



ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОРИЕНТИРОВАНИЯ И ЗАГРУЗКИ РЫБЫ НА ОСНОВЕ МЕХАТРОНИКИ

А.Е. Ерыванов, аспирант,
Eanatoliy.eryvanov@klgtu.ru

Н.В. Самойлова, аспирантка,
procyon@mail.ru

О.В. Агеев, канд. техн. наук, доцент,
oleg.ageev@klgtu.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Предлагается мехатронное устройство для поштучной загрузки рыбы, включающее подводящий и загрузочный конвейеры, улавливающее приспособление с улавливающим элементом, измерительное приспособление и вычислитель. Устройство имеет параллельную кинематику и обеспечивает качественную загрузку рыбы в рыбообрабатывающие машины, что позволяет исключить трудоёмкие операции визуальной инспекции и ручной укладки сырья, а также сократить количество персонала на производстве. Производительность при загрузке рыбы с использованием предлагаемого устройства увеличивается в 3 раза. Количество тушек рыбы, требующих ручной ориентации, сокращается на 80%.

загрузка рыбы, ориентирование, мехатроника, гексапод, механизм параллельной структуры, конструкция, машина

Процесс загрузки рыбы оказывает существенное влияние на работу всего комплекса машин, обрабатывающих рыбу. Низкая надежность загрузочных устройств сдерживает автоматизацию процессов ее обработки. Ручная загрузка сырья ограничивает производительность рыбообрабатывающих машин. Существующие отечественные и зарубежные загрузочные устройства, которыми оснащены рыбокомбинаты, зачастую работают ненадежно, а их производительность ниже расчетной. Опыт эксплуатации существующих конструкций показывает, что надежность работы загрузочных устройств, прежде всего, определяется физическим принципом действия рабочих органов [1].

Одновременно, при загрузке рыбы требуется правильное ориентирование ее головой в одну сторону. Но форма тела рыбы, ее размеры, коэффициенты трения и упругоэластические свойства колеблются в широких пределах. Ориентирование рыбы представляет собой сложную задачу, поскольку на его правильность влияют колебания ее формы и физических свойств, осложняющие процесс загрузки. Вследствие этого резко ограничено количество надежных и производительных способов загрузки, пригодных для рыбы. Сложная форма рыбы оказывается серьезным препятствием в разработке надежных накопителей. Кроме того, разработка загрузочных устройств осложняется низким пределом прочности рыбы, составляющим 3–8 Н/см². Тушки легко повреждаются рабочими органами оборудования, в связи с чем многие средства, повышающие вероятность ориентирования и заполнения накопителя, не могут быть использованы при загрузке рыбы.

Основными проблемами реализации процесса загрузки рыбы являются следующие [2]:

– предотвращение повреждений рыбы и изменения ее физических свойств. Механические напряжения, создаваемые рабочими органами в рыбе, не должны превышать 0,1 от предельных значений. Грани рабочих органов должны быть скруглены и выполнены из немаetalлических материалов. Поверхности рабочих органов следует тщательно зачистить и отполировать;

– предотвращение застревания рыбы в рабочих органах загрузочного устройства. Хвост, плавники, жаберные крышки, обладая острыми и эластичными кромками, легко проникают в щели и застревают в них, препятствуя движению потока;

– рабочие органы загрузочных устройств не должны сильно загрязняться, но должны быть доступны для санитарной обработки и устойчивы к воздействию воды.

К недостаткам известных машин следует отнести низкую производительность, невысокую надёжность загрузки рыбы, возможность повреждения тушек рабочими органами.

При движении рыбы по вибрирующим желобам некоторые экземпляры не успевают ориентироваться головой вперед, что приводит к застреванию рыбы в сужающихся желобах. Известные устройства имеют сложную кинематическую схему, а управление рабочими органами осуществляется копировально-кулачковыми механизмами, что обуславливает значительную материалоемкость, низкую производительность и высокий уровень шума при работе [3].

Предлагаемое мехатронное устройство решает задачи повышения производительности устройства для загрузки рыбы в рыбообрабатывающие машины с одновременным отбором из поступающего сырья полноценных неповрежденных тушек. Это достигается за счет использования более точного и быстродействующего улавливающего приспособления для переноса тушек рыбы, а также использования в качестве измерительного приспособления прибора для получения видеоизображения рыбы.

