

DOI

УДК 631.3

## СИСТЕМАТИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННОГО МЯСОРЕЗАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ОЦЕНКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВОЛЧКОВ

А. В. Старунов, А. В. Гриценко, А. А. Лукин, С. В. Ганенко, И. Н. Старунова

**Реферат.** На основе анализа конструкций современного мясорезательного оборудования, используемого перерабатывающими предприятиями, установлено их большое многообразие, обоснованное конструкционными и технологическими требованиями, предъявляемыми к данному виду машин. Цель исследования – установить признаки, характеризующие промышленные волчки, составить их классификацию, определить основные неисправности и степень их влияния на работоспособность промышленных волчков. Определены конструктивные и технологические требования к промышленным волчкам. Проведен анализ и выявлены основные причины возникновения неисправностей промышленных волчков. Установлены структурные параметры, характеризующие техническое состояние промышленных волчков. Выбрана методика априорного ранжирования на основе экспертной оценки специалистов основных неисправностей узлов промышленного волчка. Установлены признаки, характеризующие промышленные волчки, на основе этого составлена их классификация. Представлена структурная схема технической системы «Промышленный волчок». Определены основные неисправности и степень их влияния на потерю работоспособности, рассматриваемых устройств в процессе эксплуатации. Вся совокупность неисправностей промышленных волчков сгруппирована относительно трех подсистем: режущей, подающей и приводной. При анализе неисправностей было выделено 10 самых важных из них, влияющих на работоспособность волчка и выполнение им технологического процесса. Вся совокупность представленных неисправностей промышленных волчков была ранжирована по весу. Для их оценки применялась 10 бальная система и расставлялись баллы в соответствии со сложностью в пределах от 1 до 10. В первую группу были сгруппированы неисправности с рангами более 238 (неисправности с более высокой вероятностью появления). Во вторую группу вошли неисправности с значением ранга менее 150 (неисправности с меньшей вероятностью появления). Установлено, что максимальный вес имеют неисправности, обозначенные как п6, п10, п9. Они характеризуют техническое состояние режущей подсистемы и подающей. Приоритет обслуживания и контроля следует уделить данным подсистемам.

**Ключевые слова:** промышленные волчки, измельчение, техническая система, устройство, классификация, априорное ранжирование, надежность, работоспособность, неисправности, отказ, вероятность отказа.

**Введение.** Современное сельское хозяйство и перерабатывающие производства активно используют информационные технологии для повышения эффективности производства [1, 2, 3]. Их внедрение происходит как в технике, так и в технологических линиях производства [4, 5, 6]. История потребления мясных изделий напрямую связана с разработкой и модернизацией специализированных машин, обеспечивающих измельчение и однородность структуры данной продукции [7, 8]. Одним из первых устройств для получения мясного фарша была механическая мясорубка, изобретенная в 19 веке Карлом Дрезом.

Более чем за полтора столетия период устройство трансформировалось из простого двуручного с изогнутым полукругом ножом устройства в сложную техническую систему [9, 10, 11]. Благодаря широкому применению данные устройства подвергались постоянному конструктивному совершенствованию: изменялись пространственное расположение и количество составляющих узлов и элементов, усложнялся механизм измельчения, видоизменялся его привод [12, 13, 14].

Анализ конструкций современных машин, используемых в условиях перерабатывающих предприятий, позволил составить

их общую классификацию (рис. 1) и сделать вывод, что в настоящее время данный сектор изобилует разнообразными по степени измельчения машинами [15].

В процессе обработки современные мясорезательные машины обеспечивают дисперсность частиц в довольно широком диапазоне, со средней величиной в зависимости от вида измельчения (крупное, среднее, мелкое, тонкое и коллоидное) от 0,01 до 100 мкм [16, 17].

Среднее и мелкое измельчение охлажденного и замороженного мяса, жира, жиродержащих материалов, субпродуктов в условиях перерабатывающего производства осуществляются с помощью волчков. Высокая производительность, простота конструкции основных механизмов, удобство в эксплуатации, обслуживании и ремонте, проведении санитарной обработки и многое другое являются основными причинами массового их использования [10, 14].

Ведущими зарубежными и отечественными компаниями по производству промышленных волчков в настоящее время являются: «Seydelmann», «Kolbe», «Kramer + Grebe» (Германия), Hualian Machinery (Китай), «Laska» (Австрия), Inwestpol (Польша), «Wolfking» (Дания), «Palmia» (Швеция), ОМЗ (г. Павлово, РФ), ОАО «Торгмаш» (г. Пермь, РФ),

ОАО "Торгмаш" (г. Барановичи, РБ), НПО «ДВА+К» (г. Воронеж, РФ) и ряд др. [4, 5]. Выпускаемые изделия имеют

различные схемы исполнения, отличаются конструктивными и режимными параметрами.

