



## ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗАЧИСТКИ РЫБЫ НА ОСНОВЕ МЕХАТРОНИКИ

П.Н. Московченко, студент,  
pasha.moskovchenko@mail.ru

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

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

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный  
технический университет»

Предлагается мехатронное устройство для зачистки рыбы, включающее приводимый во вращение рабочий орган, выполненный в виде колеса. Колесо имеет радиально расположенные пазы, в которых на стержнях закреплены зачистные элементы. Устройство решает задачу повышения качества зачистки рыб за счет автоматической настройки положения зачистных элементов рабочего органа в зависимости от размера рыбы, а также благодаря орошению брюшной полости рыбы водой в процессе зачистки. Обеспечивается автоматическая настройка размера рабочего органа под размеры брюшной полости каждого экземпляра рыбы. Длина тушки измеряется лазерным датчиком. Сокращаются количество брака и расход воды при зачистке рыбы. Уменьшается количество персонала на инспекции и ручной дозачистке рыбы.

*зачистка рыбы, колесо, лазер, сопло, поршень, мехатроника, устройство*

Разделявание рыбы на потрошённую тушку и филе предусматривает качественное выполнение технологической операции зачистки брюшной полости. Механический способ зачистки брюшной полости является наиболее эффективным с точки зрения конструктивного оформления [1]. Способ выгоден с точки зрения экономии энергоресурсов и воды, поскольку затраты энергии почти в три раза ниже, чем при зачистке иными способами. Механическая зачистка применима для рыб любых размеров, хотя наибольшее распространение она получила при разделывании крупной и средней рыбы. Это связано с тем, что прочие способы не позволяют создать усилия, достаточные для отрыва внутренностей крупных и средних рыб, в то время как при механической обработке таких проблем не возникает. Основным рабочим органом для механической зачистки брюшной полости является вращающийся инструмент, который выполняется в виде щетки и имеет на внешней поверхности зачистные элементы.

Главными проблемами реализации технологической операции зачистки брюшной полости являются: обеспечение тщательности зачистки от чёрной плёнки и кровяной почки; предотвращение порывов и кровоподтёков мышечной ткани; предотвращение отламывания реберных костей [2].

Однако различные экземпляры рыб существенно отличаются размерами брюшной полости. С одной стороны, если размеры зачистного рабочего органа превышают размеры брюшной полости, возникают порывы мышечной ткани и повреждения реберных костей. С другой стороны, если размеры рабочего органа меньше размеров брюшной полости, не обеспечивается её качественная зачистка, вследствие чего в потрошённой тушке остаются остатки внутренностей, черной плёнки и кровяной почки. Таким образом, с целью максимально точной настройки зачистного рабочего органа для каждого экземпляра рыбы должна косвенно определяться толщина брюшной полости. Кроме того, размеры рабочего органа должны автоматически настраиваться в зависимости от толщины брюшной полости рыбы.

К недостаткам известных устройств для зачистки следует отнести отсутствие регулирования положения пучков щётки вдоль их осей. В связи с этим зачистные элементы не отслеживают криволинейную поверхность брюшной полости. При зачистке рыб с большими размерами брюшной полости чёрная плёнка и кровяная почка удаляются не полностью, что существенно снижает качество готового продукта. При зачистке рыб с малыми размерами брюшной полости чрезмерный размер щётки приводит к повреждению брюшной полости рыбы, отламыванию рёберных костей, что обуславливает высокую долю бракованной продукции.

Известные устройства имеют малую универсальность, поскольку рассчитаны на небольшой размерный диапазон рыб. Струя воды подается на внешнюю поверхность щётки, что приводит к перерасходу воды и недостаточному орошению брюшной полости во время зачистки. В случае перехода на обработку рыбы другого размерного диапазона требуется ручная замена щётки. Указанные обстоятельства существенно ухудшают эксплуатационные характеристики устройства и не позволяют обеспечить качественную зачистку брюшной полости рыб.

