

ПОСТРОЕНИЕ МЕХАТРОННОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ПОРЦИОНИРОВАНИЯ РЫБНЫХ ИЗДЕЛИЙ БЫСТРОХОДНЫМ ЛЕНТОЧНЫМ НОЖОМ

А.Е. Савельичев, студент

artsavk@yandex.ru

Н.В. Самойлова, аспирантка

procyon@mail.ru

О.В. Агеев, канд. техн. наук, доцент

oleg.ageev@klgtu.ru

Ю.А. Фатыхов, д-р техн. наук, профессор

elina@klgtu.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Предлагается конструкция мехатронной машины для порционирования рыбных изделий. Машина снабжена измерительным приспособлением, включающим источник лазерного излучения и фотоприёмник, установленные оппозитно по обе стороны подающего конвейера и связанные с управляющим блоком. В качестве режущего элемента использован быстроходный замкнутый ленточный нож, смонтированный на двух шкивах. Полотно ножа ориентировано параллельно плоскости перемещения продукта и под косым углом к направлению перемещения продукта. Управляющий блок связан с приводом ножа, соединенным с ведущим шкивом. Машина обеспечивает качественную резку рыбного изделия на пласт, что позволяет исключить трудоёмкие операции ручной обработки, улучшить потребительские качества готового рыбного продукта.

мехатроника, рыба, нож, порционирование, пласт, лазер

Экономически выгодным является изготовление порционированных рыбных изделий, нарезанных на тонкие кусочки. Наиболее привлекательными и доступными для потребителей являются пласты, имеющие малую толщину, небольшой вес и максимальные размеры. В таком случае вес порций определяется их толщиной. Пласты при этом должны по возможности сохранять форму исходного рыбного продукта, что позволяет удовлетворить запросы к внешнему виду товара со стороны более широких групп потребителей. Кроме того, такие пласты с наибольшей площадью поверхности являются оптимальными для дальнейшей вкусовой обработки [1].

Основными проблемами реализации процесса машинной нарезки рыбных продуктов являются следующие:

- обеспечение высокой точности разрезания изделий на пласт;
- обеспечение привлекательного внешнего вида, заданной толщины и максимальных размеров;
- обеспечение рационального разрезания при условии экономного использования ценного мяса за счёт расчёта оптимальной траектории движения сырья относительно режущего инструмента [2].

С целью изготовления пластов заданной толщины с наиболее привлекательным для потребителя внешним видом, исходное сырьё должно разрезаться послойно путём выполнения горизонтальных разрезов, параллельных прямолинейному направлению перемещения сырья.

Существенными недостатками известных машин для нарезки является то, что в них режущим приспособлением образуются только скошенные и криволинейные поверхности

реза. Отсутствует возможность резания на пласт с формированием прямолинейной поверхности реза, параллельной плоскости перемещения сырья. В машинах зачастую отсутствуют измерительные приспособления для получения информации о размерах продукта, позволяющие осуществлять рациональную нарезку на пласт заданной толщины в зависимости от толщины исходного сырья. Применение в машине дискового ножа с невысокой скоростью вращения не дает возможности обеспечить требуемое качество поверхности реза, поскольку увеличение скорости вращения приводит к существенному возрастанию боковых сил сопротивления резанию. Значительная толщина дискового ножа не позволяет выполнить режущую кромку с достаточно острым углом заточки. Это существенно ограничивает возможности машин для изготовления пластов с требуемыми потребительскими качествами и создаёт трудности для экономичного использования сырья.

Предлагаемая мехатронная машина позволяет выполнять нарезку продукта на пласти заданной толщины в плоскостях, параллельных плоскости транспортирования. При этом улучшается качество поверхности срезов за счёт применения измерительного приспособления, режущего элемента в виде замкнутого ленточного ножа и разделения транспортировочного приспособления на подающий и операционный конвейеры. Качество поверхности срезов улучшается за счёт увеличения скорости движения замкнутого ленточного ножа относительно сырья. Поскольку полотно ленточного ножа имеет малые ширину и толщину, можно существенно повысить скорость его движения практически без увеличения сил сопротивления резанию.