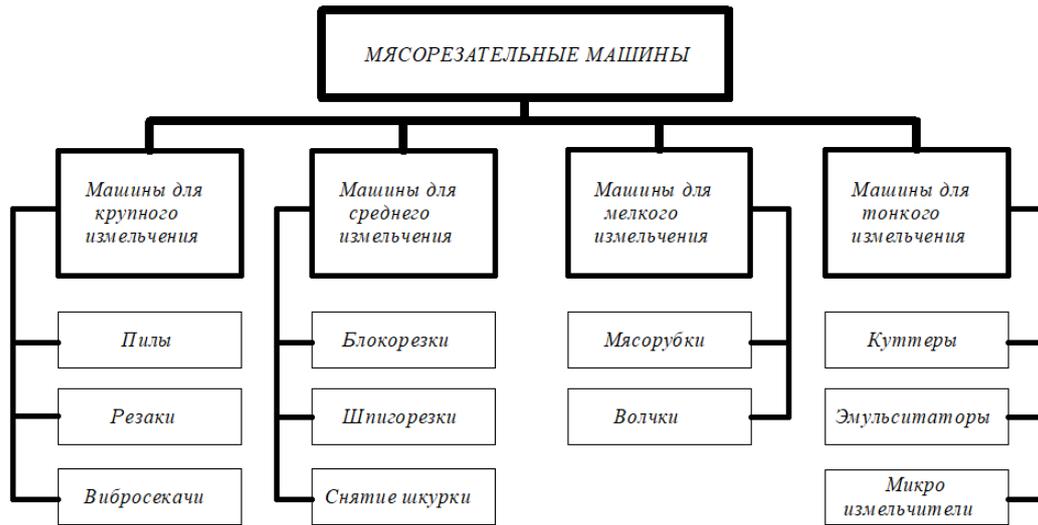


Рис. 1 – Классификация мясорезательных машин

Такая разнотипность конструкций усложняет их подбор к условиям конкретных предприятий. Многолетнее изучение процесса измельчения и устройств для его

реализации позволили сформулировать основные конструкционные и технологические требования, предъявляемые к данным машинам (рис. 2) [4, 5].



Рис. 2 – Требования, предъявляемые к промышленным волчкам

Широта и многогранность конструкционных и технологических требований, предъявляемых к данному виду машин и приводит к

значительному многообразию существующих конструкций.

Эксплуатация данных устройств показала,

что в процессе измельчения мясного сырья, фарш на выходе не всегда представляет из себя гомогенизированную систему. Одной из причин такой неоднородности фарша является неравномерное распределение мяса по всему объёму рабочей камеры. Это приводит к снижению качества продукта, повышению нагрузки на режущий механизм и другие элементы конструкции, способствуя возникновению отказов в работе устройств [4, 5, 9].

Цель исследований – установить признаки, характеризующие промышленные волчки; составить их классификацию; определить основные неисправности и степень их влияния на работоспособность промышленных волчков.

**Материалы и методы.** В работе на основе анализа патентной и научно-технической литературы в области процесса измельчения и современных конструкций мясорезательных машин определены: конструкционные и технологические требования, предъявляемые к промышленным волчкам, выявлены их группировочные признаки, составлена их классификация.

Первичная работа по организации наблюдений по выявлению неисправностей технической системы «Промышленный волчок» проведена на базе кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасность жизнедеятельности» ЮУрГАУ. Выдача задания на проведение наблюдений выполнена при выходе магистрантов, обучающихся по направлению подготовки «Агроинженерия» на летнюю производственную практику. Наблюдения проводились в условиях действующих мясорерабатывающих предприятий г. Челябинска и Челябинской области: Агрохолдинг «Равис», ООО «Агрофирма Ариант», ООО «Чебаркульская птица», ООО МПК «Ромкор». Наблюдения проходили в течении 50 смен, продолжительность смены составляла 8 часов. Под наблюдением находились промышленные волчки следующих марок: Seydelmann AU 200 – 3 шт., Laska WW 200 – 4 шт., Laska WW 400G – 1 шт., Kilia WW-200 – 3 шт.

Проведённые наблюдения, позволили установить основные неисправности системы «промышленный волчок», изучить структурные параметры её состояния, отображающие степень развития неисправностей данных устройств во время эксплуатации. На основе полученной информации, используя методику априорного ранжирования, была сформирована анкета для последующей обработки данных. Проведены анкетирование специалистов, участвующих в наблюдениях, и статистическая обработка результатов [18].

Суть метода заключается в проведении экспертной оценки данных группой респондентов, являющихся специалистами в исследуемой области. Оценка влияния каждой неисправности на работоспособность промышленных волчков проводилась на основе личного опыта респондентов и анализа производственных ситуаций.

В анкетировании участвовали специалисты, работающие на выше перечисленных перерабатывающих предприятиях, ведущие преподаватели в области переработки мясного сырья кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасность жизнедеятельности» и магистранты, проходившие производственную практику.

По результатам обработки 35 анкет построена матрица рангов неисправностей и определена степень их влияния на потерю работоспособности данных устройств.

**Результаты и обсуждение.** Разработанная классификация промышленных волчков (рис. 3) включает следующие характерные группировочные признаки: назначение, по конструкции и расположению рабочего шнека питающего механизма, по виду рабочего органа, по способу подачи сырья, по числу оборотов привода, по способу управления и организации волчка, по типу ребра на рабочей поверхности барабана, по виду характеристики и функциям привода, по форме размещения барабана и шнека [4, 19, 20].

Выявленное разнообразие конструкций промышленных волчков обусловлено наличием представленных конструкционных и технологических требований, предъявляемых к ним и получаемому продукту [14, 15]. Это способствует постоянному поиску оптимальных конструктивных решений. Совершенствование конструкций осуществляется в направлении обеспечения принудительной подачи и ухода от свободной подачи сырья из бункера в рабочую зону за счет выпуска волчков со шнековой подачей, как обеспечивающих равномерность и непрерывность процесса измельчения.

В предложенной классификации предпринята попытка объединить разрозненные существующие сведения о данной группе машин [21, 22]. Классификация позволяет упростить выбор представителям производства данного оборудования и может служить концептуальной основой процесса моделирования рассматриваемых устройств [23].

С позиции надежности промышленные волчки представляют сложную техническую систему, состоящую из трех взаимосвязанных подсистем с последовательным расположением элементов [8, 9].

Первая подсистема – приводная, содержит электросистему и силовые агрегаты, приводящие в движение все механизмы волчка.

