

УДК 664.951.022

РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОРЦИОНИРОВАНИЯ
РЫБНЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО МЕХАНИЗМА
ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

О. В. Агеев, Ю. А. Фатыхов, К. В. Бабарыкин

DEVELOPMENT OF A MECHATRONICAL DEVICE FOR PORTIONING FISH
PRODUCTS ON THE BASIS OF SPATIAL PARALLEL STRUCTURE
MECHANISM

O. V. Ageev, Ju. A. Fatykhov, K. V. Babarykin

Показана актуальность применения современного мехатронного оборудования для порционирования рыбных продуктов. Излагаются основные проблемы реализации процесса порционирования. Рассмотрены недостатки существующих порционирующих машин. Предлагается инновационное техническое решение, обеспечивающее повышение производительности и улучшение качества готового продукта. Эффективность предлагаемого устройства достигнута за счёт построения конструкции на основе пространственного механизма параллельной структуры. Перечислены преимущества параллельного механизма по сравнению с механизмами последовательной структуры. Жёсткие соединения концов штанг обеспечивают отсутствие “мёртвого хода” механизма, а также повышенную жёсткость и грузоподъемность подвижной платформы, что позволяет закреплять на ней режущий инструмент. Требуемая траектория его перемещения относительно рыбного филе обеспечивается согласованным изменением угловых и линейных положений штанг и рычагов. Благодаря высокому быстродействию механизма параллельной структуры, резка филе осуществляется без остановки конвейера. Улучшение качества кусочков филе происходит за счёт повышения точности позиционирования режущего инструмента, закреплённого на подвижной платформе, а также увеличения жёсткости кинематических цепей, связывающих подвижную платформу с исполнительным приводом. Сформулированы основные научные проблемы при построении устройства для порционирования на основе гексапода. Приведена геометрическая модель механизма параллельной структуры в виде шарнирного многозвенника, определяющая положение произвольной точки в центре подвижной платформы манипулятора. Описывается конструкция порционирующего устройства, включающего механизм параллельной структуры, весоконтрольный и видеокомпьютерный модули. В устройстве применяется триангуляционное сканирование филейчика при помощи видеокомпьютерного модуля, что позволяет получить его изображение в цифровом виде для последующей обработки. Информация о форме и размерах филе позволяет рассчитать оптимальные координаты линий реза и координаты траектории движения режущего инструмента при условии рационального использования мяса. Изображены схемы экспериментальной установки для порционирования

рыбных продуктов, приводится описание её работы. Сформулированы основные научные задачи для создания методики расчёта порционирующего устройства.

мехатроника, рыбный продукт, рыбное филе, порционирование, резка, параллельный механизм, гексапод, весоконтрольный модуль, видеокомпьютерный модуль, микроЭВМ

Rationale for using modern mechatronic equipment for portioning fish products is presented. Main problems of implementation of portioning process are described. Drawbacks of existing portioning machines are disclosed. An innovative solution that provides increased productivity and improved quality of the finished product is proposed. The device is proved to be effective due to the construction on the basis of spatial parallel mechanism. The advantages of the parallel structure mechanism, compared to the serial structure mechanisms are listed. Hard joining rods provide lack of backlash as well as increased rigidity and load capacity of a mobile platform which makes it possible to attach a cutting tool on it. The desired trajectory of the cutting tool relative to the fish fillet is achieved though consistent change of angular and linear positions of rods and levers. Due to the high speed of the parallel structure mechanism, cutting of fillets is performed without stopping of conveyor. Quality improvement of fillets is achieved by improving the accuracy of positioning of the cutting tool fixed on the end-effector, and by the rigidity of the kinematic chain connecting the end-effector with the actuator. The basic scientific problems in the construction of a device for portioning based on hexapod are formulated. The geometric model of the parallel mechanism in the form of a hinge linkage, which shows the position of an arbitrary point in the center of the end effector manipulator, is given. The structure of the device for portioning including a parallel mechanism, load cell module and video-computer module is described. Triangulation scanning of fillet using video-computer module is used in the device, which allows obtaining digital image for subsequent processing. Information about the shape and size of the fillet allows calculation of the optimal position of the cut line and the coordinates of the motion path of the cutting tool, provided the rational use of the meat. Diagrams of the experimental model for portioning fish products are shown, and its operation is described. The basic research objectives to create a methodology for designing a portioning device are listed.

mechatronics, fish products, fish fillets, portioning, cutting, parallel mechanism, hexapod, load cell module, video-computer module, microcomputer

В настоящее время одним из наиболее востребованных продуктов рыбной отрасли является обесшкуренное рыбное филе. Экономически выгодно изготовление порционированного филе, нарезанного на кусочки заданного веса, формы и размеров. Разнообразие веса, размеров и формы кусочков филе позволяет удовлетворить запросы более широких групп потребителей по сравнению с выпуском однообразного филе.