В улавливающем приспособлении для регулировки улавливающего элемента предлагается использовать механизм параллельной структуры, основными достоинствами которого являются лучшая грузоподъёмность, большая точность позиционирования рабочего органа, более высокая жесткость системы, высокие скорости и ускорения рабочего органа, высокая степень унификации мехатронных узлов.

Устройства, основанные на механизме параллельной структуры, обладают следующими преимуществами:

- значительно меньшая масса подвижных частей и постоянство их массы;
- упрощение конструкции, значительное уменьшение количества узлов и общего количества деталей;
- штанги работают только на растяжение-сжатие при отсутствии изгибающих нагрузок;
- высокая жесткость несущей системы устройства;
- упрощение сборки устройства.

Наиболее эффективным механизмом параллельной структуры является так называемый гексапод, обеспечивающий шесть степеней свободы. В отличие от традиционных многокоординатных последовательных систем, в которых погрешности по каждой из осей суммируются, погрешности в механизмах параллельной структуры могут взаимно компенсироваться, что обеспечивает высокую точность позиционирования. Кроме того, центр вращения гексапода может оставаться постоянным во время его перемещения. Жёсткое соединение концов штанг обеспечивает отсутствие «мёртвого хода», а также повышенную жёсткость и грузоподъёмность подвижной платформы, что позволяет закреплять на ней режущий инструмент. Поскольку в гексапode используются парные штанги, нагрузка, воспринимаемая каждой штангой, снижается.

Для точного улавливания рыбы на операционном конвейере требуется информация о местоположении тушки и ее ориентации. Сканирование рыбы позволяет получить ее видеоизображение в цифровом виде для последующей обработки. Информация о координатах и ориентации тушки позволяет вычислителю рассчитать рациональную траекторию движения улавливающего элемента.

Получение видеоизображения заключается в формализации зависимости интенсивности светового излучения с поверхности филе от координат отсканированных точек изображения. В цифровой форме видеоизображение филе представляется путём дискретизации аналоговой функции интенсивности светового излучения (яркости изображения) в точках

изображения. Количество точек изображения, в которых выполняется дискретизация, определяет частоту дискретизации и выбирается по критерию качества, достаточному для уверенного распознавания контрастных участков.

Для распознавания образа рыбы проводится предварительная обработка цифрового изображения. Она заключается в пороговой фильтрации аппаратных шумов для удаления помех, вносимых в информацию об изображении филе со стороны прибора для получения видеоизображения (видеокамеры), каналов передачи данных, а также нежелательных засветок и бликов.

Разомкнутый шаговый электропривод обеспечивает устойчивое движение и сохранение полученной информации. Статическая и динамическая ошибки такого привода ограничены максимальными значениями, обусловленными ценою шага и числом тактов коммутации двигателя, и не превышают их во всем диапазоне нормальной работы.

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 останавливается, 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.

На рис. 1 показан общий вид предлагаемого устройства для загрузки рыбы в рыбообрабатывающие машины. На рис. 2 – вид слева. На рис. 3 приведена схема расположения улавливающего приспособления и исполнительного привода относительно операционного и загрузочного конвейеров.

На схемах приняты следующие обозначения: 1 – подающий конвейер; 2 – операционный конвейер; 3 – инспекционный конвейер; 4 – плита; 5 – источники света; 6 – загрузочный конвейер; 7 – прибор для получения видеоизображения; 8 – вычислитель; 9 – тушка; 10, 11, 12 – шаговый двигатель; 13, 14, 15 – рычаг; 16, 17, 18, 19, 20, 21 – штанга; 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 – сферический шарнир; 34 – платформа; 35 – улавливающий элемент; 36 – гибкий шланг; 37 – вакуумный клапан; 38, 39, 40, 41, 42, 43 – вставка; 44 – привод улавливающего элемента.

В предлагаемом техническом решении задача повышения производительности решается за счёт использования в качестве улавливающего приспособления механизма параллельной структуры, который включает три рычага, шесть штанг, попарно объединённых при помощи верхней и нижней вставок, связанных с концами штанг сферическими шарнирными соединениями, и подвижную платформу. Требуемая траектория перемещения улавливающего элемента, выполненного в виде вакуумной присоски, относительно тушки рыбы обеспечивается синхронным изменением угловых и линейных положений штанг и рычагов. Благодаря высокому быстродействию механизма параллельной структуры, перемещение, ориентирование и укладка рыбы в загрузочный конвейер осуществляются без остановки конвейеров. Улучшение качества загрузки происходит за счёт повышения быстродействия и точности регулировки улавливающего элемента, закреплённого на подвижной платформе, а также увеличения жёсткости кинематических цепей, связывающих подвижную платформу с исполнительным приводом.