Вторая подсистема – режущая, включает крестовые ножи и неподвижные решетки с отверстиями, установленными в определенной последовательности. Проходя через режущий узел, сырье приобретает необходимую дисперсность для дальнейшего производства продукции.

Третья подсистема – подающая, включает в себя бункер, корпус шнека и шнек. Обеспечивает перемещение сырья к режущему механизму, как правило включает один рабочий (подающий) шнек и один, реже два, питающих шнека, принудительно осуществляющих

подачу сырья на рабочий шнек. Представленные подсистемы находятся в постоянном

взаимодействии между собой и образуют определенную общность.

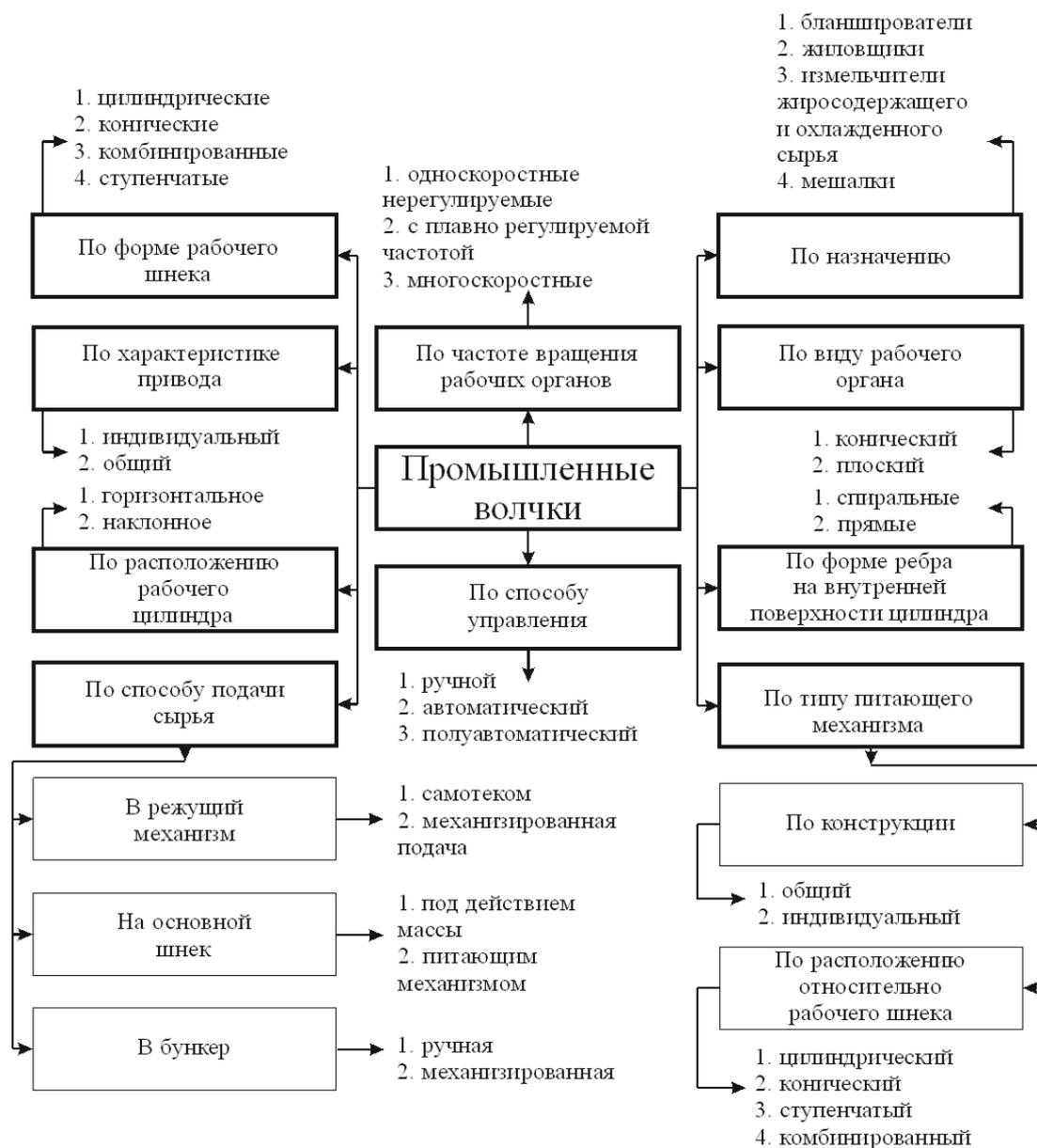


Рис. 3 – Классификация промышленных волчков

При этом неисправности отдельных элементов волчка влияют на работу всей системы целиком, выражаясь либо в снижении производительности устройства, либо

в ухудшении качества продукции.

Структурная схема и функциональные связи технической системы «промышленный волчок», представлены на рис. 4.

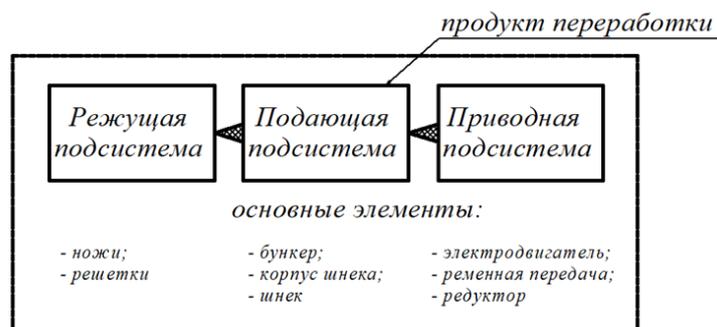


Рис. 4 – Комплекс технических взаимосвязей в промышленной измельчающей машине

Любая техническая система в процессе эксплуатации подвергается знакопеременным нагрузкам. Со временем накапливаются мелкие неисправности, которые со временем могут перерасти в сложный отказ или полную утрату работоспособности. По мере появления мелких неисправностей наблюдаются изменения в выходных рабочих показателях волчка: существенно падает производительность, ухудшается качество конечного продукта, растут затраты энергии и возрастает время выполнения рабочего процесса [8, 9].