Предлагаемая машина содержит транспортировочное приспособление для перемещения продукта, управляющий блок, связанный с режущим приспособлением, включающим режущий элемент, который выполняет разделительные резы. Транспортировочное приспособление выполнено в виде подающего и операционного конвейеров, снабженных отдельными приводами, связанными с управляющим блоком, а операционный конвейер дополнительно оборудован связанными с управляющим блоком подъемниками для изменения и фиксации своего положения в вертикальной плоскости.

Машина снабжена измерительным приспособлением, включающим источник лазерного излучения и фотоприёмник, установленные оппозитно по обе стороны подающего конвейера и связанные с управляющим блоком. В качестве режущего элемента использован замкнутый ленточный нож, установленный на двух шкивах, причем полотно ножа ориентировано параллельно плоскости перемещения продукта и под косым углом к направлению перемещения продукта, а управляющий блок связан с приводом ножа, соединенным с ведущим шкивом.

Применение быстрходного ленточного ножа, режущая кромка которого расположена под углом к направлению движения рыбного продукта, существенно снижает усилие резания и повышает качество реза. Одновременное движение полотна ленточного ножа по замкнутой кривой на приводимых во вращение шкивах и прямолинейное движение сырья на транспортировочном приспособлении, т. е. одновременное встречное движение режущего элемента и разрезаемого материала, обеспечивают скользящее резание, которое наиболее эффективно с точки зрения энергозатрат и качества поверхности реза. Это позволяет увеличить скорость резания, что резко снижает удельные нагрузки и затраты энергии, а также создаёт условия для постоянной зачистки режущего элемента с повышением коэффициента его использования. Промышленные исследования показывают, что оптимальная толщина полотна ленточного ножа находится в промежутке 0,15–0,30 мм, а ширина полотна должна быть по возможности малой для снижения сил сопротивления на гранях [3].

На рисунках 1–4 приведены схемы предлагаемой машины. На схемах приняты следующие обозначения: 1 – подающий конвейер; 2 – операционный конвейер; 3 – опорная рама; 4 – регулируемая опора; 5 – управляющий блок; 6 – привод подающего конвейера; 7 – привод операционного конвейера; 8 – кронштейн; 9 – привод ленточного ножа; 10 – ведущий шкив; 11 – ведомый шкив; 12 – ленточный нож; 13, 14, 15, 16 – подъёмники; 17 – источник лазерного излучения; 18 – фотоприёмник; 19 – лазерный луч; 20 – продукт; 21 – пласт.

