результаты обработки отобранных проб отражены на рисунке 8, в соответствии с которыми, обезвреживание суспензии (горчичный жмых-вода) происходит после 15 минут обработки.

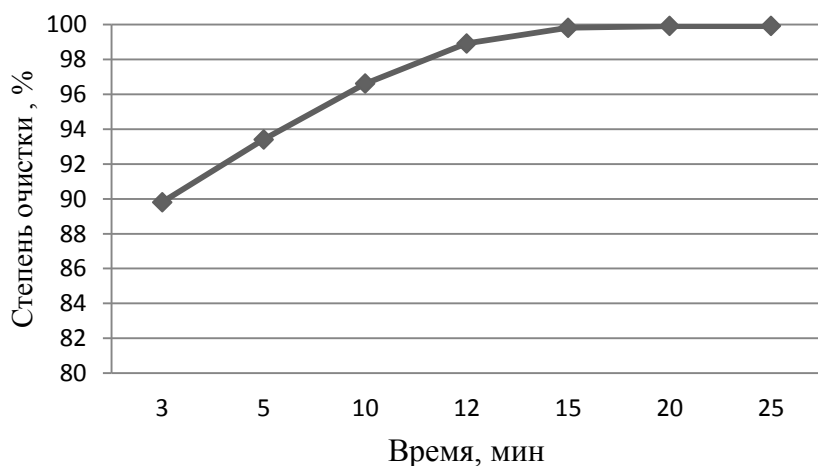


Рисунок 8 - Результаты проверки эффективности отпаривания эфирного масла из суспензии с применением пароструйного транспортера и дегазатора предложенной конструкции

Время, мин	3	5	10	12	15	20	25
Ст. оч., %	89,8	93,4	96,6	98,9	99,8	99,9	99,9

Определены технологические и конструктивные параметры пароструйного транспортера.

Технические характеристики дегазатора (рисунок 2) определены в результате проведенных испытаний с активным поиском оптимальных параметров с применением метода регрессивного анализа.

Используя активный эксперимент, были заданы и поддерживались на определенных уровнях значения факторов, влияющих на остаточное содержание эфирного горчичного масла в горчичном жмыхе. После обработки результатов эксперимента получено уравнение регрессии в канонической форме

$$Y_v - 0,110 = 0,182X_1^2 - 0,232X_2^2 - 0,134X_3^2 - 0,081X_4^2, \quad (5)$$

и рекомендованы следующие значения факторов: x_1 – частота вращения вала $49,3 \text{ мин}^{-1}$; x_2 – расход пара на транспортировку и подогрев $11,4 \text{ кг/с}$; x_3 – количество лопастей на 1-м уровне 4; x_4 – количество лопастей на 2-м уровне 8. При этом остаточное содержание эфирного горчичного масла составит $0,12 \%$.

По результатам проведенных исследований для переработки одной тонны сырья в сутки, дегазатор должен иметь параметры:

1. Объем цилиндрической части (загрузка) $V_{\text{ц}}^3 \dots\dots\dots 2,9 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$
2. Высота цилиндрической части (загрузка) $H_{\text{ц}}^3 \dots\dots\dots 0,15 \text{ м}$
3. Высота конической части (загрузка) $H_{\text{к}}^3 \dots\dots\dots 0,2 \text{ м}$
4. Общий объем зоны дегазации $V_{\text{д}} \dots\dots\dots 8,03 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$
5. Объем конической части $V_{\text{к}}^{\text{д}} \dots\dots\dots 0,93 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$
6. Объем цилиндрической части $V_{\text{ц}}^{\text{д}} \dots\dots\dots 7,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$
7. Высота цилиндрической части $H_{\text{ц}}^{\text{д}} \dots\dots\dots 1,0 \text{ м}$
8. Общая высота дегазатора $H_{\text{д}} \dots\dots\dots 1,625 \text{ м}$
9. Шаг винта шнекового дозатора $S \dots\dots\dots 0,03 \text{ м}$.

Определены качественные показатели и области применения получаемых продуктов.