Проявления неисправностей можно легко наблюдать в процессе эксплуатации технологического оборудования. Однако, со временем любая неисправность переходит в резкую

потерю производительности и полную утрату работоспособности. Нередко базовые узлы подлежат полной замене на аналогичные новые.

Анализ информационных источников и результатов эксплуатационных наблюдений за работой промышленных волчков позволили определить перечень наиболее часто возникающих неисправностей, которые в случае интенсификации дальнейших процессов вызывают аварийные случаи. Условно, все неисправности можно разделить на три группы с учетом принадлежности к базовому узлу: режущему, приводному и подающему. Всего можно выделить 10 разнообразных неисправностей (табл.).

Таблица – Анализ наиболее сложных неисправностей по составляющим подсистемам промышленных волчков

Подсистема волчка	Наиболее сложные неисправности промышленных волчков и их обозначение
Питающие и подающие узлы	$n_5$ – Обратный вынос измельченного мяса в подающий бункер
Приводные механизмы	$n_1$ – Приводной электродвигатель существенно греется и срабатывает защита
	$n_2$ - Возникновение посторонних звуков в электродвигателе
	$n_3$ – Возникновение посторонних звуков в редукторе
	$n_4$ – Буксование привода при передаче вращения
Режущий аппарат	$n_6$ – Мясо недостаточно измельчается, при этом значительно нагреваясь
	$n_7$ – Забивание решетки измельченным мясом
	$n_8$ – Удары и шум внутри рабочего барабана
	$n_9$ – Снижение пропускной способности отверстий ножевых решеток
	$n_{10}$ – Эффект смятия мяса, вместо резания

Как видно из таблицы неисправности распределяются неравномерно. Так, например, на питающий и подающий узел приходится одна характерная неисправность –  $n_5$ . В то время как видно из таблицы, наибольшее число неисправностей сконцентрировано на режущем аппарате –  $n_6, n_7, n_8, n_9$  и  $n_{10}$ . Режущий аппарат является наиболее нагруженным узлом промышленного волчка, этим объясняется доминирующее число неисправностей. На втором месте по числу неисправностей – приводные механизмы. В приводе обнаруживаются четыре характерных неисправности:  $n_1, n_2, n_3$  и  $n_4$ . Привод промышленного волчка испытывает значительные нагрузки, среди них: передача максимального крутящего момента, неравномерность нагрузки, динамические колебания и др.

Вся совокупность представленных неисправностей промышленных волчков может быть ранжирована по весу. Для их оценки можно применить 10 бальную систему и расставить баллы в соответствии со сложностью в пределах от 1 до 10. Последующая статистическая оценка позволит грамотно корректировать технологические воздействия, вовремя определять зреющие отказы, производить своевременную замену неисправных

элементов [8].

При исследовании технического состояния сельскохозяйственных машин часто прибегают к методам статистики. В случае, когда нет конкретных данных о наработке, а присутствует техническая информация по отдельным неисправностям, уместно применить методику априорного ранжирования [18]. Проверка согласованности мнений респондентов осуществлялась с помощью коэффициента конкордации, значение которого составило 0,75 [18]. Близость значения данного коэффициента к единице говорит о высокой связи и совпадении оценок большинства респондентов. Проведенные исследования по априорному ранжированию оценок респондентов при распределении неисправностей промышленных волчков представлены на (рис. 5).

Полученное эмпирическое распределение рангов неисправностей, позволяет рассматриваемые неисправности разбить на две группы. В первую группу отнести неисправности с рангами более 238, и характеризовать их как неисправности с более высокой вероятностью их появления, и во-вторую группу, неисправности с значением ранга менее 150, и характеризовать их как неисправности с меньшей вероятностью появления.

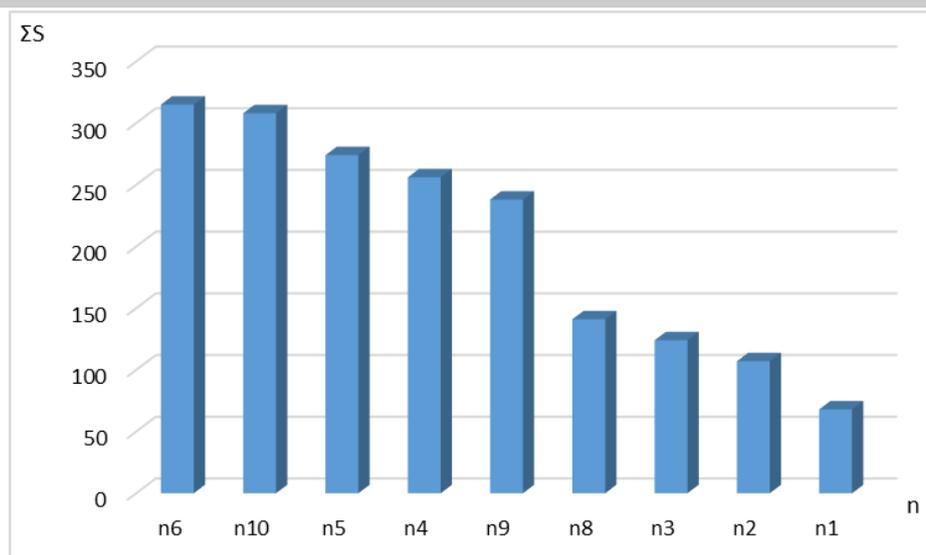


Рис. 5 – Априорная гистограмма рангов (зависимость суммы априорных оценок всеми респондентами  $\Sigma S$  от вида неисправности промышленного волчка n)

Необходимо отметить, что появление неисправностей  $n_6$ ,  $n_{10}$ ,  $n_9$  характеризует состояние режущей подсистемы. Как видно из рис. 5, эти неисправности имеют максимальный вес. Их появление влечет за собой отказ всей технологической машины.