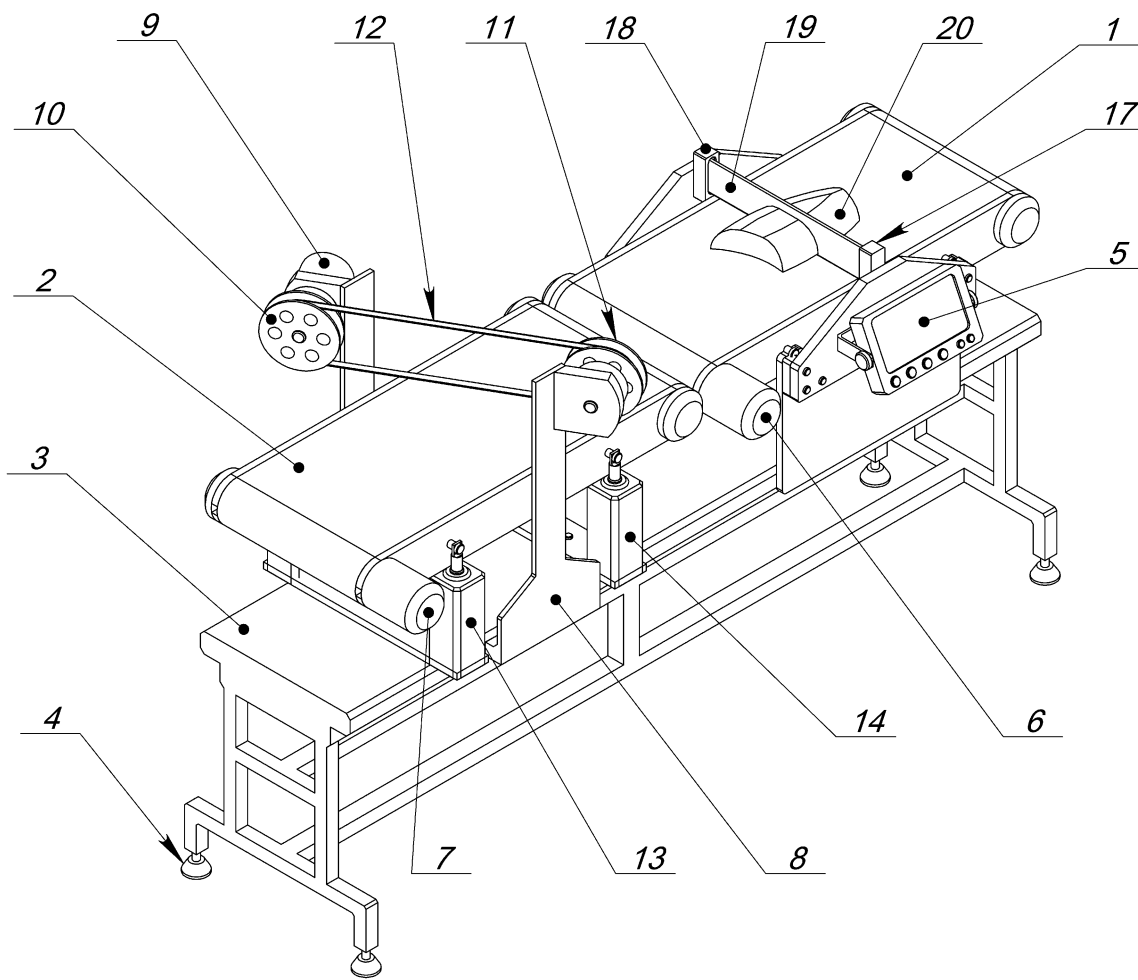


Рисунок 1 – Мехатронная машина для порционирования рыбных изделий, общий вид

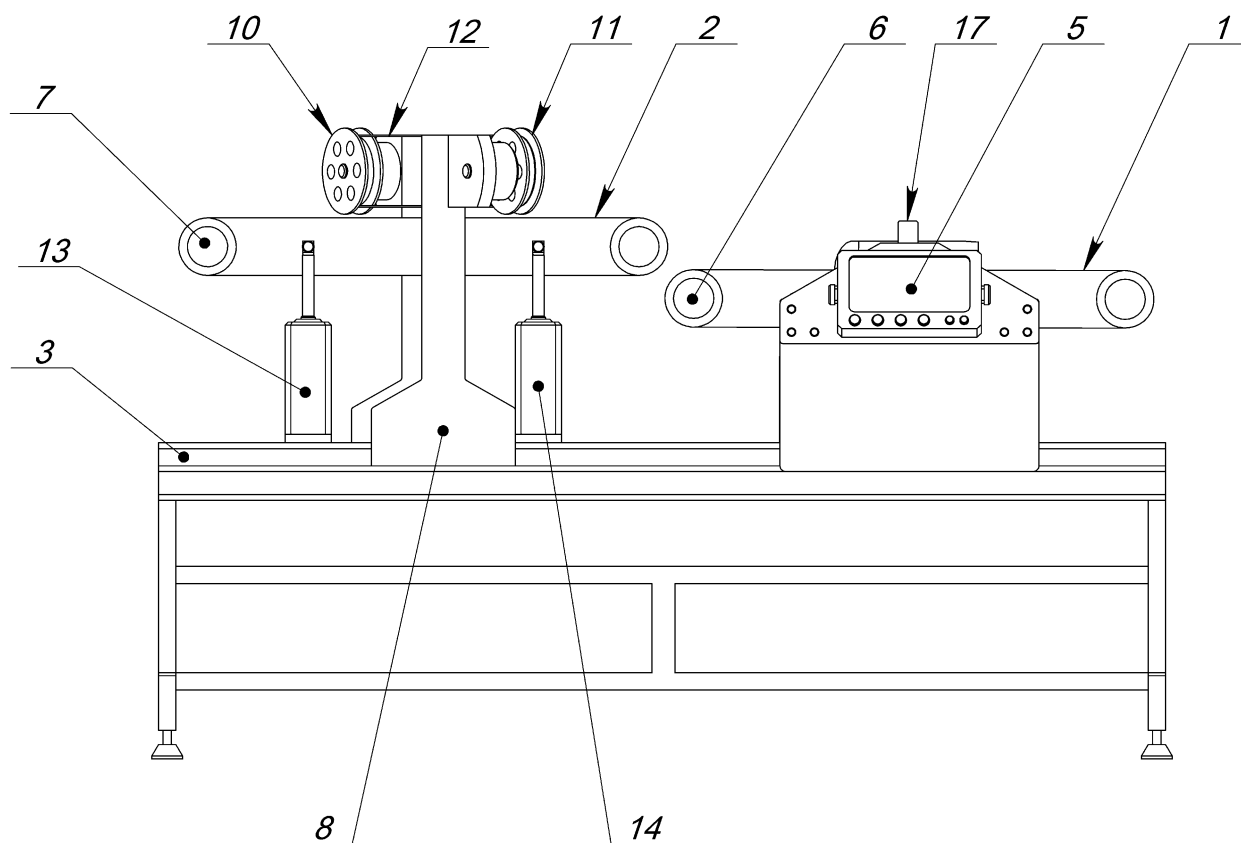


Рисунок 2 – Мехатронная машина для порционирования рыбных изделий, вид справа

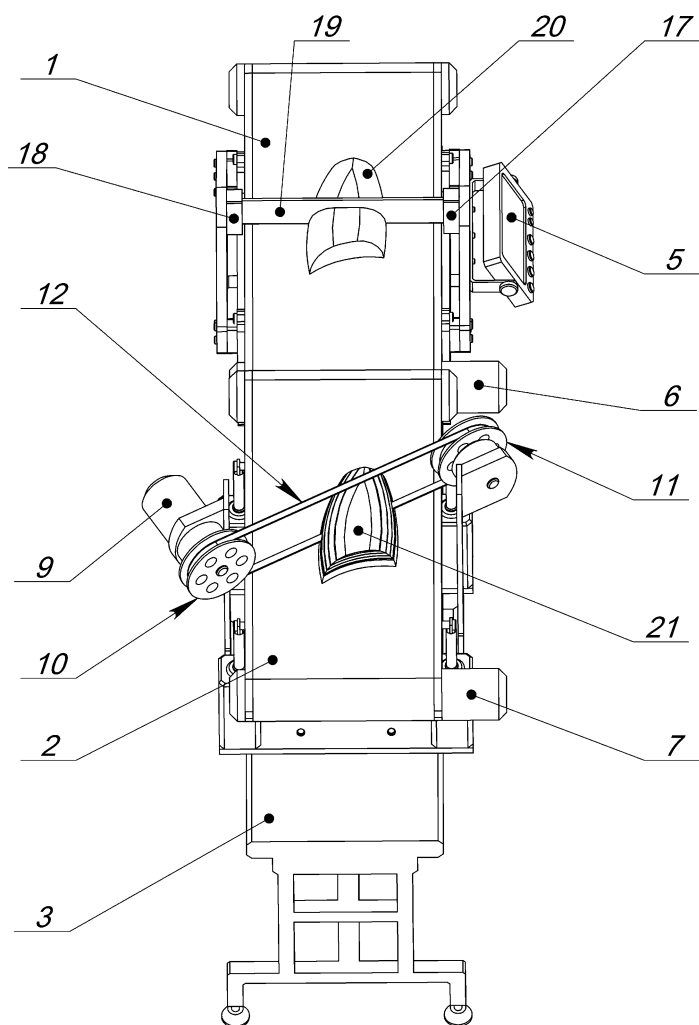


Рисунок 3 – Мехатронная машина для порционирования рыбных изделий, вид сверху

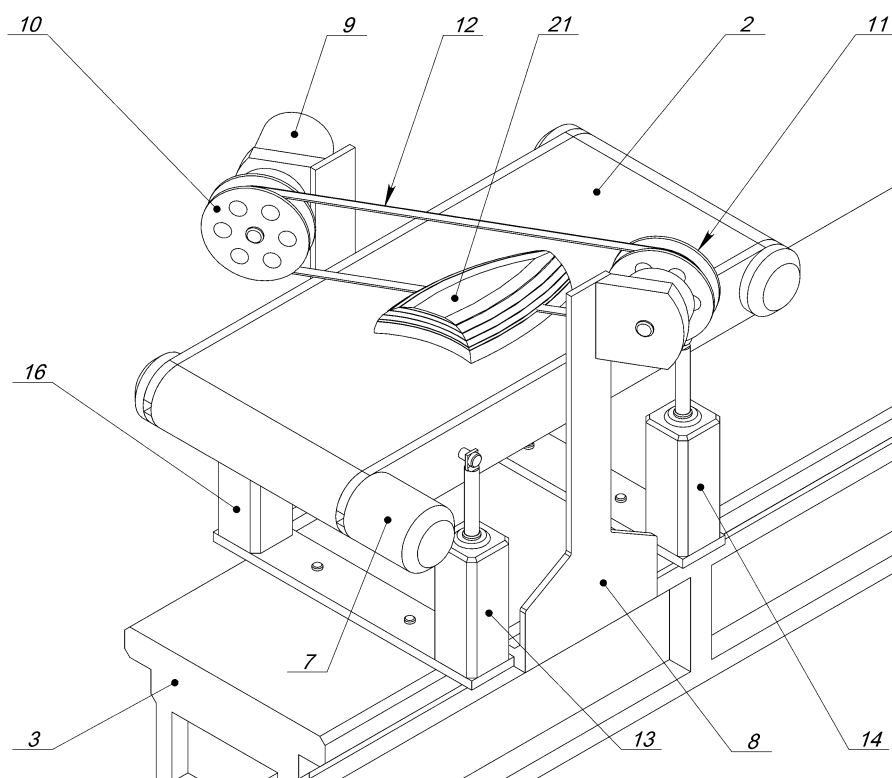


Рисунок 4 – Схема режущего приспособления

В машине нарезка продукта обеспечивается за счёт введения в транспортировочное приспособление операционного конвейера, снабжённого подъемниками, соединёнными с управляющим блоком, а также благодаря конструкции режущего приспособления, включающего бесконечный ленточный нож, полотно которого установлено параллельно плоскости перемещения продукта. Использование измерительного приспособления, состоящего из источника лазерного