

ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ МЕХАТРОННОЙ СОРТИРОВОЧНОЙ МАШИНЫ

К.В. Бабарькин, ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет», аспирант, e-mail: bakosvi@gmail.com;

А.Е. Ерыванов, ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет», аспирант, e-mail: 19tolik92@mail.ru;

О.В. Агеев, ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет», канд. техн. наук, доцент кафедры пищевых и холодильных машин, e-mail: procyon@mail.ru;

Фатыхов Ю.А., ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет», д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой пищевых и холодильных машин, e-mail: elina@klgtu.ru.

Показана актуальность определения качества рыбной продукции по её солёности. Перечислены общие проблемы, связанные с определением солёности и сортировкой рыбы. Приведен основной параметр позволяющий косвенно измерить концентрацию соли в тканях рыбы, и методы его определения. Указаны недостатки существующего оборудования. Предлагается мехатронное устройство для сортировки рыбы по её солёности, его основные элементы и принцип работы. Описан метод лазерного триангуляционного измерителя для определения объёма тушки. В качестве измерителя веса предлагается использовать быстродействующий тензометрический датчик на основе тензорезисторов. Изображены схемы видеокomпьютерного устройства для сортировки рыбы. Указаны преимущества использования предлагаемого оборудования для повышения качества готовой продукции и производительности, а также возможность его использования для сортировки улова по размерам, видам и весовым характеристикам.

Сортировка, рыба, мехатроника, машина

При производстве охлаждённой рыбной продукции предъявляются высокие требования к её качеству. Важнейшим показателем качества солёной рыбы и филе является среднemasсовая концентрация соли в тканях (солёность). В соответствии с международными стандартами, разброс концентрации соли от заданного значения не должен превышать $\pm 0,5\%$. Вместе с тем на солёность готовой продукции влияют вид и жирность рыбы, размер тушек, концентрация тузлука, продолжительность посола, интенсивность циркуляции тузлука. В настоящее время изготовление солёной деликатесной продукции выполняется преимущественно методом прерванного посола в циркулирующем тузлуке. При этом в условиях рыбоперерабатывающих производств величина разброса солёности рыбы составляет от 1,5 до 3%. Это вызвано неравномерностью просаливания, слёживаемостью рыбы в посольных ёмкостях, отсутствием средств контроля параметров посола, колебаниями концентрации тузлука, разбросом морфометрических параметров сырья. Поскольку активный контроль солёности рыбы в процессе её посола в настоящее время затруднён из-за отсутствия надёжных датчиков и значительного количества возмущающих факторов, требуется сортировка готовой продукции по концентрации соли в тканях. Это обусловлено необходимостью направления солёной рыбы на доработку в случае несоответствия показателя качества продукции требованиям стандарта.

Основной проблемой при отбраковке готовой деликатесной продукции является точное определение солёности каждой тушки. Применение методов разрушающего контроля концентрации соли в тканях рыбы (например, титрование) исключается в связи с требованиями сохранности продукта и поточности производства. В связи с этим требуется применение быстродействующего метода для неразрушающего контроля солёности готовой продукции.

Основным параметром, позволяющим измерить концентрацию соли в тканях рыбы, является удельный вес тушки. В процессе посола удельный вес тушек увеличивается за счёт диффузии соли в ткани рыбы. При этом концентрация соли в тушках возрастает, в то время как концентрация тузлука снижается. Таким образом, контроль качества готовой продукции по такому показателю, как солёность, может быть достигнут сортировкой рыбы по удельному весу.

Для определения удельного веса тушки необходимо измерение её объёма и веса. Для отслеживания изменения удельного веса рыбы в процессе посола требуется измерение удельного веса нескольких экземпляров до обработки. Так как удельный вес необработанного одновидового сырья в пределах одной партии практически одинаков, этот параметр используется в качестве начального значения.

В отрасли известно устройство для сортировки рыбы, включающее конвейер, содержащий две ленты, установленные под острым углом одна к другой, а также блок считывания, выполненный в виде телекамеры с полупрозрачным экраном и цветными светофильтрами. Сортирующие механизмы выполнены в виде оси, расположенной перпендикулярно к конвейеру, и сужающейся вниз пластины, установленной на оси с возможностью поворота и регулирования щели между лентами конвейера. Блок анализа и управления соединён с блоком считывания и сортирующими механизмами. Устройство осуществляет сортировку рыбы по размерным фракциям за счёт формирования видеоизображения тушек в блоке считывания, распознавания образа рыбы в блоке анализа и управления, получения информации о геометрической форме и размерах тушек, а также об их окраске и оттенках кожного покрова.