Исходное сырье при этом - рыбные обесшкуренные филейчики, полученные при машинном филетировании рыбы и снятии шкуры. Готовым продуктом являются кусочки филе, предназначенные для дальнейшей упаковки, замораживания, транспортировки и реализации потребителю. Процесс резки филе

оказывает существенное влияние на качество и потребительские достоинства готового продукта. Резка филе вручную является очень трудоёмким и травмоопасным процессом, в связи с чем разработано соответствующее технологическое оборудование [1]. Таким образом, большое значение имеют технологические возможности, эффективность и качество работы оборудования для порционирования рыбных продуктов.

Основными проблемами реализации процесса резки филе являются [1]: обеспечение высокой точности разрезания филе на кусочки заданной формы, размеров и веса; обеспечение рационального разрезания филе при условии максимально экономного использования ценного мяса за счёт расчёта оптимальной траектории движения режущих инструментов; увеличение качества готового продукта за счёт удаления кровяных пятен, жировых включений и участков филе с несъедобным мясом.

С целью экономного использования мяса и повышения быстродействия в ходе технологического процесса должна рассчитываться оптимальная схема разрезания филе при помощи численных методов, а также вычисляться соответствующая этой схеме замкнутая траектория движения режущего инструмента [2].

К недостаткам существующих порционирующих машин следует отнести отсутствие измерительного блока, позволяющего получать и обрабатывать информацию о размерах и форме рыбного филе. В известных конструкциях рыбный продукт нарезается на кусочки одной установленной формы без учёта наличия в них дефектных включений. Для изменения размеров готовых кусочков требуется снятие дисковых ножей вручную и установка проставок между ними, что является трудоёмкой и травмоопасной операцией. Это существенно ограничивает возможности устройства для повышения качества готовой продукции, создает трудности для экономичного использования. Кроме того, не обеспечивается точность нарезания кусочков, так как не учитывается размер получаемых кусочков по длине. Также невозможно обеспечить правильную геометрическую форму кусочков из-за того, что режущие инструменты не позволяют выполнять продольные разрезы. Наконец, устройства не позволяют выявлять и устранять дефекты обрабатываемых рыбных изделий. Этот недостаток обуславливает необходимость непрерывной органолептической инспекции готового продукта и ручной доработки, что влечёт перерасход производственных ресурсов и трудозатраты персонала.

Предлагаемое инновационное техническое решение обеспечивает повышение производительности устройства для порционирования рыбного филе и улучшение качества кусочков филе за счёт увеличения быстродействия приспособления для перемещения рабочего органа. Повышается точность позиционирования режущего инструмента, а также увеличивается грузоподъёмность приспособления для перемещения рабочего органа со снижением силовой нагрузки на исполнительный электропривод.

Высокая эффективность предлагаемого устройства достигается за счёт построения конструкции на основе механизма параллельной структуры. Его достоинствами являются: лучшая грузоподъёмность, высокая 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 его сборки.

Наиболее эффективным механизмом параллельной структуры является гексапод, обеспечивающий движение с шестью степенями свободы и именуемый в зарубежной научной литературе “дельта-роботом” [2, 3]. В отличие от многокоординатных последовательных систем [4], в которых погрешности по каждой из осей суммируются, в механизмах параллельной структуры они взаимно компенсируются, 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 грузоподъемность подвижной платформы, что позволяет закреплять на ней режущий инструмент. Поскольку в гексапode используются парные штанги, нагрузка, воспринимаемая каждой штангой, уменьшается. Имеется и общий недостаток параллельных механизмов, обусловленный меньшим рабочим пространством.

Основными научными проблемами при построении манипуляторов на основе гексапода являются кинематический анализ механизма параллельной структуры, включающий описание достижимого рабочего пространства в трехмерной декартовой системе координат, а также синтез геометрической структуры манипулятора для заданного рабочего пространства.