Предлагаемое мехатронное устройство решает задачу повышения качества зачистки рыб за счет более точной автоматической настройки положения зачистных элементов рабочего органа в зависимости от размера рыбы и орошения брюшной полости рыбы водой в процессе зачистки.

В устройстве, включающем приводимый во вращение рабочий орган, имеющий радиально расположенные пазы, в которых на стержнях закреплены зачистные элементы, рабочий орган выполнен в виде колеса с радиально расположенными пазами. Колесо вращается с постоянной скоростью. В радиальных пазах находятся зачистные элементы, выполненные в виде подпружиненных подвижных поршней с пучками. Пучки также подпружинены и установлены на штоках поршней с возможностью отслеживания криволинейной поверхности брюшной полости рыб. В подпоршневое пространство радиальных пазов подается вода под определенным давлением. Положение подвижных поршней в радиальных пазах определяется величиной давления воды в подпоршневом пространстве.

Для орошения брюшной полости рыб рабочий орган дополнительно снабжен радиально расположенными гидравлическими соплами, имеющими выход на поверхность колеса. Для подачи воды в подпоршневое пространство радиальных пазов и к гидравлическим соплам внутри колеса выполнены кольцевые каналы, соединенные с тремя кольцевыми проточками в неподвижной втулке колеса.

Устройство дополнительно снабжено измерительным блоком, состоящим из лазерного источника и фотоприёмника и предназначенным для измерения длины тушки рыбы [3]. Также устройство снабжено регулирующим блоком, который осуществляет настройку положения зачистных элементов за счёт изменения давления воды в подпоршневом пространстве, и выполнен в виде регулируемого гидродросселя с электронным управлением. Регулирующий блок через три кольцевых проточки неподвижной втулки колеса гидравлически сообщается с кольцевыми каналами, подпоршневым пространством радиальных пазов и радиально расположенными гидравлическими соплами.

Перемещение зачистных элементов в радиальном направлении от оси колеса осуществляется за счёт изменения давления воды в подпоршневом пространстве пазов. Остановка и фиксация каждого зачистного элемента в заданном положении осуществляется за счёт уравнивания силы упругости возвратной пружины силой давления воды в подпоршневом пространстве пазов. Обратное перемещение зачистных элементов в радиальном направлении к оси колеса осуществляется возвратными пружинами при понижении давления воды в подпоршневом пространстве регулирующим блоком.

Слив воды в процессе регулирования давления осуществляется регулирующим блоком через радиально расположенные гидравлические сопла, что позволяет эффективно орошать брюшную полость рыб при зачистке. Устройство дополнительно снабжено блоком питания и вычислительным блоком для расчёта длины тушки рыбы, размера брюшной полости

и требуемого давления воды в подпоршневом пространстве пазов для обеспечения требуемого размера рабочего органа, а также для управления регулирующим блоком. Вычислительный блок, регулирующий блок и блок питания расположены внутри неподвижной втулки колеса. Вода подается по магистрали гидронасосом в трубопровод регулирующего блока через неподвижную втулку колеса.

Анализ обмерных данных по основным промысловым видам рыб показывает, что статистическая зависимость между длиной тушки и средней толщиной брюшной полости может быть выражена линейной зависимостью:

$$X = aB + X_0 \quad (1)$$

где  $X$  – искомый размер (средняя толщина брюшной полости),

$B$  – длина тушки рыбы,

$a$  и  $X_0$  – коэффициент и постоянный член, величины которых соответствуют определенному виду или партии рыбы.