Обезвреженный горчичный жмых по качественным показателям соответствует техническим условиям ТУ 9146-061-70586390-09 на «Белок кормовой из растительного сырья «Сарепта».

Воронежским ВНИИКП были проведены промышленные испытания по вводу данного продукта в комбикорма. Готовый кормовой продукт рекомендовано скармливать в

составе комбикормов для сельскохозяйственных животных и птицы в следующих количествах (в % по питательности): для цыплят-бройлеров в возрасте от 1 до 30 дней – до 25 %, от 31 до 56 дней – до 30 %; кур-несушек – до 15 %; телят-молочников, дойных коров, бычков на откорме и свиней – до 10 %.

Основные показатели белка “Сарепта” приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Питательность и химический состав белка “Сарепта”

Показатели	Содержание
1. Кормовые единицы в 100 г	110
2. Обменная энергия в 100 г, ккал	288
3. Сырой протеин, %	40,8
4. Сырой жир, %	8,8
5. Сырая клетчатка, %	4,9
6. Эфирное горчичное масло, %	0,12

Эфирное горчичное масло, выделенное по рекомендованной нами технологии, соответствует требованиям нормативно-технической документации, в том числе фармацевтической статьи ФС 420 государственной фармакопеи (ГФ VIII изд.) и не уступает аналогам.

Эфирное горчичное масло, обладая широким спектром действия, допускается к использованию: в фармакопее (ГФ VIII изд. Ст.420, с.569, ВФС 42-1333-83); в качестве консерванта (СанПиН 2.3.2.560-96) в пищевой промышленности; в различных отраслях сельского хозяйства.

В шестом разделе «Технико-экономическая оценка эффективности результатов исследований» приведены основные финансовые показатели работы участка ООО «ВГМЗ «Сарепта» переработки горчичного жмыха с годовым экономическим эффектом 21596 тыс. руб. со сроком окупаемости 3,3 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Результаты исследований химического и биологического состава семян горчицы и горчичного жмыха подтвердили высокую их питательность, энергетическую ценность. Обосновали возможность их использования в качестве кормовой добавки для животных и птиц, с учетом специальной подготовки к скармливанию, которая основана на ферментативном расщеплении (гидролизе) тиогликозида синигрина до эфирного масла с последующим его извлечением путем перегонки с водяным паром.

2. Анализ теоретических исследований паровой перегонки эфирномасличного сырья показал, что данный процесс характеризуется одной степенью свободы, где все показатели процесса точно определяются одним заданным. При этом процесс выделения эфирного масла из сырья будет протекать наиболее эффективно в случае, когда наибольшее его количество будет находиться на активной поверхности при высокой относительной скорости движения пара в начальный период процесса и при повышенной температуре в конце.

3. На основании анализа существующего оборудования для перегонки эфирных масел и с соблюдением оптимальных режимов и параметров технологического процесса выделения эфирного горчичного масла, обоснована и разработана конструктивная схема дегазатора.

4. В результате лабораторных исследований получено уравнение регрессии, на основании которого определены оптимальные параметры процесса извлечения эфирного горчичного масла из горчичного сырья: содержание сухого вещества в суспензии (горчичный жмых-вода), поступающей на отпарку - 70 %; температура отпарки не более 95 °С; время отпарки - 15 минут. Рациональные параметры элементов конструкции дегазатора определены в ходе экспериментальных исследований: частота вращения вала дегазатора - 49,3 мин⁻¹; расход пара на транспортировку и подогрев суспензии (горчичный жмых-вода) - 11,4 кг/с; количество лопастей на 1-уровне цилиндрической части дегазатора - 4 шт; количество лопастей на 2-уровне цилиндрической части дегазатора - 8 шт.

5. Результаты промышленных испытаний предлагаемой технологии и технических средств, подтвердили результаты лабораторных и экспериментальных исследований извлечения эфирного горчичного масла с получением кормового белка при следующих параметрах: содержание сухого вещества в суспензии (горчичный жмых-вода) перед отпаркой - 70 %; время отпарки эфирного масла при $t = 90...95$ °С - 15 мин, остаток эфирного масла в суспензии не более 0,12 %.