излучения и фотоприёмника, позволяет получать информацию о размерах каждого продукта и передавать полученные данные в управляющее приспособление для определения рационального варианта разрезания продукта, учитывая заданную толщину пласта [4, 5]. Улучшение качества поверхности среза продукта достигается за счёт установки под углом к направлению перемещения продукта режущей кромки ленточного ножа, приводимого в движение ведущим шкивом, благодаря чему обеспечивается режим скользящего резания. Одновременное встречное движение под углом режущего элемента и разрезаемого продукта обеспечивает снижение нагрузок на нож. Это позволяет увеличить скорость резания, улучшить качество поверхности среза, а также продлить срок службы режущего элемента.

В предлагаемой машине для нарезки рыбного продукта подающий конвейер 1 соединён с неподвижной опорной рамой 3. Опорная рама 3 установлена на регулируемых опорах 4. На опорной раме 3 закреплён управляющий блок 5, связанный с приводом подающего конвейера 6, а также приводом операционного конвейера 7. Привод операционного конвейера 7 соединён с операционным конвейером 2, а привод подающего конвейера 6 – с подающим конвейером 1. Кронштейн 8 соединён с опорной рамой 3. На кронштейне 8 закреплены привод ленточного ножа 9, ведущий шкив 10 и ведомый шкив 11. Привод ленточного ножа 9 соединён с ведущим шкивом 10. На ведущем шкиве 10 и ведомом шкиве 11 установлен ленточный нож 12. На опорной раме 3 закреплены подъёмники 13, 14, 15, 16, на которых установлен операционный конвейер 2. Привод ленточного ножа 9 и подъёмники 13, 14, 15, 16 соединены с управляющим блоком 5. По сторонам подающего конвейера 1 оппозитно установлены источник лазерного излучения 17 и фотоприёмник 18, связанные с управляющим блоком 5.