Наличие вычислительного блока, выполненного в виде микроконтроллера, позволяет рассчитать толщину брюшной полости по измеренной длине тушки и сформировать управляющее воздействие для регулирующего блока. Программа микроконтроллера позволяет на основании полученной информации о длине рыбы осуществлять в процессе обработки каждой тушки оперативное подрегулирование положения зачистных элементов, настраивая тем самым размер рабочего органа. Микроконтроллер обладает миниатюрными размерами, высокой надежностью и долговечностью, практически безинерционен и обеспечивает высокое быстродействие и оперативную смену программы. Наличие вычислительного блока позволяет хранить несколько программ обработки для различных видов рыб. Программы устанавливают точное соответствие значения давления воды в подпоршневом пространстве радиальных пазов требуемому размеру рабочего органа. При длительном отсутствии сигнала от лазерного датчика о прохождении рыбы вычислительный блок формирует регулирующему блоку команду на перекрытие воды. Блок питания обеспечивает электроэнергией вычислительный блок и регулирующий блок.

Регулирующий блок устанавливает заданную величину давления воды в подпоршневом пространстве радиальных пазов, в которых перемещаются зачистные элементы. Регулирующий блок выполнен в виде регулируемого золотникового гидродросселя с электронным управлением. Гидродроссель является миниатюрным гидроаппаратом, управляемым внешним воздействием, и выполняет функцию местного гидравлического сопротивления. Он предназначен для регулирования давления в гидролинии за счёт изменения в ней расхода жидкости. Величина давления жидкости задается уровнем управляющего электрического сигнала, поступающего из вычислительного блока. Разгруженный запорно-регулирующий элемент (золотник) регулируемого гидродросселя перемещается электромагнитным исполнительным элементом в зависимости от уровня управляющего электрического сигнала. За счёт этого изменяется площадь рабочего проходного сечения (дросселирующей щели) гидроаппарата до заданного значения.

Движущей силой поршней в радиальных пазах колеса является разность между силой давления воды в подпоршневом пространстве и силой упругости возвратных пружин. При снижении давления воды регулирующим блоком или прекращении поступления воды в регулирующий блок возвратные пружины перемещают поршни в крайнее нижнее положение (к оси колеса). При увеличении расхода воды регулирующим блоком повышается давление воды во всех кольцевых каналах. При этом поршни перемещаются в радиальных пазах от оси колеса, сжимают возвратные пружины и останавливаются в требуемом положении при уравновешивании силы давления воды силой упругости возвратных пружин. Вода нагнетается под давлением через трубопровод в регулирующий блок, через который поступает в кольцевые регулирующие каналы и подпоршневое пространство радиальных пазов, затем через регулирующий блок подается в сливные кольцевые каналы к радиально расположенным гидравлическим соплам и через них впрыскивается в брюшную полость рыбы. Таким образом,

вода одновременно выполняет две полезные функции: является рабочим телом для регулирования размера рабочего органа и служит для непрерывного орошения брюшной полости рыбы. При обработке рыб с большим размером брюшной полости, размер рабочего органа автоматически увеличивается, а расход воды для орошения возрастает. При обработке рыбы с малым размером брюшной полости размер рабочего органа автоматически уменьшается, а расход воды для орошения снижается. Следовательно, расход воды через радиально расположенные гидравлические сопла пропорционально зависит от размеров брюшной полости рыбы, что позволяет экономить воду. При длительном отсутствии рыбного сырья по команде вычислительного блока регулирующей блок полностью перекрывает поступление воды к радиально расположенным гидравлическим соплам, что также позволяет экономить воду.

На рис. 1 представлена схема предлагаемого устройства для зачистки брюшной полости рыб. На рис. 2 приведена схема радиального паза с поршнем и зачистным элементом. На рис. 3 показана схема измерения длины тушки рыбы лазерным датчиком.

На схемах приняты следующие обозначения: 1 – колесо; 2 – радиальный паз; 3 – поршень; 4 – пружина; 5 – зачистной элемент; 6 – регулирующей кольцевой канал; 7 – подпоршневое пространство паза; 8 – сливной кольцевой канал; 9 – гидравлическое сопло; 10 – неподвижная втулка; 11 – шариковый подшипник; 12 – регулирующей блок; 13 – вычислительный блок; 14 – блок питания; 15 – лазерный источник; 16 – фотоприёмник; 17, 18, 19 – кольцевые проточки на втулке 10; 20 – трубопровод для подачи воды; 21 – кольцевое уплотнение; 22 – тушка рыбы; 23 – луч лазера; 24 – возвратная пружина.