В зависимости от вида сырья (говядина, свинина, конина, мясо курицы) и его состава (соотношение соединительной ткани к мышечной) затупление режущих элементов происходит с разной интенсивностью, что влияет на периодичность заточки. Установлено, что периодичность заточки составляла 16...24 часа. При переработке говядины заточка режущих элементов требовалась каждые 16...18 часов, свинины, конины – 20...22 часа и мяса курицы – 24 часа.

В рядовой эксплуатации следует уделить особое внимание контролю параметров работоспособности режущих элементов. При назначении сроков технического обслуживания рекомендуется в первую очередь выполнять работы по поддержанию работоспособного состояния режущих элементов промышленного волчка.

Третья по порядку сложности – неисправность  $n_5$ , которая проявляется в обратном выносе измельченного мяса в подающий бункер. Это единственная неисправность питающих и подающих узлов, однако приводящая к отказу первичной технологической цепочки промышленного волчка. Для контроля неисправности  $n_5$  предлагается производить замер зазора в подающем механизме и в случае достижения им предельной величины – проведении регулировки. При невозможности регулировки – процедуры замены элементов питающего и подающего узла.

Четвертая по рангу неисправность  $n_4$  относится к приводному механизму. Буксование привода при передаче вращения устраняется путем регулировки степени провисания ремней под действием нагружения устройством

контроля. В практике эксплуатации следует особое внимание уделять поддержанию чистоты ремней, отсутствию на них разрывов, попадания масел и др.

Для назначения правильных и своевременных технологических воздействий, а также повышения надежности промышленных волчков требуется дальнейшая работа:

- провести дополнительные исследования по определению вероятности появления неисправностей  $n_6$ ,  $n_{10}$ ,  $n_5$ ,  $n_4$  и  $n_9$ ;
- усовершенствовать режущую подсистему данных устройств;
- разработать мероприятия, направленные на совершенствование процессов диагностирования, обслуживания и ремонта волчков, работающих в различных условиях промышленных предприятий и небольших ферм.

С учетом проведенного ранжирования предлагается внедрение системы контроля технического состояния промышленных волчков с группировкой обслуживаемых узлов по степени сложности отказов. В первую очередь это подсистема режущего узла. В настоящее время на кафедре «Технический сервис машин, оборудования и безопасность жизнедеятельности» Южно-Уральского ГАУ, авторским коллективом, производится проектирование, разработка и опытное испытание нескольких обвалочных измельчающих машин, включая машины по перетиранию кабачка, в которых наблюдаются подобные процессы [17]. В результате проведенных исследований за счет своевременных технологических воздействий (заточка и регулировка зазора) удалось повысить техническую готовность режущих машин до 0,95, при исключении сложных отказов. Исключены остановки волчков по технологическим причинам за счет своевременного контроля и обнаружения предотказных состояний. Разработаны рекомендации производству по контролю узлов и механизмов промышленных волчков.

**Выводы.** Первые механические измельчители и их конструкции известны с 19 века. Однако, до сих пор ведется их активная доработка с целью обеспечения высокой надежности и безотказности. Для формирования возможных направлений совершенствования промышленных волчков произведена их классификация. Широкий разбег по мелкости измельчения мяса от 0,01 до 100 мм требует значительного разнообразия конструкций и узлов отдельных волчков. С этой целью сформулированы основные конструктивные и технологические требования, в которых указаны пределы достижимых параметров и уровни их варьирования. В методической части статьи выявлены группировочные признаки промышленных волчков. Намечены методики анализа причин возникновения неисправностей системы «промышленный волчок». Выбрана методика априорного ранжирования с последующим анализом статистических данных и определением веса каждой выявленной неисправности. Основой результатов работы является систематизация группировочных признаков промышленных волчков и составление классификационной схемы. Промышленный волчок состоит из трех подсистем: приводной, режущей и подающей. Каждая подсистема является продолжением технической системы «промышленный волчок» и имеет свои характерные неисправности. Выявлен комплекс технических взаимосвязей в промышленной измельчающей машине.

Проведен анализ наиболее сложных неисправностей по составляющим подсистемам промышленных волчков. Выявлено 10 основных неисправностей, значительно влияющих на технологический процесс измельчения мяса. При рассмотрении работы

питающего и подающего узлов выявлена одна неисправность - обратный вынос измельченного мяса в подающий бункер (обозначена через символ  $p_5$ ). Контроль неисправностей приводного механизма обнаружил четыре наиболее значительные из них: приводной электродвигатель существенно греется и срабатывает защита, возникновение посторонних звуков в электродвигателе, возникновение посторонних звуков в редукторе, буксование привода при передаче вращения (обозначенные через символы  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_3$  и  $p_4$ ). Самой ответственной подсистемой промышленных волчков является режущий аппарат, который обнаруживает пять неисправностей: мясо недостаточно измельчается, при этом значительно нагреваясь, забивание решетки измельченным мясом, удары и шум внутри рабочего барабана, снижение пропускной способности отверстий ножевых решеток, эффект смятия мяса, вместо резания (обозначенные через символы  $p_6$ ,  $p_7$ ,  $p_8$ ,  $p_9$  и  $p_{10}$ ).