В предлагаемом устройстве для загрузки рыбы в рыбообрабатывающие машины над подающим конвейером 1, операционным конвейером 2, инспекционным конвейером 3 и загрузочным конвейером 6 расположена плита 4. Над подающим конвейером 1 на плите 4 закреплены источники света 5, соединённые с вычислителем 8, а также прибор для

получения видеоизображения 7, соединённый с вычислителем 8. Вычислитель 8 закреплён на плите 4. На плите 4 закреплены шаговые двигатели 10, 11, 12, расположенные по сторонам равностороннего треугольника. Шаговый двигатель 10 соединён с рычагом 13, шаговый двигатель 11 соединён с рычагом 14, шаговый двигатель 12 соединён с рычагом 15. Рычаг 13 соединён со вставкой 38, которая соединена со сферическими шарнирами 22 и 23. Рычаг 14 соединён со вставкой 40, которая соединена со сферическими шарнирами 26 и 27. Рычаг 15 соединён со вставкой 42, которая соединена со сферическими шарнирами 30 и 31. Сферические шарниры 22 и 24 соединены со штангой 16, сферические шарниры 23 и 25 соединены со штангой 17, сферические шарниры 26 и 28 соединены со штангой 18, сферические шарниры 27 и 29 соединены со штангой 19, сферические шарниры 30 и 32 соединены со штангой 20, сферические шарниры 31 и 33 соединены со штангой 21. Штанги 16 и 17, 18 и 19, 20 и 21 соответственно образуют пары. Сферические шарниры 24 и 25 соединены со вставкой 39. Сферические шарниры 28 и 29 соединены со вставкой 41. Сферические шарниры 32 и 33 соединены со вставкой 43. Вставки 39, 41, 43 соединены с платформой 34, на которой закреплён улавливающий элемент 35, выполненный в виде вакуумной присоски и имеющий возможность вращения вокруг своей оси. Платформа 34 имеет возможность трехкоординатного перемещения в пространстве с шестью степенями свободы. На платформе 34 закреплён привод улавливающего элемента 44, соединенный с улавливающим элементом 35 и вычислителем 8. На плите 4 закреплён вакуумный клапан 37, соединённый гибким шлангом 36 с полостью улавливающего элемента 35. Кроме того, вакуумный клапан 37 соединён с вычислителем 8 и вакуумным трубопроводом. При отсутствии команды включения вакуумный клапан 37 закрыт.

Устройство для загрузки рыбы в рыбообрабатывающие машины работает следующим образом.

Тушка 9 помещается на ленту подающего конвейера 1. Вычислитель 8 подаёт команду включения на источники 5 света, которые освещают тушку 9. Яркость источников 5 света автоматически регулируется вычислителем 8 с целью получения более качественного изображения. Тушка 9 попадает в поле зрения прибора 7 для получения видеоизображения. Вычислитель 8 подаёт команду на прибор 7 для получения видеоизображения, который формирует видеоизображение общего вида тушки 9. Информация о видеоизображении общего вида тушки 9 передается прибором 7 для получения видеоизображения в вычислитель 8, где производится выделение контуров тушки 9, определяется положение и ориентация рыбы. Кроме того, по информации о видеоизображении вычислитель 8 определяет наличие на подающем конвейере 1 посторонних объектов и бракованных рыб, загрузка которых в рыбообрабатывающую машину не допускается. После этого вычислитель 8 вырабатывает информацию о координатах контура тушки 9 и ее ориентации. На основе этой информации вычислитель 8 рассчитывает координаты траектории, по которой должен перемещаться улавливающий элемент 35 с целью захвата тушки 9, ее точной укладки на загрузочный конвейер 6, а также угол поворота улавливающего элемента, обеспечиваемый приводом 44 улавливающего элемента с целью заданной правильной ориентации тушки 9 головой в требуемую сторону. Далее тушка 9 перемещается на операционный конвейер 2. Вычислитель 8 рассчитывает координаты траектории движения улавливающего элемента 35 и формирует управляющие команды на шаговые двигатели 10, 11, 12. Информация об углах поворота передается вычислителем 8 на шаговые двигатели 10, 11, 12, которые поворачивают, соответственно, рычаги 13, 14, 15 на заданные углы. Движение рычагов 13, 14, 15 синхронизировано. В результате поворотов шаговых двигателей 10, 11, 12, рычаги 14, 15, 16 поднимают или опускают парные штанги 16 и 17, 18 и 19, 20 и 21. Синхронное перемещение парных штанг 16 и 17, 18 и 19, 20 и 21 обеспечивает заданное перемещение в пространстве платформы 34 с закреплённым на ней улавливающим элементом 35. При достижении платформой 34 заданной точки над тушкой 9 улавливающий элемент 35 касается поверхности тушки 9. В этот момент вычислитель 8 подаёт команду включения на вакуумный клапан 37, который подключен к вакуумному трубопроводу. Вакуумный клапан 37 открывается, и в полости