В предлагаемом устройстве для зачистки брюшной полости рыб рабочий орган выполнен в виде колеса 1. Колесо 1 имеет радиальные пазы 2, внутри которых находятся возвратные пружины 24 и радиально перемещаемые поршни 3 с закреплёнными на их штоках зачистными элементами 5. В зачистных элементах 5 установлены пружины 4. В корпусе колеса 1 имеются внутренние регулирующей кольцевые каналы 6, которые соединены с подпоршневым пространством 7 радиальных пазов 2. В корпусе колеса 1 также имеются внутренние сливные кольцевые каналы 8, которые соединены с радиально расположенными гидравлическими соплами 9 на поверхности колеса 1.

Колесо 1 имеет неподвижную втулку 10 на шариковых подшипниках 11, внутри которой размещены регулирующей блок 12, выполненный в виде регулируемого гидродросселя с электронным управлением, вычислительный блок 13, выполненный в виде микроконтроллера, и блок питания 14. Внутренняя полость неподвижной втулки 10 защищена от попадания в неё воды.

Устройство дополнительно снабжено лазерным датчиком, включающим лазерный источник 15 и фотоприёмник 16, соединённые с вычислительным блоком 13 для передачи информации и электропитания, и оппозитно расположенные перед колесом 1 по разные стороны тушки рыбы, которая проходит между ними. Регулирующей блок 12 через кольцевые проточки 17, 18 в корпусе втулки 10 гидравлически сообщается с регулирующими кольцевыми каналами 6. Также регулирующей блок 12 через кольцевую проточку 19 в корпусе втулки 10 гидравлически сообщается со сливными кольцевыми каналами 8.

Плоскости, в которой расположены кольцевые проточки колеса 17, 18, 19, перпендикулярны плоскостям, в которых расположены регулирующей кольцевые каналы 6 и сливные кольцевые каналы 8. Вычислительный блок 13 соединен с регулирующим блоком 12. Блок питания 14 соединен с вычислительным блоком 13 и регулирующим блоком 12 для обеспечения их электропитанием. Трубопровод 20 для подачи воды соединен с регулирующим блоком 12. Для предотвращения проникновения воды в пространство между неподвижной втулкой 10 и корпусом колеса 1 имеются кольцевые уплотнения 21.

Работа устройства для зачистки брюшной полости рыб осуществляется следующим образом.

Тушка рыбы 22 перемещается в сторону колеса 1 между лазерным источником 15 и фотоприёмником 16, перекрывая луч лазера 23 на время прохождения. Сигнал с фотоприёмника 16 поступает в вычислительный блок 13, выполненный в виде микроконтроллера. Вы-

числительный блок 13 на основе известной скорости перемещения тушки 22 и времени перекрытия луча лазера 23 рассчитывает длину тушки 22, толщину брюшной полости рыбы согласно выражению (1), требуемое значение давления воды в подпоршневом пространстве 7 радиальных пазов 2, после чего формирует управляющее воздействие на регулирующий блок 12. Тушка рыбы 22 перемещается на приводимый во вращение рабочий орган, выполненный в виде колеса 1, которое вводится в брюшную полость. Колесо 1 вращается на шариковых подшипниках 11, закрепленных на неподвижной втулке 10. В регулирующий блок 12, выполненный в виде регулируемого гидродросселя с электронным управлением, по трубопроводу 20 подается вода под давлением.