Проведенный априорный анализ рангов показал, что наибольший вес обнаруживают неисправности режущего аппарата (ранг выше 238). В качестве меры контроля следует принять регламентные действия по поддержанию высокого технологического и технического уровня режущего аппарата в процессе эксплуатации промышленных волчков. Остальные неисправности уступающие по степени веса режущему аппарату следует контролировать в меньшей степени.

Таким образом, проведенная работа может быть использована предприятиями перерабатывающей промышленности для дальнейшего совершенствования системы контроля волчков и обеспечения их надежности.

#### Литература

1. Результаты научных исследований агроинженерных научных организаций по развитию цифровых систем в сельском хозяйстве (окончание) / Ю. Ф. Лачуга, А. Ю. Измайлов, Я. П. Лобачевский, Ю. Х. Шогенов // Техника и оборудование для села. 2022. №4 (298). С. 2-6.
2. Ценч Ю. С. Научно-технический потенциал как главный фактор развития механизации сельского хозяйства // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16. № 2. С. 4-13. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-4-13.
3. Ронжин А. Л. Савельев А. И. Системы искусственного интеллекта в решении задач цифровизации и роботизации агропромышленного комплекса // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16. № 2. С. 22-29. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-22-29.
4. Максимов Д. А., Жуков В. Г. Современное оборудование для измельчения замороженных мясных блоков // Мясная индустрия. 2019. № 1. С. 38-41.
5. Дерина Е. А., Катусов Д. Н. Анализ измельчающего оборудования мясной отрасли // Приднепровский научный вестник. 2022. Т. 1. № 4. С. 20-22.
6. Теоретические основы повышения качества и эффективности процесса тонкого измельчения мясного сырья на эмульсаторах / В. Я. Груданов, А. А. Бренч, А. Б. Торган и др. // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2022. Т. 15. № 2(56). С. 45-55. DOI 10.47612/2073-4794-2022-15-2(56)-45-55.
7. Файвишевский М. Л. Особенности производства влажных животных кормов // Мясные технологии. 2020. № 8(212). С. 52-55.
8. Оптимальные параметры элементов деталей механизма измельчителя пищевых продуктов / О. В. Исламова, А. З. Токов, А. А. Жилияев и др. // Качество. Инновации. Образование. 2022. № 4(180). С. 23-28. DOI 10.31145/1999-513x-2022-4-23-28.
9. Вербицкий С. Б. Материалы и конструкция рабочих органов установки для тонкого измельчения мясного сырья // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2021. № 1(20). С. 44-51.
10. Исламова О. В., Токов А. З., Атаева Ф. А. Энергоэффективность - важнейший показатель качества пищевых измельчителей // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2019. Т. 81. № 2(80). С. 56-62. DOI 10.20914/2310-1202-2019-2-56-62.
11. Влияние комбинированного измельчения на технологические характеристики мясного фарша /

Г. Б. Бекешова, Н. К. Ибрагимов, А. К. Какимов и др. // Все о мясе. 2022. № 5. С. 32-37. DOI 10.21323/20/1-2499-2022-5-32-37.

12. Конструктивные особенности устройств для оценки усилия резания корнеклубнеплодов при их измельчении / А. И. Ряднов, О. А. Федорова, Р. В. Шарипов и др. // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2022. Т. 69. №1(46). С.38-43.

13. Ряднов А. И., Федорова О. А., Мамахай А. К. Выбор частных показателей комплексной оценки эффективности использования измельчителя корнеклубнеплодов // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2021. Т. 68. №4(45). С. 45-50.

14. Смык К. Волчки для измельчения замороженных мясных блоков // Мясные технологии. 2023. № 6 (246). С. 32-33.

15. Моисеев А. В., Березин М. А. Повышение эффективности работы мясорезательных машин // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 47. С. 1958-1963.

16. Морозов Н. М. Инновационная техника и цифровые технологии - важные факторы повышения эффективности производства продукции животноводства // Экономика сельского хозяйства России. 2018. № 2. С. 15-23.

17. Разработка вертикальной протирочной установки и определение ее основных параметров / А. В. Богданов, А. В. Гриценко, М. В. Ческидов и др. // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17. № 1. С. 62-69. DOI 10.22314/2073-7599-2023-17-1-62-69.

18. Старунов А. В. Отбор значимых факторов при исследовании процесса продавливания навоза через перфорированную поверхность отделителя твердых примесей // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 2007. № 8. С. 61-63.

19. Research of ways of preserving the quality of grinded food products in the process of grinding / U. D. Batyrov, P. L. Ataev, O. V. Islamova, et al. // Proceedings of the 2017 International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies». IT and QM and IS 2017. St. Petersburg. 2017. P. 312-314. DOI 10.1109/ITMQIS.2017.8085821.

20. Upgraded rotary cross-shaped food shredder knife / U. D. Batyrov, P. L. Ataev, O. V. Islamova et al. // Proceedings of the 2017 International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies». IT and QM and IS 2017. St. Petersburg. 2017. P. 309-311. DOI 10.1109/ITMQIS.2017.8085820.

21. Food safety knowledge, attitude and practices of meat handlers in Khulna City, Bangladesh / G. Biswas, Md. S. Islam, S. M. M. Rahman et al. // Theory and Practice of Meat Processing. 2024. Vol. 9, No. 1. P. 24-31. DOI 10.21323/2414-438X-2024-9-1-24-31.