При запуске машины управляющий блок 5 подаёт команды включения на привод подающего конвейера 6, привод операционного конвейера 7, привод ленточного ножа 9, а также включает источник лазерного излучения 17. Привод подающего конвейера 6 приводит в движение подающий конвейер 1, привод операционного конвейера 7 – операционный конвейер 2. Привод ленточного ножа 9 приводит во вращение ведущий шкив 10, передающий движение на ведомый шкив 11 посредством ленточного ножа 12, вследствие чего рабочая нижняя режущая кромка ленточного ножа 12 приводится во встречное движение относительно продукта 20.

Источник лазерного излучения 17 проецирует на фотоприёмник 18 лазерный луч 19. Продукт 20 укладывается на перемещающуюся поверхность подающего конвейера 1 и передвигается к измерительному приспособлению, состоящему из источника лазерного излучения 17 и фотоприёмника 18.

Продукт 20 при движении между источником лазерного излучения 17 и фотоприёмником 18 частично перекрывает лазерный луч 19. Вследствие этого высота лазерного луча 19, попадающего на фотоприёмник 18, сокращается на значение, соответствующее толщине продукта 20, а время перекрытия лазерного луча 19 соответствует длине продукта 20 при постоянной скорости подающего конвейера 1. Информация о толщине и длине продукта 20 передается из фотоприёмника 18 в управляющий блок 5, который в зависимости от требуемой толщины пласта 21 рассчитывает координаты линий резания, а также траекторию перемещения операционного конвейера 2.

Далее продукт 20 передаётся на операционный конвейер 2, после чего управляющий блок 5 подаёт команду останова на привод подающего конвейера 6 и на привод операционного конвейера 7. Подающий конвейер 1 и операционный конвейер 2 останавливаются.

Затем управляющий блок 5 подаёт управляющие команды на подъёмники 13, 14, 15, 16, которые поднимают операционный конвейер 2 на заданную высоту. При этом расстояние между поверхностью операционного конвейера 2 и нижней кромкой ленточного ножа 12 составляет разность между толщиной продукта 20 и толщиной первого пласта 21. После поднятия операционного конвейера 2 с продуктом 20 на заданную высоту управляющий блок 5 подаёт команду включения на привод операционного конвейера 7, приводящий в движение операционный конвейер 2. Операционный конвейер 2 перемещает продукт 20 навстречу движущейся нижней кромке ленточного ножа 12. Нижняя кромка ленточного ножа 12 врезается в ткани продукта 20 под углом к направлению движения продукта 20, благодаря чему осуществляется скользящее резание мяса. Ленточный нож 12 срезает пласт 21 с заданной толщиной по всей длине продукта 20. После срезания пласта 21 управляющий блок 5 подаёт команду останова на привод операционного конвейера 7, а на подъёмники 13, 14, 15, 16 – команды для опускания операционного конвейера 2 на уровень подающего конвейера 1.

После опускания подъёмниками 13, 14, 15, 16 операционного конвейера 2 управляющий блок 5 подаёт команду на привод операционного конвейера 7. Привод операционного конвейера 7 перемещает операционный конвейер 2 в противоположном направлении, за счёт чего продукт 20 со срезанным пластом 21 возвращается в исходное положение перед резанием. Далее управляющий блок 5 подаёт на привод операционного конвейера 7 и на подъёмники 13, 14, 15, 16 управляющие команды, в результате чего операционный конвейер 2 останавливается, а подъёмники 13, 14, 15, 16 поднимают его на высоту, превышающую высоту предыдущего подъёма на толщину второго пласта.

