

Наименование проекта: ИРН №АР09259673 «Разработка интенсивного устройства для сушки, измельчения, перемешивания частиц кормовой муки из отходов животного происхождения».

Актуальность: как известно развитие сельскохозяйственных животных и птиц, а также пищевой мясомолочной продукции зависит от удовлетворения потребности сельскохозяйственных животных и птиц в питательных и биологически активных веществах. Одним из полноценных компонентов в комбикормах является кормовая мука животного происхождения. Особое значение в увеличении производства кормовой муки имеет использование непищевого сырья, ветеринарных конфискатов и т.п., образующих так называемые отходы. В производстве кормовой муки важнейшими процессами являются сушка, измельчение и перемешивание. Анализ сушильного оборудования на современном этапе позволяет констатировать, что эффективным средством интенсификации и повышения качества сушки является совмещение сушки с измельчением и перемешиванием в одном аппарате, что позволяет повысить скорость протекания тепло- и массообмена, сократить производственные издержки и получить высококачественные однородные корма из различных отходов животного происхождения. Кроме того, сочетание измельчения с перемешиванием и сушкой позволяет проводить достаточно глубокое обезвоживание материала и возможность смешивания нескольких компонентов, исключая предварительную сортировку сырья, но в ряде подобных установках имеются недостатки, что является весьма актуальным.

Цель: разработка, конструирование и внедрение интенсивного устройства для сушки, измельчения, перемешивания частиц кормовой муки из отходов животного происхождения.

Ожидаемые результаты: будет установлено до 7-10 основных факторов, влияющих на комбинированный процесс сушки с измельчением и перемешиванием при производстве кормовой муки животного происхождения. Будет разработана математическая модель процесса тепломассопереноса и сегрегации. Будет проведено экспериментальное исследование теплофизических и физико-механических свойств отходов и кормовой муки животного происхождения. Будут поданы заявки на получение патентов, включенных в базу данных Derwent Innovations Index (Web of Science, Clarivate Analytics). Будет разработана конструкторская документация на опытный образец устройства для сушки, измельчения, перемешивания частиц кормовой муки из отходов животного происхождения. Будет получен опытный образец устройства для сушки, измельчения, перемешивания частиц кормовой муки из отходов животного происхождения. Будут опубликованы результаты исследований в статьях и (или) обзорах в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в Science Citation Index Expanded базы Web of Science и (или) имеющих процентиль по CiteScore в базе Scopus не менее 35 (тридцати пяти), в статье или обзоре в рецензируемом научном издании, входящем в 1 (первый)

или 2 (второй) квартиль в базе Web of Science и (или) имеющем процентиль по CiteScore в базе Scopus не менее 65 (шестидесяти пяти), а также в статьях или обзорах в рецензируемом зарубежном или отечественном издании, рекомендованном КОКСНВО, книгах и монографии. Будет проведено испытание опытного образца устройства для сушки, измельчения, перемешивания частиц кормовой муки из отходов животного происхождения. Будет выработано с помощью сконструированного устройства для сушки, измельчения и перемешивания партии костной и мясокостной муки 1, 2, 3 сортов и проведено исследование на соответствие действующему ГОСТу 17536-82 «Мука кормовая животного происхождения». Будет заключено лицензионное соглашение по объекту интеллектуальной собственности. Будет разработана научно-техническая, конструкторская документация согласно требований единой системы технологической и конструкторской документации, действующих стандартов и нормативно-правовых документов для серийного изготовления и внедрения устройства для сушки, измельчения и перемешивания с исключением всевозможных рисков. Полученные результаты будут представлены на конференциях или семинарах (форумах).