Недостатком устройства является получение плоского видеоизображения тушки рыбы, что не позволяет измерить её объём. Применение в сортирующих механизмах сужающихся вниз пластин, входящих в щель между лентами конвейера, ограничивает максимальные размеры обрабатываемой рыбы шириной пластин и упругостью лент. Кроме того, соприкосновение пластин с лентами конвейера приводит к рывкам в движении рыбы, что вносит определённую погрешность при получении её видеоизображения. В устройстве отсутствует приспособление для контроля прохождения тушки в поле зрения видеокамеры, что обуславливает необходимость постоянного опроса видеокамеры блоком анализа и управления. В устройстве отсутствует приспособление для измерения веса тушек, что не позволяет рассчитывать удельный вес продукта и выполнять сортировку по солёности.

Как показывает проведенный анализ [1], устройство для сортировки целесообразно строить на основе мехатроники. Мехатроника исследует синергетическое объединение механических устройств с электронными, электротехническими и вычислительными компонентами с целью проектирования и производства качественно новых модулей, систем, машин и комплексов машин с интеллектуальным управлением их функциональными движениями. Такой подход является универсальным и применяется в построении машин с качественно новыми характеристиками.

Предлагаемое устройство решает задачу сортировки рыбы по её солёности на основе определения удельного веса тушки рыбы. Это достигается за счёт оснащения устройства датчиком веса и лазерным источником излучения. Блок анализа и управления программируется для вычисления объёма тушки, её удельного веса, а также для формирования команд сортирующему механизму на отвод тушки с конвейера в заданном направлении.

Для достижения необходимого технического результата в устройстве для сортировки рыбы блок считывания оснащён лазерным источником излучения, расположенным над конвейерной лентой и проецирующим на неё лазерную линию, ориентированную перпендикулярно направлению движения рыбы. Под конвейерной лентой закреплен датчик веса, свя-

занный с блоком анализа и управления, который запрограммирован на последовательное вычисление объёма тела рыбы и удельного веса рыбы. Сортирующие механизмы выполнены в виде направляющих заслонок, связанных с шаговыми двигателями, и установлены оппозитно по обеим сторонам конвейера с возможностью поочередного поворота в горизонтальной плоскости над конвейерной лентой для отвода тушки с конвейера в заданном направлении.

В основе принципа работы лазерного триангуляционного измерителя лежит метод определения расстояния между лоцируемым объектом контроля и приемником излучения канала регистрации с использованием тригонометрических соотношений в треугольнике, образованном ветвями каналов подсвета и регистрации изображения, а также расстоянием между ними – базой [2].

Триангуляционный метод измерения формы тела рыбы использует способность сканирующего лазерного луча распространяться в хорошо коллимированной форме на значительное расстояние. В лазерном источнике развертка лазерного луча в линию осуществляется вращающимся зеркалом. Лазерный луч освещает точку на поверхности рыбы, расстояние до которой от лазерного источника необходимо измерить. Отражённое от исследуемой точки излучение попадает в видеодатчик, выполненный в виде видеокамеры, которая установлена на некотором расстоянии от лазерного луча. При этом лазерный источник, точка на поверхности рыбы и видеодатчик образуют треугольник.

Объектив видеокамеры фокусирует отраженный свет на фоточувствительной матрице. Положение яркого пятна на матрице определяется направлением входящего луча, соответствующим углу между лазерным лучом и отраженным светом. За счёт этого вычисляется расстояние от лазерного источника до облучаемой точки на поверхности рыбы.

Поскольку обеспечивается развертка лазерного луча вращающимся зеркалом, тушка рыбы освещается лазерной линией, причём на фоточувствительной матрице видеокамеры формируется двумерное изображение светового профиля тела рыбы. Развертка сканирующего излучения по третьей координате вдоль тела рыбы является механической, так как тушка рыбы перемещается конвейером, и пересекает лазерную линию. За счёт этого осуществляется формирование трехмерного образа тела рыбы по последовательности световых профилей [2].