улавливающего элемента 35 создается разрежение. В результате улавливающий элемент 35 присасывает тушку 9. Вычислитель 8 с учётом движения операционного конвейера 2 продолжает подавать команды на шаговые двигатели 10, 11, 12, которые поворачивают рычаги 13, 14, 15 на заданные углы. Синхронные перемещения рычагов 13, 14, 15 обеспечивают синхронные поднятия, опускания и повороты штанг 16 и 17, 18 и 19, 20 и 21 на сферических шарнирах 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33. Это, в свою очередь, обеспечивает заданное движение улавливающего элемента 35 с удерживаемой им тушкой рыбы 9 по рассчитанной пространственной криволинейной траектории. Во время перемещения улавливающего элемента 35 вычислитель 8 подает команду на привод 44, поворачивающий улавливающий элемент, который поворачивается на заданный угол во время перемещения, обеспечивая тем самым одновременный поворот улавливающего элемента 35 и правильную заданную ориентацию тушки 9. При достижении улавливающим элементом 35 с тушкой 9 заданной точки над загрузочным конвейером 6 вычислитель 8 снимает команду включения на вакуумный клапан 37. Вакуумный клапан 37 закрывается, в полости улавливающего элемента 35 устанавливается атмосферное давление, в результате чего улавливающий элемент 35 перестает удерживать тушку 9, и она занимает место на загрузочном конвейере 6 с заданной правильной ориентацией и далее перемещается в рыбообрабатывающую машину. Затем улавливающее приспособление 35 перемещается к следующей тушке 9, захватывает ее улавливающим элементом 35, перемещает, ориентирует и укладывает на загрузочный конвейер 6. Цикл повторяется до тех пор, пока не будут захвачены, перемещены, ориентированы и уложены все тушки рыбы, находящиеся на операционном конвейере 2. В случае попадания на операционный конвейер посторонних объектов и бракованной рыбы вычислитель 8 пропускает их и не подает команды на исполнительный привод и вакуумный клапан 37. Вследствие этого улавливающее приспособление не перемещается к посторонним объектам и бракованной рыбе, и улавливающий элемент 35 не захватывает их, после чего они выводятся из устройства по инспекционному конвейеру 3 для инспекции. С целью накопления посторонних объектов и бракованной рыбы на инспекционном конвейере 3 его скорость перемещения устанавливается меньшей по сравнению со скоростью операционного конвейера 2.