Автоматическое управление параллельным манипулятором предусматривает решение в быстродействующей микроЭВМ прямой и обратной геометрических задач кинематического анализа на основе геометрической модели [5]. Геометрическая модель механизма параллельной структуры в виде шарнирного многозвенника описывается следующими выражениями, определяющими положение точки P в центре подвижной платформы манипулятора:

$$X_P = X_A + \cos \theta_j \left(L_2 \cos \varphi_{1j} + L_1 \cos \varphi_{3j} \cos(\varphi_{1j} + \varphi_{2j}) - r_A \right) - L_1 \sin \theta_j \sin \varphi_{3j}; \quad (1)$$

$$Y_P = Y_A + \sin \theta_j \left(L_2 \cos \varphi_{1j} + L_1 \cos \varphi_{3j} \cos(\varphi_{1j} + \varphi_{2j}) - r_A \right) + L_1 \cos \theta_j \sin \varphi_{3j}; \quad (2)$$

$$Z_P = L_2 \sin \varphi_{1j} + L_1 \cos \varphi_{3j} \sin(\varphi_{1j} + \varphi_{2j}); \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & \left((r + L_2 \cos \varphi_{1j}) \cos \theta_j - X_P \right)^2 + \left((r + L_2 \cos \varphi_{1j}) \sin \theta_j - Y_P \right)^2 + \\ & + \left(-L_2 \cos \theta_j - Z_P \right)^2 - L_1^2 = 0, \end{aligned} \quad (4)$$

где X_P , Y_P , Z_P – пространственные координаты точки P ; X_A , Y_A – координаты точки крепления первого верхнего рычага, определяемые

поворотом опорной плиты вокруг оси аппликата; θ_j – угол между точкой крепления j -го верхнего рычага к опорной плите относительно оси абсцисс; φ_{1j} – угол поворота j -го верхнего рычага относительно плоскости опорной плиты; φ_{2j} – угол поворота j -го нижнего рычага относительно j -го верхнего рычага; φ_{3j} – угол поворота j -го нижнего рычага относительно оси аппликата; L_1 – длина нижних рычагов; L_2 – длина верхних рычагов; r_A – расстояние от точек крепления верхних рычагов до центра опорной плиты; r_B – расстояние от точек крепления нижних рычагов до центра подвижной платформы; $j=1, 2, 3$;
 $r = r_A - r_B$.

Для рациональной резки рыбного филе на кусочки требуется информация о геометрической форме филейчика, его размерах и весе. Вес каждого филейчика автоматически определяется соответствующим приспособлением, выполненным в виде весоконтрольного модуля [6]. Триангуляционное сканирование филейчика при помощи видеокomпьютерного модуля позволяет получить его изображение в цифровом виде для последующей обработки [7-9]. Распознавание контуров филейчика по его трехмерному образу выявляет форму и размеры каждого экземпляра [7]. Кровяные пятна и жировые включения обладают повышенной контрастностью по отношению к окружающему их мясу филе и замкнутостью собственного контура. Эти признаки позволяют выявить наличие таких дефектов при помощи цифровых алгоритмов обработки. Информация о форме и размерах филе позволяет рассчитать оптимальные координаты линий реза и координаты траектории движения режущего инструмента при условии рационального использования мяса.

На рис. 1-7 показаны схемы экспериментальной установки для порционирования рыбных продуктов. На схемах приняты следующие обозначения: 1 – подающий конвейер; 2 – операционный конвейер; 3 – отводящий конвейер; 4 – плита; 5 – приспособление для определения веса филе; 6 – светодиодные источники света; 7 – прибор для получения видеоизображения; 8 – управляющий блок; 9 – филе; 10 – кусочек филе; 11-13 – шаговый двигатель; 14-16 – рычаг; 17-22 – штанга; 23-28 – сферический шарнир; 29 – подвижная платформа; 30 – гидравлический режущий инструмент; 31 – гибкий шланг; 32 – электромагнитный клапан; 33 – гидроструя.

В предлагаемом техническом решении задача повышения производительности решается за счёт использования в качестве приспособления для перемещения режущего инструмента механизма параллельной структуры, который включает три рычага, шесть штанг, попарно соединённых сферическими шарнирами, а также подвижную платформу. Требуемая траектория перемещения режущего инструмента относительно рыбного филе обеспечивается согласованным изменением угловых и линейных положений штанг и рычагов. Благодаря высокому быстродействию механизма параллельной структуры, резка филе осуществляется без остановки конвейера. Улучшение качества кусочков филе осуществляется за счёт повышения точности позиционирования режущего инструмента, закреплённого на подвижной платформе, а также увеличения жёсткости кинематических цепей, связывающих подвижную платформу с

исполнительным приводом. Повышение надёжности устройства обеспечивается за счёт увеличения грузоподъёмности подвижной платформы, на которой закреплён режущий инструмент, а также снижения силовой нагрузки на исполнительный электропривод.