Достигнутые результаты: выявлены факторы, влияющие на процесс сушки, измельчения и перемешивания. Определен круг основных и второстепенных факторов, влияющих на процесс сушки, измельчения и перемешивания. Это температура сушильного агента в рабочих зонах сушки, измельчения и перемешивания; скорость подачи сушильного агента в рабочие зоны сушки, измельчения и перемешивания; частота вращения ударных элементов для измельчения и лопастей (перьев) для перемешивания; разновидность загружаемого сырья в устройство для сушки, измельчения, перемешивания (размер, содержание влаги и жира, плотность и т.д.); длительность процессов; пассивные зоны; конструктивные параметры (конструкция ударных элементов и лопастей (перьев), количество ударных элементов и лопастей (перьев), отверстия в сменном решете и т.д.). Данные факторы являются важными и взаимосвязанными при работе устройства для сушки, измельчения, перемешивания. В части разработки математической модели записано дифференциальное уравнение тепломассопереноса в частных производных цилиндрических координатах, а также граничные и начальные условия. Показаны возможные пути решения приближенными методами полученных уравнений. Сделан обзор возможно спонтанно протекающего процесса сегрегации, когда происходит перераспределение состава костной массы по крупности и образуются неоднородные слои. Указаны пути технического преодоления процесса сегрегации. В результате серии экспериментов были получены данные теплопроводности шквары и кормовой костной муки, на основе которых были построены экспериментальные графики. Среднее значение теплопроводности по данным исследования составила для шквары $\lambda_{шк.}=0,1100$ Вт/(м*К), кормовой костной муки $\lambda_{км.}=0,0830$ Вт/(м*К) соответственно. Получены расчетные данные температурапроводности шквары

и кормовой костной муки. Среднее значение температуропроводности для шквары при плотности 1000 кг/м^3 и удельной теплоемкости при температуре 20°C - 583 Дж/(кг*К) составила $a_{\text{шк}}=18,6*10^8 \text{ м}^2/\text{с}$. Среднее значение температуропроводности для кормовой костной муки при плотности 880 кг/м^3 и удельной теплоемкости при температуре 20°C - 1717 Дж/(кг*К) составила $a_{\text{ккм}}=5,5*10^8 \text{ м}^2/\text{с}$. На основе полученных данных в зависимости $a=f(\rho_n)$ и $a=f(W)$ сделаны следующие выводы: при изменении насыпной плотности определяющее влияние на коэффициент температуропроводности шквары и кормовой костной муки оказывает объемная теплоемкость, а при изменении влажности - коэффициент теплопроводности. Установлено, что режим работы устройства для сушки, измельчения и перемешивания зависит от влагосодержания в перерабатываемом объекте. Выявлено, что при понижении влаги в перерабатываемом объекте снижается коэффициент теплопроводности и следовательно следует повышать температуру нагрева до $t=120-250 \text{ }^\circ\text{C}$ в зависимости от длительности сушки. Экспериментально получена зависимость реологических свойств отходного сырья животного происхождения от длительности времени и температуры, влажности. Исходя из аксиом и гипотез выявлено, что длительность сушки также зависит от площади вновь образованной поверхности в перерабатываемом объекте и степени измельчения, стремящейся к увеличению $i=4-7$. По результатам проведенных исследований поданы заявки на изобретения в Национальный институт интеллектуальной собственности Республики Казахстан и в Евразийское патентное ведомство.

Разработан общий вид конструктивно-технологической схемы устройства для сушки, измельчения и перемешивания (в том числе выполнена аксонометрия устройства). Подготовлены технические требования к устройству для сушки, измельчения и перемешивания (экспериментальный образец). При разработке конструкторской документации применена программа Компас-3D с осуществлением необходимых расчетов. Разработаны конфигурации 3D модели вала ротора, 3D модели корпуса, 3D модели ударных элементов, 3D модели шнека (витков (перьев) на валу), 3D модели сборки шнека в нижней части корпуса, 3D модели перьев (витков). Выполнен эскиз устройства для сушки, измельчения и перемешивания, и эскиз его кинематической схемы. Выполнены эскизы шнека, корпуса устройства, трубы, вала шнека, вала ротора, крышек, ударных элементов, витков (перьев), рамы, фланцев для шнека и ротора, цапф. Выполнены рабочие чертежи корпуса, шнека, вала шнека, вала ротора, ударных элементов, витков (перьев), цапф, фланцев, ножей, рамы, фланцев для шнека и ротора, цапф. Выполнены сборочные чертежи и общий вид ударных элементов, шнека, устройства для сушки, измельчения и перемешивания. На рабочих и сборочных чертежах приведено минимальное число размеров, достаточных для изготовления и контроля деталей и узлов. Указаны функциональные, свободные и справочные размеры. На чертежах указаны предельные отклонения линейных размеров, геометрической формы, а также погрешности в