Вода через регулирующий блок 12 подается в регулирующие кольцевые каналы 6. Регулирующий блок 12 по команде вычислительного блока 13 повышает давление воды до заданного значения в регулирующих кольцевых каналах 6. Вода под заданным давлением через кольцевую проточку 17 втулки 10 и регулирующие кольцевые каналы 6 поступает в подпоршневое пространство 7 радиальных пазов 2. Из регулирующих кольцевых каналов 6 вода возвращается в регулирующий блок 12 через кольцевую проточку 18, далее через кольцевую проточку 19 поступает в сливные кольцевые каналы 8 к радиально расположенным гидравлическим соплам 9 на поверхности колеса 1. Сила давления воды в подпоршневом пространстве 7 преодолевает силу упругости возвратных пружин 24.

Поршни 3 с зачистными элементами 5 поднимаются к поверхности колеса 1 и сжимают возвратные пружины 24, тем самым настраивая размер рабочего органа под размеры брюшной полости обрабатываемой рыбы. При уравнивании силы давления воды в подпоршневом пространстве 7 и силы упругости возвратных пружин 24 поршни 3 с зачистными элементами 5 останавливаются в заданном положении. Зачистные элементы 5 с подпружиненными пучками осуществляют удаление черной плёнки и кровяной почки в брюшной полости тушки рыбы 22.

Стенки брюшной полости тушки рыбы 22 обладают упругостью и незначительно сжимают пружины 4, которые установлены в зачистных элементах 5, за счёт чего обеспечивается прилегание зачистных элементов 5 к тканям рыбы без зазоров. Одновременно регулирующий блок 12 подает через кольцевую проточку 19 воду в сливные кольцевые каналы 8, которая по ним поступает к радиально расположенным гидравлическим соплам 9 на поверхности колеса 1.

Радиально расположенные гидравлические сопла 9 распыляют воду внутри брюшной полости рыбы, создавая необходимые условия орошения для качественной зачистки. При прохождении следующей тушки рыбы с меньшим размером брюшной полости вычислительный блок 13 формирует новое управляющее воздействие, а регулирующий блок 12 снижает давление воды в регулирующих кольцевых каналах 6, снижая при этом расход воды и через сливные кольцевые каналы 8 и радиально расположенные гидравлические сопла 9. За счёт этого обеспечивается экономия воды в зависимости от размеров брюшной полости рыбы. Вследствие падения давления воды в регулирующих кольцевых каналах 6 возвратные пружины 24 преодолевают силу давления воды в подпоршневом пространстве 7 радиальных пазов 2.

Поршни 3 с зачистными элементами 5 под воздействием возвратных пружин 24 перемещаются к оси колеса 1 и останавливаются в заданном положении в момент уравнивания силы давления воды силой упругости возвратных пружин 24. За счёт этого осуществляется уменьшение размера рабочего органа, который автоматически приводится в соответствие с размером брюшной полости обрабатываемой тушки рыбы. Цикл настройки положения поршней 3 с зачистными элементами 5 повторяется после измерения длины каждой обрабатываемой тушки 22, за счёт чего осуществляется автоматическое регулирование размеров рабочего органа под размеры брюшной полости рыб.