22. Flow cutters for raw meats: technical / technological features and feasibility of normalization / S. B. Verbytskyi, O. I. Kuts, O. B. Kozachenko et al. // Science and Education. 2023. No. S2-2(71). P. 612-620.

23. Prevalence, antibiotic resistance, toxin-typing and genotyping of clostridium perfringens in raw beef meats obtained from Qazvin city, Iran / S. Hassani, B. Pakbin, R. Mahmoudi et al. // Antibiotics. 2022. Vol. 11. No. 3. DOI 10.3390/antibiotics11030340.

#### Сведения об авторах:

Старунов Александр Владимирович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедры технического сервиса машин, оборудования и безопасности жизнедеятельности<sup>1</sup>, e-mail: alex\_starunov68@mail.ru

Гриценко Александр Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры автомобильный транспорт<sup>2</sup>; профессор кафедры технического сервиса машин, оборудования и безопасности жизнедеятельности<sup>1</sup>; e-mail: alexgrits13@mail.ru

Лукин Александр Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса машин, оборудования и безопасности жизнедеятельности<sup>1</sup>, e-mail: lukin3415@gmail.com

Ганенко Сергей Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса машин, оборудования и безопасности жизнедеятельности<sup>1</sup>, e-mail: serganix@mail.ru

Старунова Ирина Николаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры тракторов, сельскохозяйственных машин и земледелия<sup>1</sup>, e-mail: irina.starunova.66@mail.ru

<sup>1</sup>Южно-Уральский государственный аграрный университет, Челябинск, Россия

<sup>2</sup>Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия.

#### SYSTEMATIZATION OF MODERN MEAT CUTTING EQUIPMENT AND ASSESSMENT OF MALFUNCTIONS OF INDUSTRIAL GRINDERS

A. V. Starunov, A. V. Gritsenko, A. A. Lukin, S. V. Ganenko, I. N. Starunova

**Abstract.** Based on the analysis of the designs of modern meat cutting equipment used by processing plants, their great diversity has been established, justified by the design and technological requirements for this type of machines. (Objective of the study) To establish the features characterizing industrial grinders, compile their classification, determine the main faults and the degree of their influence on the operability of industrial grinders. (Materials and methods) Design and technological requirements for industrial grinders have been determined. An analysis has been carried out and the main causes of malfunctions of industrial grinders have been identified. Structural parameters characterizing the technical condition of industrial grinders have been established. A priori ranking technique has been selected based on an expert assessment by specialists of the main faults of industrial grinder units. (Results and discussion) The features characterizing industrial grinders have been established, based on this, their classification has been compiled. A structural diagram of the "Industrial grinder" technical system is presented. The main faults and the degree of their influence on the loss of operability of the devices under consideration during operation have been determined. The entire set of industrial grinding machine malfunctions is grouped relative to three subsystems: cutting, feeding and driving. During the malfunction analysis, 10 most important of them were identified, affecting the grinder operability and its technological process performance. (Conclusions) The entire set of presented industrial grinding machine malfunctions was ranked by weight. A 10-point system was used for their assessment and points were assigned in accordance with complexity within the range from 1 to 10. The first group included malfunctions with ranks higher than 238 (malfunctions with a higher probability of occurrence). The second group included malfunctions with a rank value lower than 150 (malfunctions with a lower probability of occurrence). It was found that the maximum weight has malfunctions designated as n6, n10, n9. They characterize the

technical condition of the cutting and feeding subsystems. Priority for maintenance and control should be given to these subsystems.

**Key words:** industrial grinders, grinding, technical system, device, classification, a priori ranking, reliability, performance, malfunctions, failure, probability of failure.