Наличие блока анализа и управления, выполненного в виде микроЭВМ, позволяет рассчитать методом триангуляции размеры тела рыбы по видеоизображению светового профиля тушки, сформировать трехмерный образ рыбы, рассчитать объём тела рыбы, вычислить удельный вес рыбы по объёму и весу тушки, а также сформировать управляющие команды для шаговых двигателей. Программа микроЭВМ дает возможность на основании информации об удельном весе рыбы осуществлять автоматическую сортировку тушек на три фракции, которые соответствуют качественному продукту, а также изделиям с недостаточной и повышенной солёностью [3].

Режим работы направляющих заслонок характеризуется как режим поворота или порционирования вала шаговых двигателей. Таким образом, цель состоит в обеспечении строгой пропорциональности между суммарным углом поворота и числом поданных импульсов, т.е. в исключении накапливаемой ошибки. При этом закон движения во времени и фазовая траектория движения произвольны. Внутри интервала движения не устанавливается определенного соответствия между мгновенным положением исполнительного вала и номером или моментом подачи каждого управляющего импульса. Динамическая ошибка лимитируется только условиями сохранения устойчивости движения. Подобным требованиям отвечает разомкнутый электропривод на основе шагового двигателя [4].

Разомкнутый шаговый электропривод непосредственно реагирует на импульсные команды, причем информационная характеристика сигнала определяется только частотой и числом импульсных посылок. Изменения в определенных пределах амплитуды и формы импульса не нарушают нормальной работы. Скорость вращения и суммарный угол поворота вала двигателя пропорциональны соответственно частоте и числу поданных импульсов. При отсутствии сигнала коммутация фаз прекращается, поле в рабочем зазоре двигателя ос-

танавливается, а шаговый двигатель развивает значительный статический момент (синхронизирующий момент). Это позволяет приводу фиксировать конечные координаты любых перемещений. Таким образом, дискретный разомкнутый привод с шаговым двигателем является синхронно-импульсным следящим приводом, сочетающим в себе возможности глубокого частотного регулирования скорости с возможностями числового задания пути и надежной фиксации конечных координат.

В качестве измерителя веса используется быстродействующий тензометрический датчик на основе тензорезистора. При измерении веса рыбы измеряемой механической величиной является сила, которая воздействует на упругий элемент тензометрического датчика, вызывая его деформацию в пределах диапазона измерений, пропорциональную этой силе [5].

На рисунке 1 представлена схема предлагаемого устройства для сортировки рыбы.