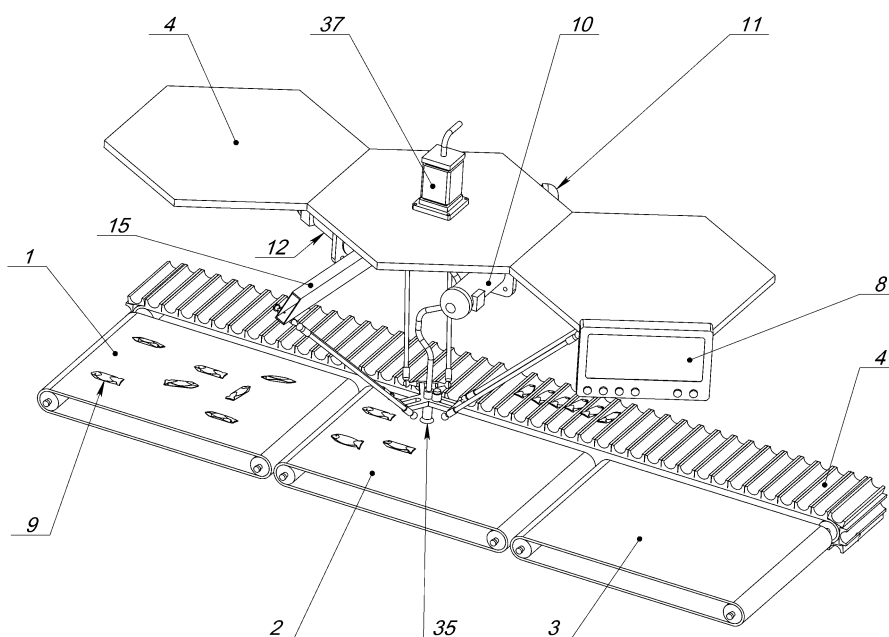


Рисунок 1 – Устройство для загрузки рыбы в рыбообрабатывающие машины, общий вид

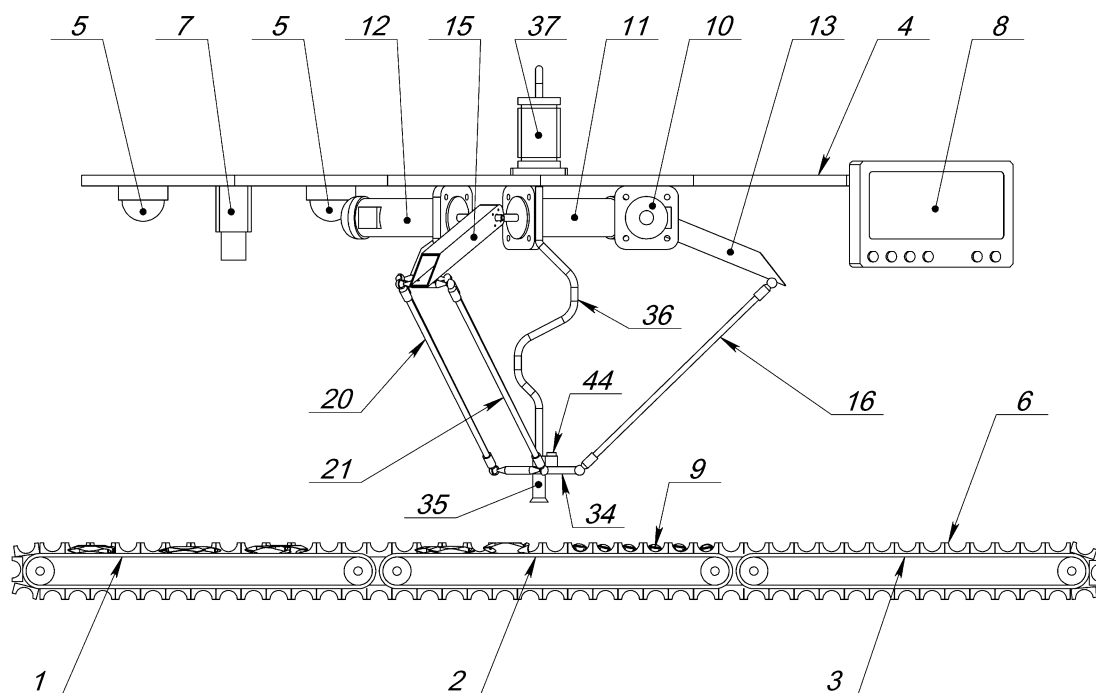


Рисунок 2 – Устройство для загрузки рыбы в рыбообрабатывающие машины, вид слева

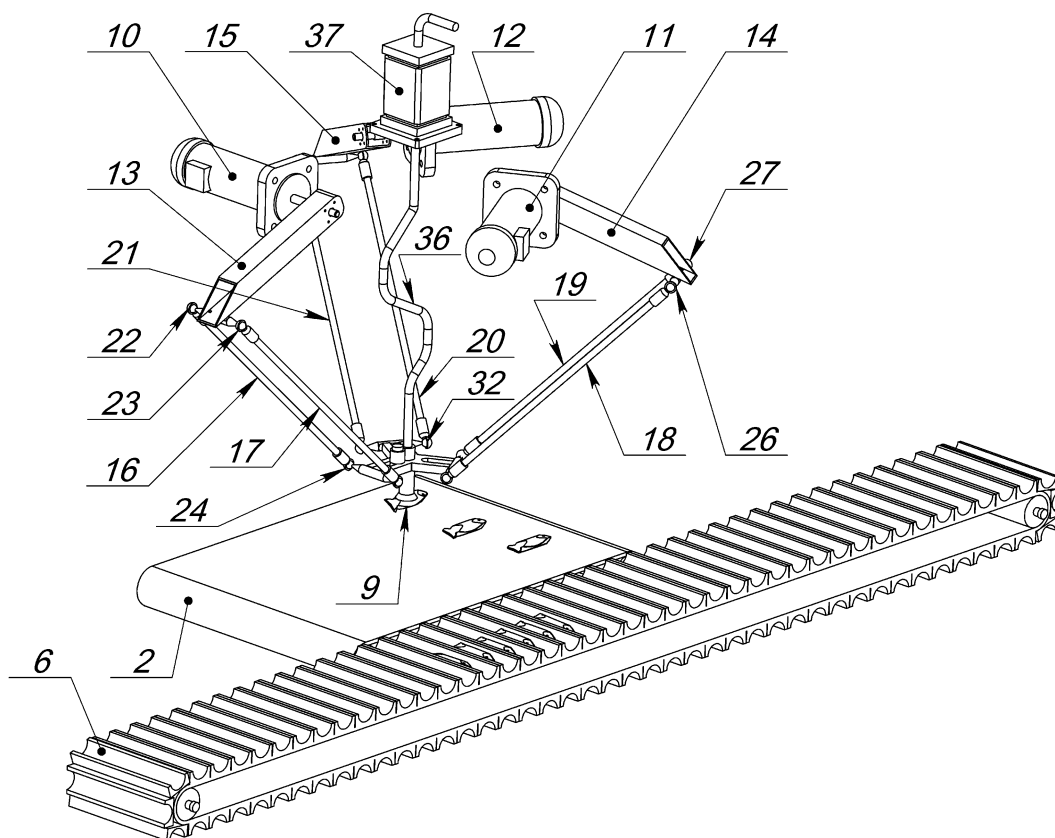


Рисунок 3 – Схема расположения улавливающего приспособления и исполнительного привода относительно операционного и загрузочного конвейеров

Таким образом, при использовании предлагаемого устройства, по сравнению с устройствами, являющимися ближайшими аналогами, обеспечивается существенное повышение производительности. Как показали промышленные испытания, производительность при за-

рузке рыбы с использованием предлагаемого устройства увеличилась в 3 раза. Это позволяет обеспечить ресурсосбережение на производстве. Кроме того, в загруженном сырье нет поврежденных тушек, поскольку производится автоматический отбор полноценных неповрежденных тушек рыбы в процессе загрузки, а поврежденные тушки отводятся инспекционным конвейером. Количество тушек рыбы, требующих ручной ориентации, сокращается на 80%. Существенно снижается сложность и материалоемкость конструкции. Устройство обеспечивает качественную загрузку рыбы в рыбообрабатывающие машины, что позволяет исключить трудоёмкие операции визуальной инспекции и ручной укладки сырья, а также сократить количество персонала на производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев, О.В. Способ и алгоритм ориентирования рыбы на основе мехатроники / О.В. Агеев [и др.] // Известия КГТУ. – 2016. – № 42. – С. 89–103.