#### References

1. Rezul'taty nauchnyh issledovaniy agroinzhenernyh nauchnyh organizacij po razvitiyu cifrovyyh sistem v sel'skom hozyajstve (okonchanie) / YU. F. Lachuga, A. YU. Izmajlov, YA. P. Lobachevskij, YU. H. SHogenov // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2022. №4 (298). S. 2-6.
2. Cench YU. S. Nauchno-tehnicheskij potencial kak glavnyj faktor razvitiya mekhanizacii sel'skogo hozyajstva // *Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii*. 2022. T. 16. № 2. S. 4-13. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-4-13.
3. Ronzhin A. L. Savel'ev A. I. Sistemy iskusstvennogo intellekta v reshenii zadach cifrovizacii i robotizacii agropromyshlennogo kompleksa // *Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii*. 2022. T. 16. № 2. S. 22-29. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-22-29.
4. Maksimov D. A., ZHukov V. G. Sovremennoe oborudovanie dlya izmel'cheniya zamorozhennyh myasnyh blokov // *Myasnaya industriya*. 2019. № 1. S. 38-41.
5. Derina E. A., Katusov D. N. Analiz izmel'chayushchego oborudovaniya myasnoj otrasli // *Pridneprovskij nauchnyj vestnik*. 2022. T. 1. № 4. S. 20-22.
6. Teoreticheskie osnovy povysheniya kachestva i effektivnosti processa tonkogo izmel'cheniya myasnogo syr'ya na emul'sitatorah / V. YA. Grudanov, A. A. Brench, A. B. Torgan i dr. // *Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii*. 2022. T. 15. № 2(56). S. 45-55. DOI 10.47612/2073-4794-2022-15-2(56)-45-55.
7. Fajvishevskij M. L. Osobennosti proizvodstva vlazhnyh zhitovnyh kormov // *Myasnye tekhnologii*. 2020. № 8(212). S. 52-55.
8. Optimal'nye parametry elementov detalej mekhanizma izmel'chatelya pishchevyh produktov / O. V. Islamova, A. Z. Tokov, A. A. ZHilyaev i dr. // *Kachestvo. Innovacii. Obrazovanie*. 2022. № 4(180). S. 23-28. DOI 10.31145/1999-513x-2022-4-23-28.
9. Verbiekij S. B. Materialy i konstrukciya rabochih organov ustanovki dlya tonkogo izmel'cheniya myasnogo syr'ya // *Konstruirovaniye, ispol'zovaniye i nadezhnost' mashin sel'skohozyajstvennogo naznacheniya*. 2021. № 1(20). S. 44-51.
10. Islamova O. V., Tokov A. Z., Ataeva F. A. Energoeffektivnost' - vazhnejshij pokazatel' kachestva pishchevyh izmel'chitelej // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tekhnologij*. 2019. T. 81. № 2(80). S. 56-62. DOI 10.20914/2310-1202-2019-2-56-62.
11. Vliyaniye kombinirovannogo izmel'cheniya na tekhnologicheskie harakteristiki myasnogo farsha / G. B. Bekeshova, N. K. Ibragimov, A. K. Kakimov i dr. // *Vse o myase*. 2022. № 5. S. 32-37. DOI 10.21323/201-2499-2022-5-32-37.
12. Konstruktivnye osobennosti ustrojstv dlya ocenki usiliya rezaniya korneklubneplodov pri ih izmel'chenii / A. I. Ryadnov, O. A. Fedorova, R. V. SHaripov i dr. // *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2022. T. 69. № 1(46). S.38-43.
13. Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Mamahaj A. K. Vybor chastnyh pokazatelej kompleksnoj ocenki effektivnosti ispol'zovaniya izmel'chatelya korneklubneplodov // *Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK*. 2021. T. 68. №4(45). S. 45-50.
14. Smyk K. Volchki dlya izmel'cheniya zamorozhennyh myasnyh blokov // *Myasnye tekhnologii*. 2023. № 6(246). S. 32-33.
15. Moiseev A. V., Berezin M. A. Povysheniye effektivnosti raboty myasorezatel'nyh mashin // *Innovacii. Nauka. Obrazovanie*. 2021. № 47. S. 1958-1963.
16. Morozov N. M. Innovacionnaya tekhnika i cifrovye tekhnologii - vazhnye faktory povysheniya effektivnosti proizvodstva produkcii zhivotnovodstva // *Ekonomika sel'skogo hozyajstva Rossii*. 2018. № 2. S. 15-23.
17. Razrabotka vertikal'noj protirochnoj ustanovki i opredeleniye ee osnovnyh parametrov / A. V. Bogdanov, A. V. Gricenko, M. V. CHeskidov i dr. // *Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii*. 2023. T. 17. № 1. S. 62-69. DOI 10.22314/2073-7599-2023-17-1-62-69.
18. Starunov A. V. Otkor znachimyh faktorov pri issledovanii processa prodavlivaniya navoza cherez perforirovannuyu poverhnost' otdelatelya tverdyh primesej // *Vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki Kazahstana*. 2007. № 8. S. 61-63.
19. Research of ways of preserving the quality of grinded food products in the process of grinding / U. D. Batyrov, P. L. Ataev, O. V. Islamova, et al. // *Proceedings of the 2017 International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies»*. IT and QM and IS 2017. St. Petersburg. 2017. P. 312-314. DOI 10.1109/ITMQIS.2017.8085821.
20. Upgraded rotary cross-shaped food shredder knife / U. D. Batyrov, P. L. Ataev, O. V. Islamova et al. // *Proceedings of the 2017 International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies»*. IT and QM and IS 2017. St. Petersburg. 2017. P. 309-311. DOI 10.1109/ITMQIS.2017.8085820.
21. Food safety knowledge, attitude and practices of meat handlers in Khulna City, Bangladesh / G. Biswas, Md. S. Islam, S. M. M. Rahman et al. // *Theory and Practice of Meat Processing*. 2024. Vol. 9, No. 1. P. 24-31. DOI 10.21323/2414-438X-2024-9-1-24-31.
22. Flow cutters for raw meats: technical / technological features and feasibility of normalization / S. B. Verbytskyi, O. I. Kuts, O. B. Kozachenko et al. // *Science and Education*. 2023. No. S2-2(71). P. 612-620.
23. Prevalence, antibiotic resistance, toxin-typing and genotyping of clostridium perfringens in raw beef meats obtained from Qazvin city, Iran / S. Hassani, B. Pakbin, R. Mahmoudi et al. // *Antibiotics*. 2022. Vol. 11. No. 3. DOI 10.3390/antibiotics11030340.

#### Authors:

Starunov Alexander Vladimirovich – candidate of technical sciences, associate professor, head of the department of technical service of machines, equipment and life safety<sup>1</sup>, e-mail: alex\_starunov68@mail.ru  
 Gritsenko Alexander Vladimirovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Automotive Transport<sup>2</sup>; Professor of the Department of Technical Service of Machines, Equipment and Life Safety<sup>1</sup>; e-mail: alexgrits13@mail.ru  
 Lukin Alexander Anatolyevich – candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical service of machines, equipment and life safety<sup>1</sup>, e-mail: lukin3415@gmail.com  
 Ganenko Sergey Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service of Machines, Equipment and Life Safety<sup>1</sup>, e-mail: serganix@mail.ru  
 Starunova Irina Nikolaevna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Tractors, Agricultural Machines and Agriculture<sup>1</sup>, e-mail: irina.starunova.66@mail.ru

<sup>1</sup>South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk, Russia

<sup>2</sup>South Ural State University, Chelyabinsk, Russia.