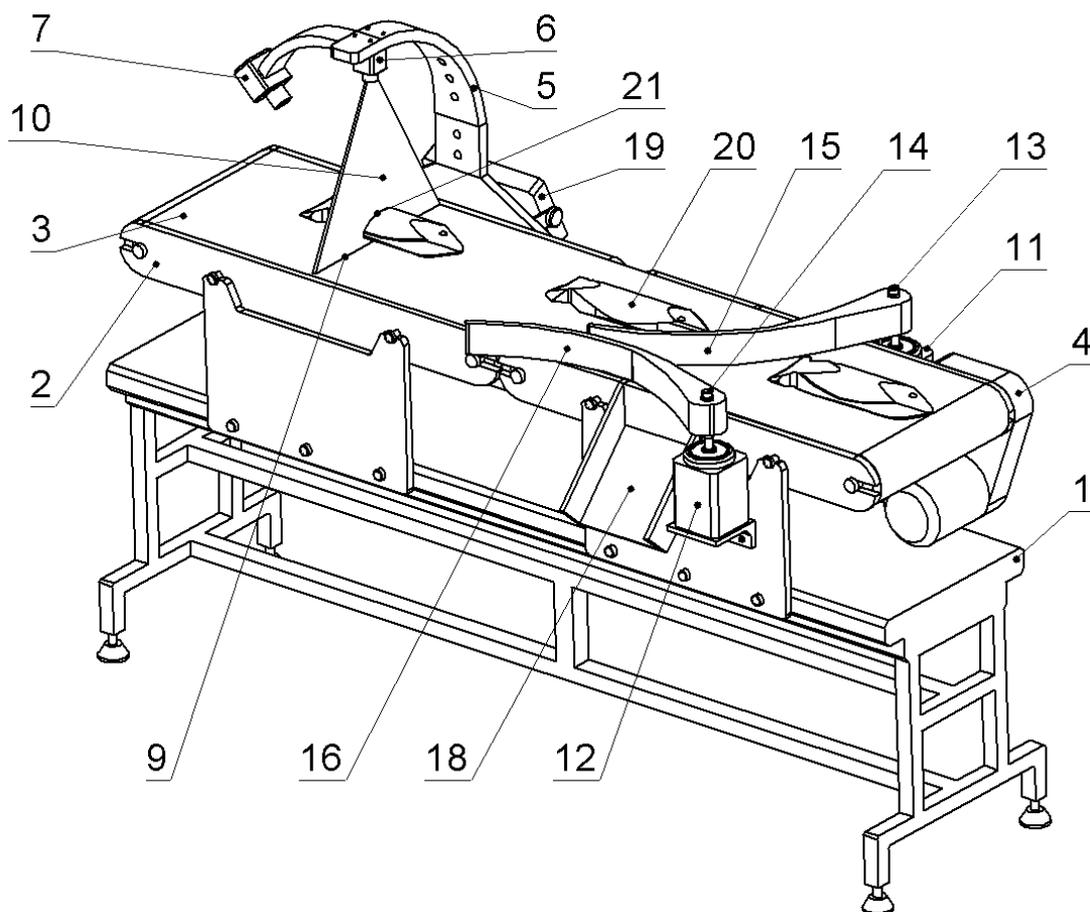


Рисунок 1 - Схема видеокомпьютерного устройства для сортировки рыбы

На рисунке 2 представлена схема предлагаемого устройства для сортировки рыбы без ленты конвейера.

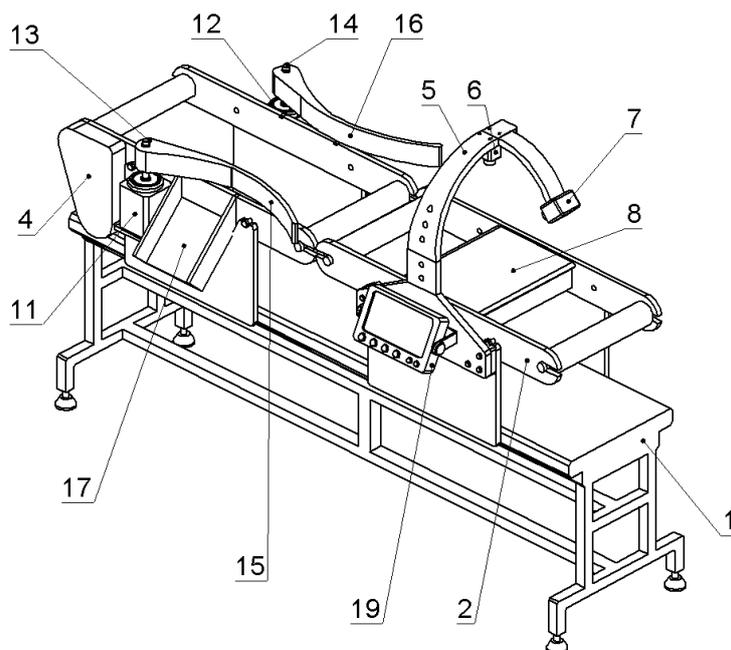


Рисунок 2 - Схема видеокомпьютерного устройства для сортировки рыбы без ленты конвейера

На схемах приняты следующие обозначения: 1 – опорная стойка; 2 – конвейер; 3 – лента; 4 – привод; 5 – кронштейн; 6 – лазерный источник излучения; 7 – видеокамера; 8 – датчик веса; 9 – лазерная линия; 10 – плоскость лазерного излучения; 11, 12 – шаговый двигатель; 13, 14 – вал шагового двигателя; 15, 16 – направляющая заслонка; 17, 18 – лоток отвода рыбы; 19 – блок анализа и управления; 20 – тушка рыбы; 21 – световой профиль тушки.

В предлагаемом техническом решении повышение точности и производительности сортировки рыбы по удельному весу, автоматизация операции сортировки осуществляются за счёт получения трехмерного образа рыбы, формируемого из видеоизображения светового профиля тушки. Световой профиль тушек образуется лазерной линией, проецируемой на поверхность тела рыбы лазерным источником излучения. По мере перемещения тушки через лазерную линию световой профиль рыбы изменяется, поскольку размеры тела рыбы в различных секущих плоскостях различаются. Последовательность световых профилей тушки, записанных видеокамерой через определённые промежутки времени, формируют трехмерный образ рыбы. На основе трехмерного образа рыбы вычисляется объём её тела. Датчик веса позволяет измерить вес тушки, что в совокупности с вычисленным объёмом тела позволяет рассчитать удельный вес рыбы, в зависимости от которого выполняется автоматическая сортировка продукции. Применение шаговых двигателей с закреплёнными на их валах направляющими заслонками позволяет существенно повысить производительность устройства и автоматизировать сортировку рыбы по удельному весу.