В предлагаемом устройстве для резки рыбного филе над подающим конвейером 1, операционным конвейером 2 и отводящим конвейером 3 расположена плита 4. Приспособление для определения веса филе 5 (весоконтрольный модуль) размещено под лентой подающего конвейера 1 и соединено с управляющим блоком 8. Над подающим конвейером 1 на плите 4 закреплены источники света 6, соединённые с управляющим блоком 8, а также прибор для получения видеоизображения 7 (видеокомпьютерный модуль), соединённый с управляющим блоком 8 (микроЭВМ). Управляющий блок 8 закреплён на плите 4. На плите 4 закреплены шаговые двигатели 11-13, расположенные по сторонам равностороннего треугольника. Шаговый двигатель 11 соединён с рычагом 15, шаговый двигатель 12 соединён с рычагом 16, шаговый двигатель 13 соединён с рычагом 14. Рычаг 14 соединён со вставкой 44, которая соединена со сферическими шарнирами 24 и 34. Сферические шарниры 23 и 34 соединены со штангой 22. Штанги 17 и 22, 18 и 19, 20 и 21 образуют пары.

Устройство для порционирования рыбных продуктов работает следующим образом. Филе 9 помещается на ленту подающего конвейера 1 и передвигается на приспособление для определения веса филе 5. Приспособление для определения веса филе 5 измеряет вес филе 9 и передаёт информацию о весе в управляющий блок 8. После получения сигнала от приспособления для измерения веса филе 5 о наличии филе управляющий блок 8 подаёт команду включения на источники света 6, которые освещают филе 9. Яркость светодиодных источников света 6 регулируется управляющим блоком 8 при помощи широтно-импульсной модуляции с целью получения более качественного изображения. Филе 9 попадает в поле зрения прибора 7 для получения видеоизображения. Управляющий блок 8 подаёт команду на прибор 7 для получения видеоизображения, который формирует видеоизображение общего вида филе 9. Информация о видеоизображении общего вида филе 9 передается прибором 7 для получения видеоизображения в управляющий блок 8, где производится выделение контуров филе 9, выявляются наличие, форма и расположение кровяных пятен и жировых включений. После этого управляющий блок 8 вырабатывает информацию о координатах контура филе 9 и дефектных включений на нём. На основе этой информации управляющий блок рассчитывает координаты линий, по которым должно разрезаться филе 9 с условием рационального использования мяса и вырезания дефектных включений. Филе 9 перемещается на операционный конвейер 2. Далее управляющий блок 8 вычисляет координаты траектории движения гидравлического режущего инструмента 30 и формирует управляющие команды на шаговые двигатели 11-13. Информация об углах поворота передается управляющим блоком 8 на шаговые двигатели 11-13, которые поворачивают рычаги 14-16 на заданные углы. Движение рычагов 14-16 синхронизировано. В результате этого, рычаги 14-16 поднимают или опускают парные штанги 17 и 22, 18 и 19, 20 и 21. Синхронное перемещение парных штанг 17 и 22, 18 и 19, 20 и 21 обеспечивает заданное перемещение в пространстве подвижной платформы 29 с закреплённым на ней

гидравлическим режущим инструментом 30. При достижении подвижной платформой 29 заданной начальной точки траектории резания над филе 9 управляющий блок 8 подаёт команду включения на электромагнитный клапан 32, который подключен к водяной магистрали высокого давления. Электромагнитный клапан 32 подаёт струю воды под высоким давлением в гидравлический режущий инструмент 30. Гидравлический режущий инструмент 30 формирует гидрострую 33, которая воздействует на ткани филе 9, разрезая их. Управляющий блок 8 с учётом движения операционного конвейера 2 продолжает подавать команды на шаговые двигатели 11, 12, 13, которые поворачивают рычаги 14-16 на заданные углы. Синхронные перемещения рычагов 14-16 обеспечивают синхронные поднятия, опускания и повороты штанг 17 и 22, 18 и 19, 20 и 21 на сферических шарнирах 23 и 24, 25 и 26, 27 и 28. Это, в свою очередь, обеспечивает заданное движение гидравлического режущего инструмента 30 по рассчитанной пространственной криволинейной траектории. В результате осуществляется разрезание филе 9 на кусочки 10 филе остронаправленной гидроструей 33 во время движения филе по операционному конвейеру 2. При этом кровяные пятна и жировые включения вырезаются в отдельные кусочки. После завершения процесса резки управляющий блок 8 подаёт команду на электромагнитный клапан 32, который прекращает подачу воды под давлением в гидравлический режущий инструмент 30. После разрезания кусочки 10 филе перемещаются на отводящий конвейер 3, который имеет скорость движения, превышающую скорость движения операционного конвейера 2. За счёт различия скоростей конвейера на ленте отводящего конвейера 3 происходит разделение кусочков 10 филе.