6. Применение предлагаемой технологии извлечения из горчичного жмыха эфирного горчичного масла обеспечивает ООО «ВГМЗ «Сарепта» годовой экономический эффект 21596 тыс. руб. со сроком окупаемости 3,3 года.

Рекомендации производству. Технологический процесс обезвреживания горчичного жмыха и других отходов горчично-маслобойного производства вести при режимах, обеспечивающих остаточное содержание эфирного горчичного масла в горчичном жмыхе

после обработки не более 0,12 %: содержание сухого вещества в суспензии (горчичный жмых-вода) перед отпаркой 70 %; температура отпарки не более 95 °С; время извлечения эфирного масла в течении 15 минут.

Перспективы дальнейшей разработки темы. Имеется необходимость в разработке системы автоматического управления технологическим процессом переработки горчичного жмыха и других отходов горчично-маслобойного производства.

Расширить поисковые работы в направлении применения эфирного горчичного масла в различных отраслях народного хозяйства.

Совместно с отраслевыми НИИ разработать рецептуры кормосмесей для различных видов животных и птиц с применением очищенного горчичного жмыха.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации:

издания, рекомендованные ВАК РФ:

1. Русакова Г.Г. Аппарат для очистки от токсичных соединений отходов переработки семян горчицы [Текст] / Г.Г. Русакова, М.М. Русакова, Ю.В. Искуснов, **Е.Д. Паракневич** // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование. - 2012. - № 3 (27). - С. 165-170.
2. Русакова Г.Г. Технологический процесс выделения эфирного горчичного масла из продуктов переработки семян горчицы [Текст] / Г.Г. Русакова, Д.В. Паракневич, **Е.Д. Паракневич**, Т.В. Киселева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование. - 2012. - Вып. 4 (28). - С. 164-169.
3. Русакова Г.Г. Оптимизация режимов извлечения эфирного масла из отходов переработки семян горчицы [Текст] / Г.Г. Русакова, **Е.Д. Паракневич**, Д.В. Паракневич, С.В. Тронеv // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и профессиональное образование. - 2014. - № 3 (35). - С. 149-154.
4. Русакова Г.Г. Использование эфирного горчичного масла в различных отраслях сельского хозяйства [Текст] / Г.Г. Русакова, **Е.Д. Паракневич**, Д.В. Паракневич, М.М. Русакова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и профессиональное образование. - 2014. - № 4 (36). - С. 173-175.
5. Русакова Г.Г. Химический состав семян горчицы и продуктов их переработки [Текст] / Г.Г. Русакова, **Е.Д. Паракневич**, Д.В. Паракневич, М.М. Русакова // Известия

Нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и профессиональное образование. - 2014. - № 4. - С. 176-179.

патенты на изобретения:

6. Реактор [Текст]: пат. на п.м. 131994 Рос. Федерация: МПК В01J8/10. / Г.Г. Русакова, А.Б. Голованчиков, М.М. Русакова, Д.В. Парахневич, **Е.Д. Парахневич**, Я.В. Дергилев, Т.В. Киселева; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет». - № 2013110173; заяв. 06.03.13; опубл.10.09.13.

7. Установка для перегонки эфирного горчичного масла из гидролизата [Текст]: пат. на п.м. 149461 Рос. Федерации: МПК С11В13/00. / Г.Г. Русакова, М.М. Русакова, Д.В. Парахневич, **Е.Д. Парахневич**, С.С. Попова, Ю.В. Крапивина; заявитель и патентообладатель ВолгГТУ. - №2014112404/13, заявл. 31.01.14;опубл. 10.01.15.

монографии:

8. Русакова Г.Г. Разработка технологии и технических средств для переработки отходов горчично-маслобойного производства в корма для животных и птицы : монография / Г.Г. Русакова, Н.М. Антонов, Д.В. Парахневич, **Е.Д. Парахневич**, Л.В. Мазина; Волгоградский гос. аграрный ун-т, Волгоградский гос. техн. ун-т. - Волгоград : ИПК ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ "Нива", 2014. - 142 с.