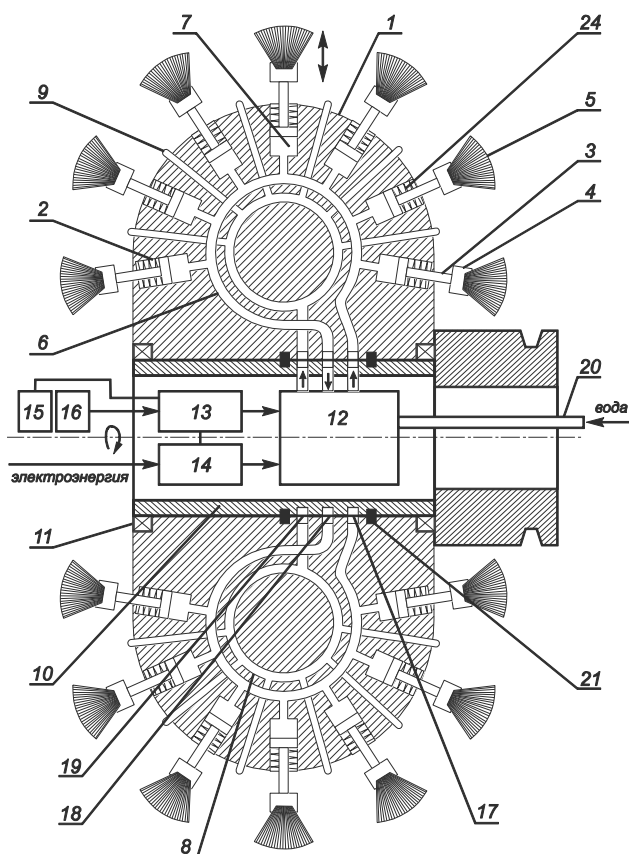


Рисунок 1 – Схема устройства для зачистки рыбы

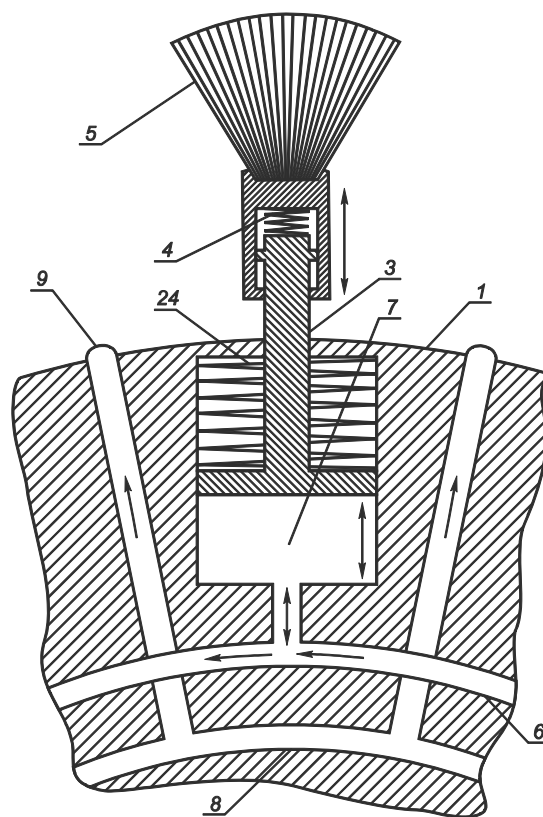


Рисунок 2 – Схема радиального паза с поршнем и зачистным элементом

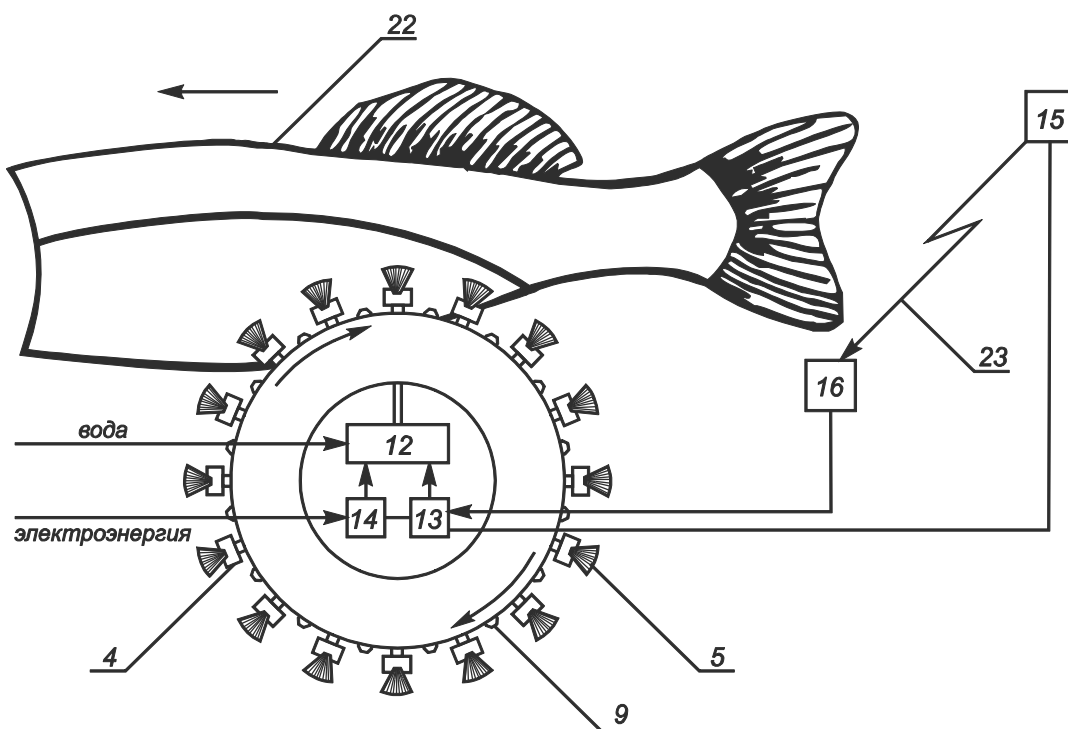


Рисунок 3 – Схема измерения длины тушки рыбы лазерным датчиком

Таким образом, при использовании предлагаемого устройства, по сравнению с устройством, описанным в ближайшем аналоге, обеспечивается автоматическая настройка

размера рабочего органа под размеры брюшной полости каждого экземпляра рыбы, а также эффективно орошается водой брюшная полость при её зачистке. Количество брака при зачистке рыбы сокращается, расход воды снижается. Это позволяет обеспечить ресурсосбережение на производстве. Уменьшается количество персонала на инспекции и ручной дозачистке рыбы.

Устройство позволяет осуществить качественную зачистку рыб с различными размерными диапазонами брюшной полости, что дает возможность исключить трудоёмкую операцию ручной предварительной сортировки рыбы на размерные фракции перед обработкой, а также трудоёмкую операцию ручной настройки рабочего органа для зачистки брюшной полости рыб.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

2. Разработка модуля потрошения и зачистки для мехатронного комплекса первичной обработки рыбы / О.В. Агеев [и др.] // Инновации в технологии продуктов здорового питания: междунар. науч.-практ. конф.: материалы / ФГБОУ ВПО «КГТУ». – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. – С. 100-104.