относительном расположении осей, поверхностей и конструктивных элементов деталей с целью устранения вредного влияния на работоспособность деталей, вызывая динамические нагрузки, вибрации, шум, заклинивание или интерференцию. Для изготовления устройства для сушки, измельчения и перемешивания подобраны и приобретены конструкционные и расходные материалы, комплектующие. На основании разработанной кинематической схемы, конструкторской документации, проведенных расчетов по объему загружаемой массы сырья, теоретических исследований и необходимых технико-экономических расчетов, с применением знаний и навыков членов исследовательской группы, квалифицированных специалистов и мастеров, с использованием металлорежущих станков и инструментов, сварочных аппаратов, приборов и оборудования, конструкционных и расходных материалов, комплектующих, измерительных принадлежностей, изготовлена конструкция устройства для сушки, измельчения и перемешивания. Устройство для сушки, измельчения и перемешивания состоит из корпуса, патрубка для подачи сырья, патрубка для подвода сушильного агента, выходного окна, горизонтально расположенного вращающегося спиралевидного шнека с гребневыми ножами, вращающихся рабочих пальцев, выходного трубчатого воздухопровода. При механической обработке деталей осуществлялся расчет коэффициента использования материалов. Произведены расчеты витков (перьев) шнека, геометрический расчет подбора диаметра шнека, подбора шага витков (перьев) и их количества, расчет вала, расчет общеустановочных размеров, расчет ударных элементов. Выполнен подбор рамы. Типовые расчеты проводили с помощью встроенных инструментов в программе прикладных библиотек Компас 3D. Стенки корпуса изготавливались из листового стального материала толщиной 4, 5 мм и соединялись сварочными швами. Рама изготавливалась с использованием швеллера (размер 16). Шнек изготавливался из трубы диаметром 102 мм, витков (перьев) диаметром 300 мм, ножей, цапф. Витки (перья) заваривались на валу (трубе), при этом на витках (перьях) приваривались ножи. Крепление шнека в корпус обеспечивается посредством цапф и фланцев в стенки корпуса болтами, шайбами и гайками. Для вращения шнека используются 2 закрытых подшипника 62132RS, цепная передача и цилиндрический мотор-редуктор мощностью 3 кВт. В верхней части конструкции предусмотрен вал ротора, закрепляющийся с помощью фланцев, болтов, шайб, гаек, и вращающийся посредством 2 закрытых подшипников ГОСТ 107 и червячного мотор-редуктора мощностью 1,5 кВт. В конструкции предусмотрены загрузочное и выгрузочное окна для сырья и кормовой смеси, отверстие для подвода сушильного агента из тепловой пушки, ударные элементы, отверстие и труба для удаления влажного воздуха. По плану опубликована статья «Development Of Mathematical Description Of Mechanical Characteristics Of Integrated Multi-Motor Electrical Drive For Drying Plant» (авторы Sultanbek Issenov, Ruslan Iskakov, Kazhybek Tergemes, Zhanat Issenov) в журнале Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, (2022), 1/8(115), 46-

54. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.251232> (SCOPUS per.56). Опубликовано статья «Obtaining a formula describing the interaction of fine particles with an expanding gas flow in a fluid layer» (авторы Yessenbay Alpeissov, Ruslan Iskakov, Sultanbek Issenov, Aru Ukenova) в журнале Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, (2022), 2/1(116), 87-97. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.255258> (SCOPUS per.56). Получен патент № 7276, опубл. 08.07.2022 г. МЮ РК НИИС на полезную модель «Устройство для производства кормовой муки животного происхождения» (автор Искаков Р.М.). Получен патент № 7050, опубл. 29.04.2022 г. МЮ РК НИИС на полезную модель «Ударно-раскалывающий молоток для измельчения» (автор Искаков Р.М.). Опубликовано статья «Анализ смесительного оборудования с учетом сегрегации кормосмеси и ее однородностью» в издательстве Карагандинского технического университета, республиканский журнал «Труды университета», 3(88) 2022. – С. 53-60 (КОКСНВО) (авторы Искаков Р.М., Исенов С.С., Әбілжанұлы Т., Кубентаева Г.К., Қасым Р.Т.). Технические решения апробированы на международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения-18(2)» «Наука XXI века – эпоха трансформации» и опубликованы в виде тезиса «Технические устройства для измельчения отходов животного происхождения» (автор Искаков Р.М.), 1 т., 1 ч., 2022. - С.218-219. Получен патент на изобретение № 35954 «Устройство для сушки, измельчения и перемешивания частиц кормовой муки из отходов животного происхождения», опубл. 25.11.2022 г. МЮ РК НИИС (авторы Искаков Р.М., Исенов С.С., Кубентаева Г.К., Заичко Г.А., Альпеисов Е.А.). Получен патент на изобретение № 35955 «Молоток для дробления и измельчения», опубл. 25.11.2022 г. МЮ РК НИИС (авторы Искаков Р.М., Исенов С.С., Заичко Г.А.). Получен патент на изобретение № 35956 «Молоток для измельчения», опубл. 25.11.2022 г. МЮ РК НИИС (авторы Искаков Р.М., Кубентаева Г.К., Исенов С.С., Заичко Г.А.).

Члены исследовательской группы:

Руслан Маратбекович Искаков - кандидат технических наук, ассоциированный профессор (доцент), руководитель проекта
(*Scopus Author ID: 55965285900, Researcher ID: P-7436-2017,*
<https://orcid.org/0000-0002-5948-2636>,
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55965285900>;
<https://publons.com/researcher/2045750/ruslan-maratbekovic-m-iskakov/>;
<https://orcid.org/0000-0002-5948-2636>);

Тоқтар Әбілжанұлы - доктор технических наук, профессор, научный сотрудник
(*Scopus Author ID: 57193110431,* <https://orcid.org/0000-0002-9513-1702>,
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57193110431>; <https://orcid.org/0000-0002-9513-1702>);

Есенбай Ашималиевич Альпеисов - доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник;

(*Scopus Author ID: 57729500900*, <http://orcid.org/0000-0001-8917-0935>
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57729500900>;
<http://orcid.org/0000-0001-8917-0935>);

Султанбек Сансызбаевич Исенов - кандидат технических наук, ассоциированный профессор (доцент), научный сотрудник;

(<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55565980900>,
<https://publons.com/researcher/1933590/sultanbek-s-issenov/>);

Гульмира Кусаиновна Кубентаева - кандидат технических наук, инженер-конструктор;

Григорий Анатольевич Заичко - кандидат технических наук, ассоциированный профессор (доцент), старший научный сотрудник;

Мухтарбек Муханович Какимов - кандидат технических наук, ассоциированный профессор (доцент), научный сотрудник
(*Scopus Author ID: 57191586199*, <https://orcid.org/0000-0002-1190-2195>);

Индира Кабдракымовна Мамырбаева - кандидат физико-математических наук, научный сотрудник;

Алмагуль Каирбергеновна Мергалимова - доктор философии (PhD), младший научный сотрудник

(*Scopus Author ID: 57202363283*, <https://orcid.org/0000-0002-5990-8182>);

Сұлтан Барлымбайұлы Ыбрай - магистр технических наук, лаборант

Информация для потенциальных пользователей: целевыми потребителями результатов проекта являются мясо- и птицеперерабатывающие предприятия, фермерские и животноводческие хозяйства, кормоприготовительные цеха. Ожидается, что сельскохозяйственные животные и птицы получат необходимое количество высокопитательных белковых кормов, что благополучно скажется и на продукции животноводства (молоко, мясо и др.) и птицеводства (яйца, мясо, бульон и др.).

Дополнительная информация: будет получен высокий социальный и экологический эффект.