2. Агеев, О.В. Применение видеокomпьютерной техники для исследования морфометрических параметров рыбы. Часть 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>.
3. Пути модернизации оборудования рыбоперерабатывающих производств на основе мехатроники / А.Е. Ерыванов [и др.] // Электронный научный журнал «Вестник молодежной науки». Серия: Биотехнология, техника пищевых производств и технология продуктов питания [Электронный ресурс]. – Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. – № 1. – Шифр: ЭЛ № ФС77–66810. – Режим доступа: http://www.klgtu.ru/upload/science/magazine/vestnik/pb/vmn_01/erivanov_fatychov.pdf.

APPROACH TO BUILDING DEVICES FOR ORIENTATION AND LOADING OF FISH ON THE BASIS OF MECHATRONICS

Eryvanov A.E., Postgraduate student,
anatoliy.eryvanov@klgtu.ru,
Samojlova N.V Postgraduate student,
procyon@mail.ru,

Ageev O.V., Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
oleg.ageev@mail.ru,
Kaliningrad State Technical University

It proposed mechatronic device for fish loading the piece of fish, including feed and loading conveyor, trapping device with a trap element, the measuring device and a computer. The device has parallel kinematics and provides high-quality downloads of fish in fish processing machines, thus eliminating time consuming operation visual inspection and manual stacking of raw materials, as well as reduce the number of personnel in the workplace. Performance at boot using fish of the device is increased three times. Number of fish carcasses, requiring manual orientation is reduced by 80%.

loading, orientation, fish, mechatronics, hexapod, mechanism of parallel structure, construction, machine