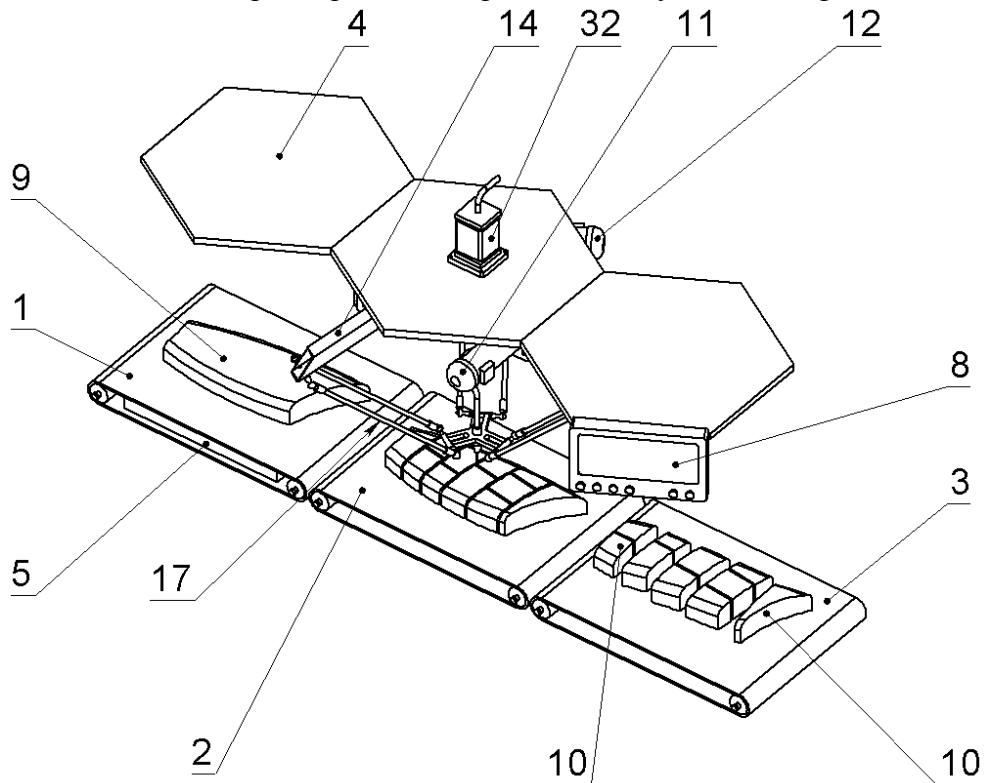


Рис. 1. Устройство для порционирования рыбных продуктов (общий вид)
 Fig. 1. Device for portioning fish products (general view)