После этого по команде управляющего блока 5 привод операционного конвейера 7 приходит в движение, благодаря чему продукт 20 перемещается навстречу режущей кромке ленточного ножа 12, срезающего второй пласт. После срезания второго пласта 20 нож повторно возвращается в исходное положение. Таким образом, по командам управляющего блока 5, поступающим на привод операционного конвейера 7 и подъёмники 13, 14, 15, 16, повторяется цикл обработки.

Цикл обработки по программе управляющего блока 5 включает следующие операции: подъём операционного конвейера 2 с продуктом 20 на высоту, превышающую высоту предыдущего подъёма на толщину очередного срезаемого пласта 21; движение операционного конвейера 2, перемещающего продукт 20 навстречу режущей кромке ленточного ножа 12; срезание ленточным ножом 12 очередного пласта; останов операционного конвейера 2; опускание операционного конвейера 2 на уровень подающего конвейера 1; движение операционного конвейера 2 в противоположном направлении для перемещения продукта 20 в исходное положение; останов операционного конвейера 2. После нарезания продукта 20 на требуемое количество пластов с заданной толщиной цикл обработки завершается, а нарезанные пласты продукта выводятся из машины операционным конвейером 2. После этого машина готова к приёму следующего продукта 20.

Машина обеспечивает качественную резку рыбного продукта на пласт, что позволяет исключить трудоёмкие операции ручной обработки, улучшить потребительские качества готового продукта, а также сократить количество персонала на производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев, О.В. Совершенствование технологического оборудования для первичной обработки рыбы: опыт, проблематика, системный подход: моногр. / О.В. Агеев, Ю.А. Фатыхов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. – 261 с.

2. Наумов, В.А. Моделирование процесса погружения дискового ножа в пищевой материал при резании / В.А. Наумов, О.В. Агеев, Ю.А. Фатыхов // Электронный научный журнал Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики. Серия: Процессы и аппараты пищевых произ-

водств [Электронный ресурс]. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2017. – № 2(32). – Шифр: ЭЛ № ФС77–55245. – Режим доступа: http://openbooks.ifmo.ru/read_processes/16842/16842.pdf.

3. Математическое моделирование сил нормального контактного давления на наклонные грани ножа при резании рыбы / О.В. Агеев [и др.] // Известия КГТУ. – 2017. – № 47. – С. 80–96.

4. Агеев, О.В. Разработка видеокomпьютерного модуля для мехатронного комплекса первичной обработки рыбы / О.В. Агеев, Ю.А. Фатыхов // Известия КГТУ. – 2014. – № 34. – С. 113–126.

5. Агеев, О.В. Применение видеокomпьютерной техники для исследования морфо-метрических параметров рыбы (Ч. 1. Разработка аппаратного обеспечения видеокomпьютерного устройства) / О.В. Агеев, Ю.А. Фатыхов // 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, 2015. – № 1 (23). – Шифр: ЭЛ № ФС77–55245. – Режим доступа: <http://processes.ihbt.ifmo.ru/file/article/11452.pdf>.

CONSTRUCTION OF THE MECHATRONIC MACHINE FOR PORTIONING OF FISH PRODUCTS BY HIGH-SPEED BAND KNIFE

A.E. Savelychev, student
artsavk@yandex.ru

N.V. Samojlova, post-graduate student
procyon@mail.ru

O.V. Ageev, Candidate of technical sciences, Assistant Professor
oleg.ageev@klgtu.ru

Ju.A. Fatykhov, Doctor of technical sciences, Professor
elina@klgtu.ru

Kaliningrad State Technical University

The construction of a mechatronic machine for portioning fish products is proposed. The machine is equipped with a measuring device that includes a laser source and a photodetector installed oppositely on both sides of the feeding conveyor and connected to the control unit. A high-speed endless band knife mounted on two pulleys is used as the cutting element. The knife blade being oriented parallel to the product moving plane and at an oblique angle to the product moving direction. The control unit is connected to the blade drive connected to the drive pulley. The machine provides high-quality cutting of the fish product to the layer, which allows eliminating labor-consuming manual processing operations, improving the consumer qualities of the finished fish product.

mechatronics, fish, knife, portioning, layer, laser