3. Фатыхов, Ю.А. Подход к измерению морфометрических параметров рыбного сырья на основе лазерной локации / Ю.А. Фатыхов, О.В. Агеев, В.Н. Эрлихман // Адаптация ведущих технологических процессов к пищевым машинам и технологиям: междунар. науч.-техн. конф.: материалы: в 3-х частях / ВСГУТУ. – Воронеж: Изд-во ВГУИТ ВПО «ВСГУТУ», 2012. – Ч. 1. – С. 5–9.

## APPROACH TO DEVELOPMENT DEVICES FOR FISH CLEANING ON THE BASIS OF MECHATRONICS

P.N. Moskovchenko, student,  
pasha.moskovchenko@mail.ru,

N.V. Samojlova, Postgraduate student,  
procyon@mail.ru,

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

Mechatronic device for cleaning fish is proposed. It includes a rotating working body, configured as wheel. The wheel has grooves, located radially. Cleaning elements are mounted on the rods in grooves. The device solves the problem of increasing the quality of cleaning of fish by automatically adjusting the position of the working body of the cleaning elements, depending on the size of the fish, and also due to the irrigation of water of the abdominal cavity of fish during the cleaning. Automatically adjusting of size of the working body to the size of the abdominal cavity of each fish specimen is provided. Length of trunk is measured by a laser sensor. Defective products and the flow of water when cleaning fish are reduced. The number of personnel on the inspection and manual final cleaning fish are reduced.

*cleaning fish, wheel, laser, nozzle, piston, mechatronic, device*