9. Новая технология переработки семян горчицы: монография / Г.Г. Русакова, А.В. Демьянов, Н.М. Антонов, Д.В. Парахневич, **Е.Д. Парахневич**, М.М. Русакова, Л.В. Мазина; ВолгГТУ, ВолГАУ. - Волгоград: ИПК «Нива» ФГБОУ ВПО «Волгоградский ГАУ», 2015. - 123 с.

10. Переработка отходов горчично-маслобойного производства в корма для сельскохозяйственных животных и птицы: монография / Г.Г. Русакова, Я.В. Дергилев, Д.В. Парахневич, **Е.Д. Парахневич**, М.М. Русакова, Т.В. Киселева; под ред. Г.Г. Русаковой ; ФГБОУ ВПО "ВолгГТУ", ФГБОУ ВПО "ВолГАУ". - Волгоград : ИПК ВолГАУ "Нива", 2012. - 189 с.

публикации в периодической печати:

11. Русакова Г.Г. Горчичные отруби – ценная кормовая добавка в рационы бычков на откорме [Текст] / Г.Г. Русакова, Т.В. Киселева, М.М. Русакова, Я.В. Дергилев,

В.Б. Котенко, **Е.Д. Парахневич**, Д.В. Парахневич // Кормопроизводство. - 2012. - № 11. - С. 40-42.

12. Русакова Г.Г. Извлечение синигрина из продуктов переработки семян горчицы [Текст] / Г.Г. Русакова, М.М. Русакова, Я.В. Дергилев, Т.В. Киселева, В.Б. Котенко, **Е.Д. Парахневич**, Д.В. Парахневич // Комбикорма. - 2012. - № 6. - С. 75-76.

13. Русакова Г.Г. Технологический процесс получения кормовой добавки из продуктов переработки семян горчицы [Текст] / Г.Г. Русакова, М.М. Русакова, Я.В. Дергилев, Т.В. Киселева, В.Б. Котенко, **Е.Д. Парахневич**, Д.В. Парахневич, // Комбикорма. – 2013. -№ 2. - С. 27-28.

публикации в сборниках научных трудов и материалах конференций

14. Русакова Г.Г. Технологический процесс получения кормовой добавки из побочных продуктов горчично-маслобойного производства [Текст] / Г.Г. Русакова, **Е.Д. Парахневич** [и др.] // Матер. междунар. науч.-практ. конф., г. Волгоград, 28-29 июня 2012 г. / ВолгГТУ, ГНУ Поволжский НИИ ППМПРАСХН. - Волгоград, 2012. - С. 63-68.

15. Русакова Г.Г. Молочная продуктивность дойных коров при скармливании им кормовой добавки из побочных продуктов горчично-маслобойного производства [Текст] / Г.Г. Русакова, **Е.Д. Парахневич** [и др.] // Матер. междунар. науч.-практ. конф., г. Волгоград, 28-29 июня 2012 г. / ВолгГТУ, ГНУ Поволжский НИИ ППМПРАСХН. - Волгоград, 2012. - С. 101-103.

16. Русакова Г.Г. Результаты зооветеринарного убоя подопытных дойных коров при скармливании им кормовой добавки из побочных продуктов горчично-маслобойного производства без влаготепловой обработки [Текст] / Г.Г. Русакова, **Е.Д. Парахневич** [и др.] // Матер. междунар. науч.-практ. конф., г. Волгоград, 28-29 июня 2012 г. / ВолгГТУ, ГНУ Поволжский НИИ ППМПРАСХН. - Волгоград, 2012. - С. 103-106.

Заказ № ____ Тираж 100 экз.

Уч.-изд. л. 1,0. Усл.-печ. 1,0.

ИПК «Нива» Волгоградского ГАУ

400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26, тел. (8442) 48-53-47

E-mail: volgau@volgau.com