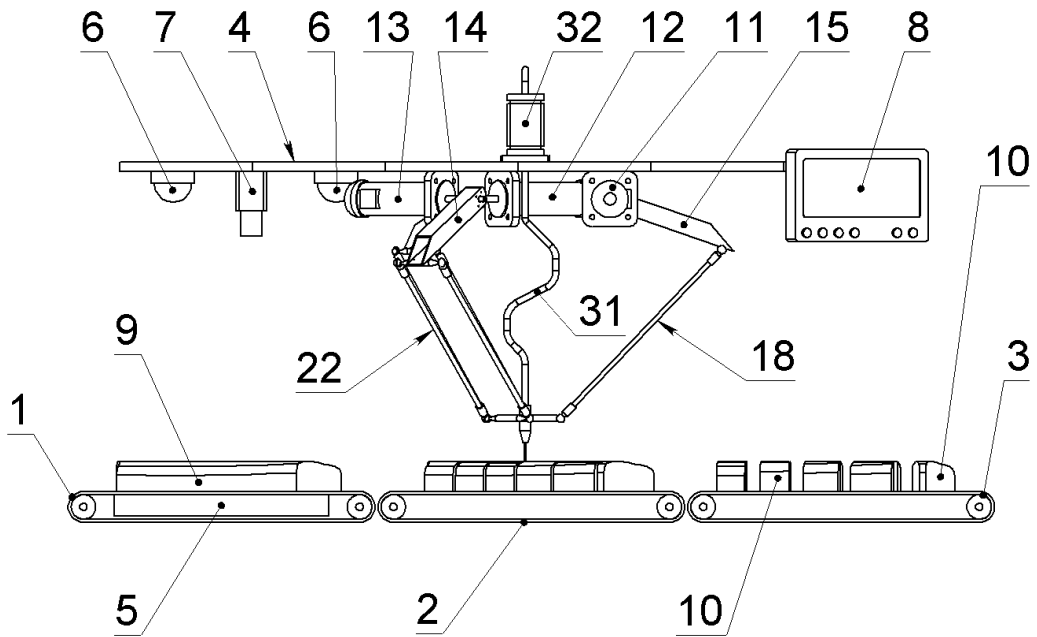


Рис. 2. Устройство для порционирования рыбных продуктов (вид спереди)
 Fig. 2. Device for portioning fish products (front view)

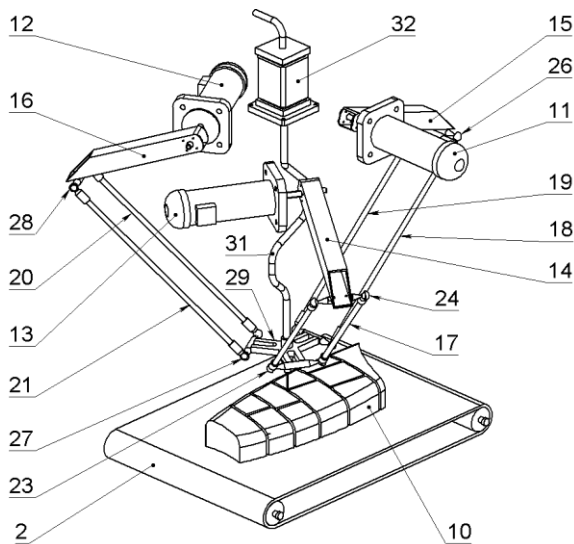


Рис. 3. Схема расположения параллельного механизма и рыбного филе
 Fig. 3. Diagram of layout of parallel mechanism and fish fillet

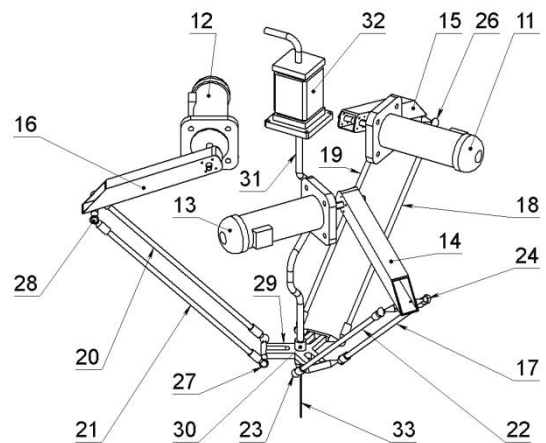


Рис. 4. Схема соединения рычагов и шаговых двигателей
 Fig. 4. Diagram of connection of levers and stepper motors

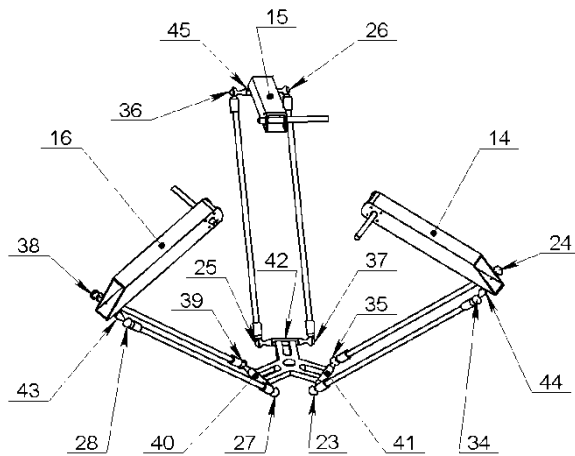


Рис. 5. Схема соединения рычагов и подвижной платформы
Fig. 5. Diagram of connection of levers and end-effector platform