Разработка видеокомпьютерного устройства создает реальную основу для повышения качества готовой продукции и производительности оборудования. Вместе с тем предлагаемое изделие может использоваться для сортировки улова по размерам, видам и весовым характеристикам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фатыхов Ю.А. Мехатроника в рыбообработочном оборудовании: монография / Ю.А. Фатыхов, О.В. Агеев. – Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ», 2008. – 279 с.
2. Фатыхов Ю.А. Разработка средств лазерной локализации для мехатронного оборудования пищевых производств / Ю.А. Фатыхов, О.В. Агеев // Электронный научный журнал Института холода и биотехнологий. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств [Элек-

тронный ресурс]. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2013. – №1 (март). – Шифр: Эл № ФС77-33458. – Режим доступа: <http://processes.open-mechanics.com/articles/706.pdf>

3. Агеев О.В. Разработка видеокomпьютерного модуля для мехатронного комплекса первичной обработки рыбы / О.В. Агеев, Ю.А. Фатыхов // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2014. – № 34. – С. 113-126.

4. Фатыхов Ю.А. Перспективы применения цифрового электропривода в мехатронном разделочно-филетировочном оборудовании / Ю.А. Фатыхов, О.В. Агеев // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2012. – № 27. – С. 11-19.

5. Фатыхов Ю.А. Разработка весоконтрольного модуля для мехатронного комплекса порционирования пищевых продуктов / Ю.А. Фатыхов, О.В. Агеев // Электронный научный журнал Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств [Электронный ресурс]. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2014. – № 3 (21). – Шифр: Эл № ФС77-55245. – Режим доступа: <http://processes.ihbt.ifmo.ru/file/article/10460.pdf>.

6. Агеев О.В. Пути совершенствования оборудования для первичной обработки рыбы на основе мехатроники / О.В. Агеев [и др.] // Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли: материалы междунар. науч.-техн. конф. / ФГБОУ ВПО “Дальрыбвтуз”. – Владивосток: Изд-во ФГБОУ ВПО “Дальрыбвтуз”, 2014. – С. 231-236.

7. Агеев О.В. Подход к разработке весоконтрольного автомата на основе методов и средств тензометрии / О.В. Агеев, Ю.А. Фатыхов // Известия Калининградского государственного технического университета. – 2014. – № 35. – С. 106-119.

8. Агеев О.В. Разработка модуля обезглавливания для мехатронного комплекса по первичной обработке рыбы / О.В. Агеев, Ю.А. Фатыхов // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: материалы междунар. науч.-техн. конф. – В 2-х частях / ФГБОУ ВПО “ВГУИТ”. – Воронеж: Изд-во ФГБОУ ВПО “ВГУИТ”, 2014. – Часть 2. – С. 240-246.

APPROACH TO DEVELOPMENT OF MECHATRONIC SORTING MACHINES

Babarykin K.V., Kaliningrad State Technical University, post-graduate student, e-mail: bakosvi@gmail.com;

Eryvanov A.E., Kaliningrad State Technical University, post-graduate student, e-mail: 19tolik92@mail.ru;

Ageev O.V., Ph.D., Kaliningrad State Technical University, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor assistant professor, e-mail: procyon@mail.ru;

Fatykhov Y.A., Kaliningrad State Technical University, Dr.Sc., professor, head of the department food and refrigerators, e-mail: elina@klgtu.ru.

The urgency of determining the quality of fish products in its salinity. Identify common problems associated with the method of salinity and sorting fish. The basic parameters, which allows to measure the salt concentration in the tissues of fish and methods for its determination. It shows a device currently used in the industry. Disadvantages of the existing equipment. It proposed mechatronic device for sorting the fish by its salinity, its main elements and principles of operation. It describes in detail the method of laser triangulation gauge to determine the scope of the carcass. As a measure of weight is proposed to use a high-speed strain gage based sensor. A diagram of video-computer device for sorting the fish. Summarizes the advantages of the proposed equipment to improve product quality and productivity, as well as the possibility of using it to sort of catch size, type and weight characteristics.

Sort, fish, mechatronics, machine