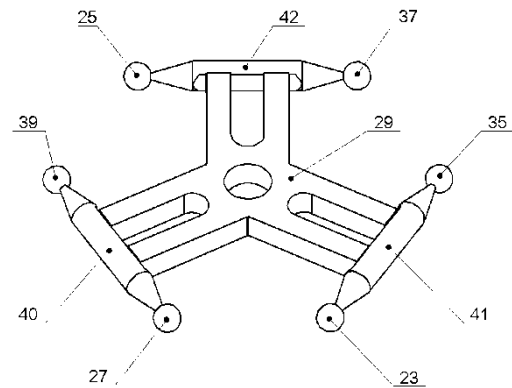


Рис. 6. Схема соединения подвижной платформы и сферических шарниров
Fig. 6. Diagram of connection end-effector platform and ball joints

ВЫВОДЫ

При использовании предлагаемого устройства обеспечивается повышение производительности, качества кусочков филе и надёжности. Разработка устройства создает практическую основу для качественной автоматической резки рыбных продуктов, что позволяет исключить трудоёмкие операции визуальной инспекции и ручной доработки, а также сократить количество персонала на производстве. Поскольку на обработку поступают продукты различной формы и размеров, должны точно рассчитываться площадь полотна операционного конвейера и объём рабочего пространства, достижимого рабочим органом параллельного манипулятора. Это требует разработки научно обоснованной расчётной методики для порционирующего устройства.

С целью научно обоснованного расчёта конструкции мехатронного устройства для порционирования рыбных продуктов необходимо решить следующие научные задачи:

- прямой и обратный кинематический анализ заданной конструкции параллельного манипулятора;
- математический анализ модели рабочего пространства параллельного манипулятора;
- структурный синтез параллельного манипулятора, включающий постановку и решение многомерной нелинейной задачи оптимизации геометрических параметров конструкции для заданного рабочего пространства;
- разработка методики расчёта оптимальной траектории движения рабочего органа параллельного манипулятора для экономичного порционирования рыбных продуктов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агеев, О. В. Пути совершенствования оборудования для первичной обработки рыбы на основе мехатроники / О. В. Агеев, Ю. А. Фатыхов, А. Е. Ерыванов, М. И. Елисеев // Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли: материалы международной научно-технической конференции / ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз». – Владивосток: Изд-во ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз», 2014. – С. 231-236.
2. Kong, X. Type Synthesis of Parallel Mechanisms / X. Kong, C. Gosselin. – Springer, 2007. – 276 p.
3. Kosinska, A. Designing and optimization of parameters of delta-4 parallel manipulator for a given workspace / A. Kosinska, M. Galicki, K. Kedzior // Journal of Robotic System. – 2003. – Vol. 20. – P. 539-548.
4. Устройство для резки рыбного филе: патент 2335131 РФ, МПК А22 С25/18 / О. В. Агеев, Ю. А. Фатыхов, А. В. Шлемин; заявитель и патентообладатель Калининградский гос. техн. ун-т. – № 2007119058; заявл. 22.05.07; опубл. 10.10.08; бюл. № 28.
5. Фатыхов, Ю. А. Структура системы автоматического управления мехатронным комплексом для порционирования пищевых продуктов / Ю. А. Фатыхов, О. В. Агеев // Известия КГТУ. – 2014. – № 33. – С. 68-74.
6. Агеев, О. В. Подход к разработке весоконтрольного автомата на основе методов и средств тензометрии / О. В. Агеев, Ю. А. Фатыхов // Известия КГТУ. – 2014. – № 35. – С. 106-119.
7. 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.
8. 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. Сер. 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>.
9. Агеев, О. В. Применение видеокomпьютерной техники для исследования морфометрических параметров рыбы (Часть 2. Разработка программного обеспечения видеокomпьютерного устройства) / О. В. Агеев, Ю. А. Фатыхов // Электронный научный журнал Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики. Сер. Процессы и аппараты пищевых производств [Электронный ресурс]. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2015. – № 2 (24). – Шифр: ЭЛ № ФС77–55245. – Режим доступа: <http://processes.ihbt.ifmo.ru/file/article/13407.pdf>.

REFERENCES

1. Ageev O.V., Fatykhov Yu.A., Eryvanov A.E., Eliseev M.I. Puti sovershenstvovaniya oborudovaniya dlya pervichnoy obrabotki ryby na osnove

mekhatroniki [Methods for upgrading equipment for primary processing of fish based on mechatronics]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Kompleksnyye issledovaniya v rybokhozyaystvennoy otrasli"* [Proceedings of the international scientific conference "Integrated research in fisheries"]. Vladivostok, Izd-vo FGBOU VPO "Dal'rybvuz", 2014, pp. 231-236.

2. Kong X., Gosselin C. Type Synthesis of Parallel Mechanisms. Springer, 2007, 276 p.

3. Kosinska A., Galicki M., Kedzior K. Designing and optimization of parameters of delta-4 parallel manipulator for a given workspace. *Journal of Robotic System*. 2003, vol. 20, pp. 539-548.

4. Ageev O.V., Fatykhov Yu.A., Shlemin A.V. *Ustroystvo dlya rezki rybnogo file* [Fish fillet cutting device]. Patent 2335131 RF, MPK A22 C25/18. Zayavitel' i patentoobladatel' Kaliningradskiy gos. tekhn. un-t. № 2007119058. Zayavl. 22.05.07, opubl. 10.10.08, byul. № 28.

5. Fatykhov Yu.A., Ageev O.V. Struktura sistemy avtomaticheskogo upravleniya mekhatronnym kompleksom dlya portcionirovaniya pishchevykh produktov [The structure of automatic control system of mechatronical complex for portioning food products]. *Izvestiya Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2014, no. 33, pp. 68-74.

6. Ageev O.V., Fatykhov Yu.A. Podkhod k razrabotke vesokontrol'nogo avtomata na osnove metodov i sredstv tenzometrii [The approach to the development of the weight control unit on the basis of tensometry methods and means]. *Izvestiya Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2014, no. 35, pp. 106-119.

7. Ageev O.V., Fatykhov Yu.A. Razrabotka videokomp'yuternogo modulya dlya mekhatronnogo kompleksa pervichnoy obrabotki ryby [Developing a videocomputer module for the mechatronic complex of primary fish processing]. *Izvestiya Kaliningradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2014, no. 34, pp. 113-126.

8. Ageev O.V., Fatykhov Yu.A. *Primenenie videokomp'yuternoy tekhniki dlya issledovaniya morfometricheskikh parametrov ryby. Razrabotka apparatnogo obespecheniya videokomp'yuternogo ustroystva* [Using videocomputer technology in studying fish morphometric parameters. Hardware development of a videocomputer device]. Saint-Petersburg. Elektronnyy nauchnyy zhurnal Sankt-Peterburgskogo natsional'nogo issledovatel'skogo universiteta informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki. Seriya: Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv. NIU ITMO, 2015, no. 1 (23), available at: <http://processes.ihbt.ifmo.ru/file/article/11452.pdf>.

9. Ageev O.V., Fatykhov Yu.A. *Primenenie videokomp'yuternoy tekhniki dlya issledovaniya morfometricheskikh parametrov ryby. Razrabotka programmnoho obespecheniya videokomp'yuternogo ustroystva* [Software development of a videocomputer device]. Saint-Petersburg. Elektronnyy nauchnyy zhurnal Sankt-Peterburgskogo natsional'nogo issledovatel'skogo universiteta informatsionnykh tekhnologiy, mekhaniki i optiki. Seriya: Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv. NIU ITMO, 2015, no. 2 (24), available at: <http://processes.ihbt.ifmo.ru/file/article/13407.pdf>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Агеев Олег Вячеславович – Калининградский государственный технический университет; кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых и холодильных машин; E-mail: procyon@mail.ru

Ageev Oleg Vyacheslavovich – Kaliningrad State Technical University; Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Food and Refrigeration Machines; E-mail: procyon@mail.ru

Фатыхов Юрий Адгамович – Калининградский государственный технический университет; доктор технических наук, заведующий кафедрой пищевых и холодильных машин; E-mail: elina@klgtu.ru

Fatykhov Juriy Adgamovich – Kaliningrad State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Food and Refrigeration Machines; E-mail: elina@klgtu.ru

Бабарыкин Константин Викторович – Калининградский государственный технический университет; аспирант кафедры пищевых и холодильных машин; E-mail: bakosvi@gmail.com

Babarykin Konstantin Viktorovich – Kaliningrad State Technical University; postgraduate student of the Department of Food and Refrigeration Machines; E-mail: bakosvi@gmail.com